

عنوان مقالات

- تأثیر افزودن پوست انار، صمغ گوار و آنزیم همی سلولاز بر خصوصیات کیک اسفنجی فاقد گلوتن بر پایه نشاسته گندم ۲۱۷
سپیده اعتزازیان - محمد فاضل نجف آبادی - هاجر عباسی
- بررسی تغییرات ترکیب تقریبی و فاکتورهای فیزیکی ناگت ماهی کپور نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*) طی سرخ کردن مقدماتی در روغن‌های مختلف گیاهی و دماهای متفاوت ۲۲۹
سید مهدی اجاق - بهاره شعبانپور - انیسه جمشیدی - اعظم صیامیان
- بهینه‌سازی تولید پپتیدهای زیست‌فعال حاصل از هیدرولیز آنزیمی گرده زنبور عسل با آلکالاز و مقایسه با ژله رویال ۲۴۳
عاطفه مقصودلو - علیرضا صادقی ماهونک - محمد قربانی - فیدل تولدرا
- تأثیر خمیر ترش و آنزیم آلفا آمیلاز بر خواص کیفی نان تست ۲۵۹
رویا نجات‌بخش - سارا موحد - حسین احمدی چناربن
- فعالیت ضدباکتریایی و آنالیز فیزیکوشیمیایی چند نوع عسل با منشاء گیاهی مختلف در استان گلستان ۲۷۳
سمانه هیزمی شیرجینی - هادی کوهساری - سیده زهرا سیدالنگی
- بررسی شرایط تولید و خشک کردن شیر موز به روش کف پوشی با میکروویو و بررسی خصوصیات پودر ۲۸۳
فاطمه پورحاجی - فریده طباطبایی یزدی - سید علی مرتضوی - محبت محبی - مصطفی مظاهری تهرانی
- بررسی اثرات آنتی‌اکسیدانی عصاره معمولی و انکپسوله گیاه اسفرزه (*Plantago ovate*) بر پایداری اکسیداتیو سیستم مدل غذایی (روغن آفتابگردان) ۲۹۷
مهشید شاملوفر - زهرا غیاثوند - الهام پایندان
- اثر پوشش‌های خوراکی چیتوزان، آلژینات سدیم و کنسانتره پروتئین آب پنیر بر ماندگاری زردآلوی رقم رجبعلی ۳۰۷
میثم عابدیان - سید حمیدرضا ضیاءالحق - علی نجفی
- اثر غلظت‌های مختلف مالتودکسترین و دماهای مختلف خشک کردن پاششی بر ویژگی‌های پودر عصاره ریزپوشانی شده سماق ۳۲۱
نسرین ملکی‌زاده - سیدهادی پیغمبردوست - عارف اولاد غفاری - خشایار سرابندی
- بررسی کاربرد امولسیفایرهای ژلی برای کاهش اسیدیته چربی در کیک لایه‌ای ۳۳۵
راحله بذرافشان - سید هادی پیغمبردوست - عارف اولاد غفاری
- تهیه فیلم‌های آنتی‌لیستریایی متیل سلولز، کازئینات سدیم و باکتری لاکتوباسیلوس کازئی ۶۰۸ PTCC ۳۴۷
هدی قیومی - محمدعلی نجفی - محمد رهنما - ناصر سلطانی تهرانی
- اثر هم‌افزایی صمغ‌های دانه ریحان و کتیرا بر ویژگی‌های کیفی نان بربری نیم‌پز منجمد ۳۵۹
زهرا شیخ‌الاسلامی - مهدی کریمی - تکتیم هجرانی - مهدی قیافه داودی - حامد فاطمیان
- ادامه فهرست داخل جلد

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مندرجات

- 217 تأثیر افزودن پوست انار، صمغ گوار و آنزیم همی سلولاز بر خصوصیات کیک اسفنجی فاقد گلوتن بر پایه نشاسته گندم
سپیده اعتزازیان - محمد فاضل نجف آبادی - هاجر عباسی
- 229 بررسی تغییرات ترکیب تقریبی و فاکتورهای فیزیکی ناگت ماهی کپور نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*) طی سرخ کردن مقدماتی در روغن‌های مختلف گیاهی و دماهای متفاوت
سید مهدی اجاق - بهاره شعبانپور - انیسه جمشیدی - اعظم صیامیان
- 243 بهینه‌سازی تولید پپتیدهای زیست‌فعال حاصل از هیدرولیز آنزیمی گرده زنبور عسل با آلکالاز و مقایسه با ژله رویال
عاطفه مقصودلو - علیرضا صادقی ماهونک - محمد قربانی - فیدل تولدرا
- 259 تأثیر خمیر ترش و آنزیم آلفا آمیلاز بر خواص کیفی نان تست
رویا نجات‌بخش - سارا موحد - حسین احمدی چناربن
- 273 فعالیت ضدباکتریایی و آنالیز فیزیکوشیمیایی چند نوع عسل با منشاء گیاهی مختلف در استان گلستان
سمانه هیزمی شیره‌جینی - هادی کوهساری - سیده زهرا سیدالنگی
- 283 بررسی شرایط تولید و خشک کردن شیر موز به روش کف پوشی با مایکروویو و بررسی خصوصیات پودر
فاطمه پورحاجی - فریده طباطبایی یزدی - سید علی مرتضوی - محبت محبی - مصطفی مظاهری تهرانی
- 297 بررسی اثرات آنتی‌اکسیدانی عصاره معمولی و انکپسوله گیاه اسفرزه (*Plantago ovate*) بر پایداری اکسیداتیو سیستم مدل غذایی (روغن آفتابگردان)
مهشید شاملوفر - زهرا غیاثوند - الهام پابندان
- 307 اثر پوشش‌های خوراکی چیتوزان، آلژینات سدیم و کنسانتره پروتئین آب پنیر بر ماندگاری زردآلوی رقم رجبعلی
میثم عابدیان - سید حمیدرضا ضیاءالحق - علی نجفی
- 321 اثر غلظت‌های مختلف مالتودکسترین و دماهای مختلف خشک کردن پاششی بر ویژگی‌های پودر عصاره ریزپوشانی شده سماق
نسرین ملکی‌زاده - سیدهادی پیغمبردوست - عارف اولاد غفاری - خشایار سرابندی
- 335 بررسی کاربرد امولسیفایرهای ژلی برای کاهش اسیدیته چربی در کیک لایه‌ای
راحله بذرافشان - سید هادی پیغمبردوست - عارف اولاد غفاری
- 347 تهیه فیلم‌های آنتی‌لیستریایی متیل سلولز، کازئینات سدیم و باکتری لاکتوباسیلوس کازئی PTCC 608
هدی قیومی - محمدعلی نجفی - محمد رهنما - ناصر سلطانی تهرانی
- 359 اثر هم‌افزایی صمغ‌های دانه ریحان و کتیرا بر ویژگی‌های کیفی نان بربری نیم‌پز منجمد
زهرا شیخ‌الاسلامی - مهدی کریمی - تکتم هجرانی - مهدی قیافه داودی - حامد فاطمیان
- 371 اثرات فیلم کامپوزیتی خوراکی نشاسته - کیتوزان حاوی ترکیب عصاره پوست انار و اسانس روغنی کاکوتی بر ماندگاری گوشت قرمز در زمان نگهداری
تورج مهدیزاده - حسین تاجیک - علی مجدر لنگرودی

- 383 مدل سازی تبدیل جزء برای تغییرات رنگ سبب در فرآیند هم زمان آنزیم پری خشک و آب زدایی با روش پرتو دهی متناوب مادون قرمز
حسن صباغی - امان محمد ضیائی فر - مهدی کاشانی نژاد
- 399 اثر فرمولاسیون نانولیپوزوم های مختلف بر درون پوشانی و پایداری کورکومین
مریم رواقی - آنا ماریا فدا
- 411 تأثیر گلو تن فعال و آنزیم همی سلولاز بر بهبود کیفیت کیک یزدی غنی شده با آرد عدس جوانه زده
فاطمه بهرامی مقصود بکی - هاجر عباسی - محمد گلی
- 427 مطالعه عوامل مؤثر بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حرارتی بودر خرما ی کبکاب: بهینه سازی تأثیر دما و ترکیبات ضد چسبندگی
نازنین عبدی - ندا مفتون آزاد - امیر حیدری نسب - فوزان بدیعی
- 439 تأثیر پری بیوتیک های اینولین و نشاسته مقاوم بر خواص رئولوژیکی خمیر نان باگت
ریحانه مقدسی - سارا موحد - حسین احمدی چنار بن

نشریه پژوهش های علوم و صنایع غذایی ایران

با شماره پروانه 124/847 و درجه علمی - پژوهشی شماره 3/11/810 از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
88/5/10

خرداد - تیر 1397

شماره 2

جلد 14

درجه علمی - پژوهشی این نشریه طی نامه 3/11/47673 از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری تا سال 1393 تمدید شده است.
90/4/14

صاحب امتیاز: دانشگاه فردوسی مشهد

مدیر مسئول: دکتر ناصر شاهنوشی

سر دبیر: دکتر سید محمد علی رضوی

کارشناس امور اجرایی: دکتر مسعود تقی زاده

اعضای هیات تحریریه:

دکتر محمدرضا احسانی

دکتر هاشم پورآذرنگ

دکتر محمدباقر حبیبی نجفی

دکتر اصغر خسروشاهی

دکتر مرتضی خمیری

دکتر سید محمد علی رضوی

دکتر محمد علی سحری

دکتر فخری شهیدی

دکتر ناصر صداقت

دکتر عسگر فرحناکی

دکتر رضا فرهوش

دکتر بی بی صدیقه فضلی بزاز

دکتر مهدی کاشانی نژاد

دکتر مهدی کدیور

دکتر سید علی مرتضوی

دکتر محمدجواد وریدی

ناشر: دانشگاه فردوسی مشهد

شمارگان: 250 نسخه

نشانی: مشهد - کد پستی 91775 صندوق پستی 1163

دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی - گروه علوم و صنایع غذایی - دفتر نشریه پژوهش های علوم و صنایع غذایی ایران.

تلفن: 20-8795618 داخلی 321 نمابر: 8787430

این نشریه در پایگاههای زیر نمایه شده است:

پایگاه استنادی علوم ایران (ISC)، پایگاه اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی (SID)، بانک اطلاعات نشریات کشور (MAGIRAN)

پست الکترونیکی: ifstrj@um.ac.ir

این نشریه در سایت http://jm.um.ac.ir/index.php/food_tech/index به صورت مقاله کامل نمایه شده است.

تأثیر افزودن پوست انار، صمغ گوار و آنزیم همی سلولاز بر خصوصیات کیک اسفنجی فاقد گلوتن بر پایه نشاسته گندم

سپیده اعتزازیان¹- محمد فاضل نجف آبادی² - هاجر عباسی²

تاریخ دریافت: 1395/06/01

تاریخ پذیرش: 1395/08/19

چکیده

کیک اسفنجی یکی از فرآورده‌های پر تقاضا و پرمصرف غلات بوده اما به دلیل داشتن گلوتن برای بیماران سلیاکی مناسب نیست. به همین جهت امروزه توجه به محصولات فاقد گلوتن گسترش یافته است. از طرفی غنی‌سازی کیک‌ها با فیبرهای رژیمی و آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی، ارزش غذایی این محصولات را افزایش می‌دهد. بنابراین هدف از این تحقیق بررسی تأثیر جایگزینی پوست انار (12-0%)، صمغ گوار (5/1-0%) و آنزیم همی سلولاز (90-0ppm) بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و حسی کیک اسفنجی فاقد گلوتن بر پایه نشاسته گندم است. بدین منظور از طرح آماری روش سطح پاسخ طرح مرکب مرکزی استفاده گردید. نتایج آزمون‌های مختلف نشان داد که با افزایش درصد جایگزینی پوست انار در فرمولاسیون، دانسیته و شاخص‌های رنگی L^* ، a^* و b^* کاهش و رطوبت، درصد بازدارندگی رادیکال DPPH، سفتی و شاخص رنگی a^* افزایش یافت. از طرفی افزایش درصد جایگزینی صمغ باعث افزایش دانسیته و سفتی شد. افزودن آنزیم سبب کاهش روشنایی پوسته و افزایش دانسیته گردید. در ادامه خصوصیات کیک بهینه (یعنی کیک که سفتی و دانسیته آن مشابه شاهد باشد) شامل 9/1 درصد پوست انار و 0/56 درصد صمغ گوار و فاقد آنزیم با کیک شاهد مقایسه گردید و نتایج نشان داد، خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بافتی کیک بهینه تا حد زیادی به کیک شاهد مشابه بوده و تفاوت اصلی در خواص حسی ناشی از پس طعم پوست انار بوده که با استفاده از طعم دهنده‌ها قابل اصلاح است.

واژه‌های کلیدی: کیک اسفنجی فاقد گلوتن، پوست انار، صمغ گوار، آنزیم همی سلولاز، سلیاکی

مقدمه

حجم پایین و بافت ضعیف، می‌تواند با هدف بهبود بافت، احساس دهانی و پذیرش کلی، به گونه‌ای که قابلیت استفاده توسط بیماران سلیاکی را هم داشته باشد، از ترکیباتی نظیر آنزیم‌ها و صمغ‌ها، به منظور تقلید خواص ویسکوالاستیکی مشابه گلوتن استفاده نمود (Yaseen et al., 2005). صمغ گوار به طور وسیعی در صنایع غذایی به عنوان قوام‌دهنده و تثبیت کننده برای طیف گسترده‌ای از فرآورده‌ها و به ویژه برای حفظ رطوبت، کنترل بافت و در محصولات نانوائی و آردی جهت افزایش دوره نگهداری محصول و جهت تولید محصولات بدون گلوتن استفاده می‌شود (Demirkesen et al., 2010). از سوی دیگر آنزیم‌ها را می‌توان به محصولات غلات با هدف افزایش ظرفیت نگهداری آب، بهبود نرمی و انعطاف پذیری خمیر، بهبود بافت و حجم محصول نهایی اضافه کرد (Hilhorst, 1999). همی سلولاز جهت هیدرولیز اتصالات پپتوزان‌های موجود در آرد استفاده شده و باعث تجزیه همی سلولز (پنتوزان) به ملکول‌های کوچکتر می‌گردد و ظرفیت اتصال آب پنتوزان‌های آرد را کاهش می‌دهد (Law and Whitehurst, 2002)، در نتیجه آب می‌تواند میان سایر مواد تشکیل دهنده فرمولاسیون پخش شده و ویسکوزیته خمیر را کاهش

محصولات آردی از پر مصرف‌ترین محصولات غذایی در سراسر جهان محسوب می‌شوند. از میان این محصولات، کیک به واسطه ویژگی‌های حسی مناسب، مورد استقبال و پسند مصرف کنندگان واقع شده است (Mastakidou et al., 2010). البته این محصول به دلیل داشتن گلوتن برای بیماران سلیاکی مناسب نیست و به همین جهت امروزه توجه به محصولات فاقد گلوتن گسترش یافته است. در تولید این قبیل محصولات می‌توان از مواد نشاسته‌ای عاری از گلوتن (ذرت، سیب زمینی، گندم و برنج) استفاده کرد (Demirkesen et al., 2010). از طرفی جهت تولید محصولات بدون گلوتن، به دلیل فقدان پروتئین‌های تشکیل دهنده شبکه ویسکوالاستیک گلوتن، کیفیت تکنولوژیکی پایین تر و بروز برخی از مشکلات کیفی در محصول مانند

1 و 2- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)

(*) نویسنده مسئول: mfazeln@yahoo.com (Email:)

DOI: 10.22067/ijfstrj.v1395i0.58355

همی سلولاز بر خواص فیزیکیوشیمیایی و حسی این محصول بوده است.

مواد و روش‌ها

نشاسته گندم با $(10/71 \pm 0/21)$ رطوبت و فاقد گلوتن، تخم مرغ، شکر، روغن مایع، وانیل و بکینگ پودر از فروشگاه عرضه‌کننده مواد اولیه قنادی خریداری و در محل مناسب نگهداری شد. انار با وارپته ملس داراب از میدان تره و بار تهیه گردید. صمغ (Bicol, E412) از آزمایشگاه صنایع غذایی در شهرک تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان و آنزیم همی سلولاز (XSP6 BG Bakemyl, راد بازرگانان افق)، در تهران، خریداری شد.

تهیه پودر پوست انار

پس از جداسازی پوست از انار کامل، پوست‌ها شسته شده و ضدعفونی گردید. بعد از خشک شدن پوست‌ها در هوای آزاد در سایه در دمای حدود 20 درجه، آن‌ها را با دستگاه آسیاب (Moulinex, 320/223، فرانسه) و سپس با الک با مش 140 الک کرده به‌گونه‌ای که ذرات حاصل، اندازه‌ای مشابه ذرات نشاسته مورد استفاده در کیک داشتند.

تهیه خمیر و تولید کیک

نمونه‌های کیک براساس وزن خمیر بر حسب درصد، در 18 سطح درصد پوست انار، صمغ گوار و آنزیم همی سلولاز (جدول 1) به‌همراه نمونه شاهد تهیه شد. مواد مورد استفاده طی سه مرحله مخلوط و آماده سازی شد. در مرحله اول شکر، تخم مرغ و وانیل مخلوط شده، در مرحله دوم مواد مایع فرمول از جمله آب و روغن اضافه و مخلوط شد. در مرحله آخر مواد جامد شامل پوست انار، صمغ، آنزیم، نشاسته گندم (با توجه به نوع تیمار) و بکینگ پودر اضافه و مخلوط شد. سپس خمیر در قالب‌های کیک ریخته شده و در فر با دمای 110 درجه سانتی‌گراد به مدت 40-45 قرار گرفت. پس از پخت و رسیدن دمای کیک‌ها به دمای محیط، کیک‌ها به‌منظور ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی در بسته‌های پروپیلن با ضخامت 100 میکرون بسته‌بندی شدند.

آزمون‌های کمی و کیفی کیک

آزمون رطوبت سنجی: جهت انجام این آزمایش از استاندارد ملی ایران شماره 2705 استفاده گردید. بدین منظور وزن نمونه قبل و بعد از آون‌گذاری در دمای 105 درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت، اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری دانسیته: دانسیته کیک پس از تعیین حجم با

دهد (Popper, 2004). قابل توجه است که، با وجود تحقیقات گسترده بر روی کیک، هنوز هم این محصول دارای ارزش تغذیه‌ای ضعیف در مقایسه با محصولات غذایی دیگر است. یکی از گزینه‌های ممکن برای غنی سازی این محصول، استفاده از فیبر می‌باشد. از اثرات مثبت افزودن فیبر به محصولات غلات، بهبود نرمی بافت از طریق افزایش ظرفیت نگهداری آب، بهبود عطر، طعم و رنگ می‌باشد (Wang and Rosell, 2002). منابع متنوعی از فیبرها نظیر سبوس غلات، هسته و پوسته میوه‌ها، برای استفاده در غذاهای مختلف وجود دارد که استفاده از فیبر حاصل از ضایعات میوه‌جات به‌عنوان روشی جهت استفاده بهینه از ضایعات در جهت تولید محصولی با ارزش تغذیه‌ای بالاتر و واجد اثرات سلامت بخشی مطرح می‌باشد (Jeltema et al., 1983). انار با نام علمی *Punica Granatum* یکی از میوه‌های بومی کشت شده در بسیاری از کشورهای گرمسیری و نیمه‌گرمسیری بوده که ضایعات آن متشکل از قطعات غیرخوراکی (عمدتا پوست و غشاهای داخلی)، به‌عنوان یکی از با ارزش‌ترین محصولات صنایع غذایی در نظر گرفته می‌شود (Cam and Hisil, 2010). بررسی‌ها نشان داده است پوست انار خشک، پودر و عصاره گیری شده منبع غنی از فیبر رژیمی، مواد بیواکتیو، فنل‌ها و با خاصیت آنتی‌اکسیدانی بالایی است (Li et al., 2006). در همین راستا Kanatt و همکاران (2010) اثر آنتی‌اکسیدانی و پتانسیل ضد میکروبی پوست انار و عصاره دانه انار را مورد بررسی قرار دادند که عصاره پوست انار فعالیت آنتی‌اکسیدانی بسیار عالی نشان داد. از سوی دیگر نقی‌پور و همکاران (1390)، اثر افزودن صمغ گوار و زانتان را بر پارامترهای کیک روغنی بدون گلوتن سورگوم مورد بررسی قرار دادند. نتایج به وضوح نشان داد که صمغ زانتان و گوار، به‌خصوص در حالت ترکیبی، علاوه بر افزایش میزان رطوبت، قادر به افزایش تخلخل و مؤلفه L^* پوسته، بهبود ویژگی‌های حسی و کاهش سفتی بافت در دو فاصله زمانی 2 ساعت و یک هفته پس از پخت، بودند. علاوه بر این در سال 2012، Gulart و همکاران اثر جایگزینی فیبرهای مختلف از جمله محلول (اینولین و صمغ گوار) و نامحلول (فیبر جو دو سر) را به‌صورت جداگانه یا ترکیبی، تا 20% جایگزین آرد برنج، به‌منظور بهبود خواص عملکردی کیک لایه‌ای فاقد گلوتن مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها دریافتند که اختلاط فیبرها، به استثنای اینولین، ویسکوزیته خمیر را افزایش می‌دهد. مخلوط فیبرهای اینولین و سبوس جو در کیک‌های غنی شده باعث افزایش حجم ویژه کیک شد. پوسته و مغز کیک در حضور فیبر، به استثنای جو دو سر - گوار، به‌طور قابل ملاحظه‌ای روشن‌تر بود. فیبرها و مخلوط آن‌ها، سبب افزایش سفتی مغز کیک شدند. بنابراین با توجه به مطالعات صورت گرفته و نیاز جامعه به تولید محصولات بدون گلوتن و غنی‌سازی آن‌ها، هدف از انجام این پژوهش بررسی امکان تولید کیک اسفنجی بدون گلوتن بر پایه نشاسته گندم و اثر افزودن پوست انار، صمغ گوار و آنزیم

(محفظه نوری) انجام گرفت. به این منظور، با دوربین با زوم $2\times(0.4m)$ و وضوح 180 dpi و بدون فلش، از نمونه‌ها عکس برداری شد. عکس‌ها به نرم‌افزار Image J انتقال یافته و شاخص‌های رنگی RGB محاسبه شد. در نهایت با تبدیل RGB به Lab، شاخص‌های L^* (میزان روشنی)، a^* (میزان قرمزی) و b^* (میزان زردی) تعیین شد (Sariciban & Tahsin, 2010).

اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی: DPPH برای

اندازه‌گیری فعالیت ضد اکسایشی استفاده شده و جذب مخلوط‌ها در طول موج 517 nm با طیف سنج نوری (S-2100, Unico، نیوجرسی) اندازه‌گیری شد. برای این منظور 100 میکرولیتر عصاره کیک رقیق شده با متانول: آب (6:4) با 3 میلی‌لیتر محلول DPPH (0/16) میلی‌مولار در متانول) مخلوط گردید و جذب آن بعد از 30 دقیقه نگهداری در تاریکی قرائت گردید (فضلی و همکاران، 1392).

استفاده از روش جابه‌جایی دانه کلزا محاسبه شد (Le-Bail et al., 2010).

ارزیابی سفتی بافت: در این پژوهش برای ارزیابی سفتی

بافت (Santam, 200 STM، ایران) استفاده شد. به این منظور قطعه‌ای استوانه‌ای از مغز کیک به قطر 25 میلی‌متر و ارتفاع 20 میلی‌متر جدا شده و فشردگی در طی دو مرحله رفت و برگشتی، تا میزان 50 درصد ارتفاع اولیه (10 میلی‌متر) و توسط پروبی به قطر 38/1 میلی‌متر، ارتفاع 20 میلی‌متر و مدل TA4/1000 clear Perspex با سرعت 1 میلی‌متر بر ثانیه انجام شد و شاخص سفتی محاسبه گردید (Gulart et al., 2012).

ارزیابی رنگ پوسته و مغز: آنالیز رنگ کیک در روز اول

تولید با استفاده از سیستم رنگ‌سنجی CIE Lab از طریق تعیین شاخص‌های رنگی و با استفاده از جعبه مخصوص رنگ‌سنجی

جدول 1- متغیرها و سطوح مورد استفاده به منظور تهیه کیک

نمونه	پوست انار (%)	صمغ (%)	آنزیم (ppm)
1	2	0/25	15
2	10	0/25	15
3	2	1/25	15
4	10	1/25	15
5	2	0/25	75
6	10	0/25	75
7	2	1/25	75
8	10	1/25	75
9	0	0/75	45
10	12	0/75	45
11	6	0	45
12	6	1/5	45
13	6	0/75	0
14	6	0/75	90
15	6	0/75	45
16	6	0/75	45
17	6	0/75	45
18	6	0/75	45

پذیرش کلی مورد ارزیابی قرار گرفتند. فرم‌های مربوطه تهیه و در اختیار ارزیاب‌ها قرار گرفت. از آن‌ها خواسته شد نمونه‌ها را ارزیابی کرده و از مطلوبیت زیاد تا نامطلوب زیاد به ترتیب از 6 تا 1 امتیاز دهند. لازم به ذکر است در مورد پس طعم، مطلوبیت زیاد به معنای عدم پس طعم و نامطلوبیت زیاد بیانگر بیشترین پس طعم است (Meilgaard et al., 1999).

ارزیابی خواص حسی: خواص ارگانولپتیک کیک‌ها با استفاده

از آزمون هدونیک 6 نقطه‌ای¹ با 30 پنلیست ارزیابی شد. تمامی کیک‌ها بعد از 24 ساعت نگهداری در شرایط یکسان از نظر مطلوبیت بافت دهانی، مطلوبیت بافت ظاهری، عطر و طعم، رنگ، پس طعم و

1 Six Point Hedonic Test

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

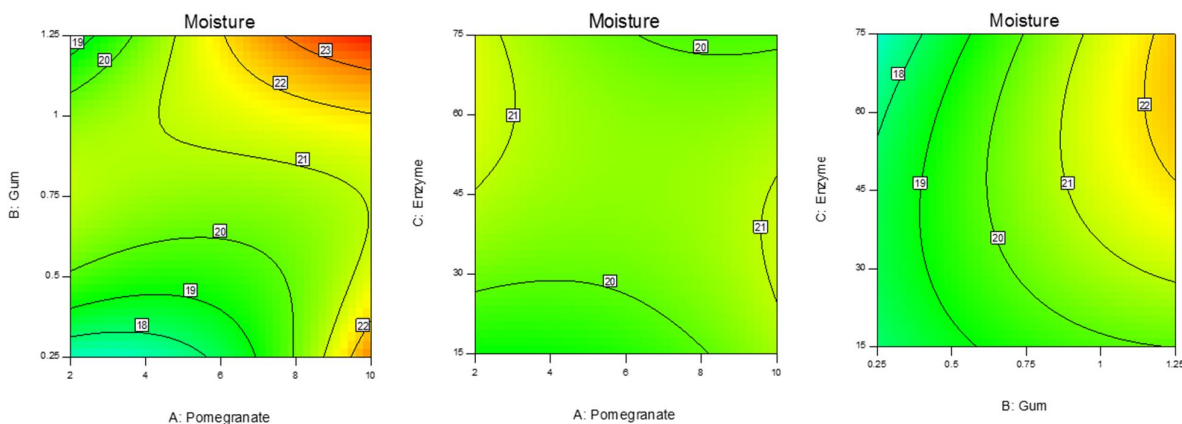
به منظور بررسی تاثیر سطوح مختلف پوست انار، صمغ و آنزیم بر خواص کیک، از روش طرح سطح پاسخ، طرح مرکب مرکزی با 3 متغیر و 4 نقطه مرکزی استفاده و آزمون بافت در 4 تکرار و آزمون رنگ پوسته و مغز، رطوبت و دانسیته در 3 تکرار انجام می‌شود. در ادامه برای تعیین نقطه بهینه یعنی تعیین درصدهای مناسب پودر پوست انار، صمغ و آنزیم، از نرم‌افزار Design-Expert 7.0.0 استفاده شد. هدف تعیین نقطه‌ای است که در آن میزان دانسیته و سفتی کیک حداقل مقدار ممکن بوده و فاکتورهای مذکور در محدوده کیک شاهد است. در ادامه کیک بهینه و کیک شاهد تهیه شده و خصوصیات آن با یکدیگر مقایسه گردید و علاوه بر آزمون‌های قبلی، آزمون حسی نیز انجام شد. ضمن آنکه کیک اسفنجی با فرمولاسیون بهینه، از نظر میزان رطوبت و سفتی در طول 14 روز نگهداری (روزهای 1، 7 و 14) مورد بررسی قرار گرفت. در پایان، خصوصیات کیک بهینه و شاهد در سطح اطمینان 95 درصد و آزمون دانکن برای مقایسه میانگین داده‌ها

استفاده شد. برای تجزیه داده‌ها از نرم‌افزار SPSS 16 استفاده گردید.

نتایج و بحث

رطوبت

با توجه به شکل 1، نتایج نشان داد که پوست انار و صمغ به صورت معنی‌داری اثر افزایشی بر رطوبت داشته که البته با افزایش صمغ، تأثیر افزایش انار کاهش می‌یابد. آنزیم بر این فاکتور بی‌اثر است. با توجه به اینکه افزایش فیبر و صمغ، جذب آب خمیر را افزایش می‌دهد این مسئله قابل توجه است. در مطالعه‌ای که بر روی اثر صمغ گوار و زانتان بر کیک روغنی بدون گلوتن بر پایه سورگوم توسط نقی‌پور و همکاران (1390) صورت گرفت، مشاهده شد که رطوبت نمونه‌ها افزایش یافته است و با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. همچنین مطالعات Kim و همکاران (2012) بر روی اثر افزودن فیبر به کیک اسفنجی، حاکی از افزایش رطوبت نمونه‌ها بود.



شکل 1- کانتورهای دوبعدی میزان رطوبت کیک اسفنجی در مقابل پوست انار، صمغ و آنزیم

پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای، سبب افزایش میزان جذب آب خمیر شده که این افزایش در غلظت‌های بالا مانع از اتساع و گسترش مطلوب حباب‌های هوای موجود در خمیر خواهد شد. به همین دلیل افزایش دانسیته ناشی از افزایش آنزیم را می‌توان به رطوبت بالای خمیر نسبت داد که با پژوهش‌های Gomez و همکاران (2005) مطابقت دارد.

سفتی

با توجه به نتایج (جدول 2 و شکل 2)، می‌توان گفت افزودن پوست انار به صورت معنی‌دار و صمغ بدون اختلاف معنی‌دار بر سفتی کیک اثر افزایشی داشته، از طرفی افزودن آنزیم نیز بدون اختلاف معنی‌دار اثر کاهشی خفیفی بر این پارامتر نشان داد. فیبرها با برقراری

دانسیته

با توجه به نتایج، افزودن پوست انار و صمغ به طور معنی‌داری در سطح 5%، در مقدار کم سبب کاهش دانسیته و در مقدار زیاد سبب افزایش دانسیته شد. آنزیم هم اثر افزایشی بر این پارامتر داشت. با توجه به اینکه پایه اصلی کیک، نشاسته بوده که فاقد گلوتن است، در نتیجه ماتریکس مناسبی برای حفظ گاز و متخلخل شدن بافت ایجاد نمی‌شود. از طرفی فیبر و صمغ در مقدار کم سبب بهبود ایجاد ماتریکس و حفظ هوا شده و حجم افزایش می‌یابد. در مقدار زیاد فیبر و صمغ با ایجاد سفتی از افزایش حجم جلوگیری کرده و دانسیته را افزایش می‌دهند، که با نتایج Lee و همکاران (2011) که با جاگزینی آرد گندم با یولاف، افزایش حجم و کاهش دانسیته را گزارش کردند؛ مطابقت داشت. افزایش قدرت جذب آب آنزیم با خرد کردن

تأثیر افزودن کنسانتره پروتئین آب پنیر و صمغ‌های گوار و زانتان بر خصوصیات کیک روغنی، نشان‌دهنده افزایش سفتی بافت در اثر افزایش صمغ بود. همچنین نتایج تحقیقات Guarda و همکاران (2003) در بررسی خواص نان حجیم حاوی چندین هیدروکلوئید (آلژینات سدیم، گوار، زانتان، κ -کاراگینان و هیدروکسی پروپیل‌متیل سلولز) نشان داد که هیدروکلوئیدهای گوار، زانتان و κ -کاراگینان سبب سفت شدن نان می‌شوند. آنزیم همی سلولاز نیز با هیدرولیز اتصالات پنتوزان‌های آرد سبب کاهش ویسکوزیته خمیر و در نهایت نرم شدن بافت کیک می‌شود. گزارشی از Popper (2004) در خصوص اثر همی سلولازها در خمیر نان ویفر حاکی از افت شدید ویسکوزیته خمیر و کاهش انرژی مصرفی برای فشردن محصول بود.

اتصال با ساختار گلوتنی و شبه گلوتنی (ناشی از صمغ در محصولات فاقد گلوتن) سبب سفت شدن بافت شدند. نتایج تحقیقات جعفری (1393) در مورد بررسی امکان غنی‌سازی کیک با استفاده از فیبر حاصل از میوه‌ها و سبزیجات، نشان‌دهنده سفت‌تر شدن بافت کیک با بیشتر شدن میزان فیبر بوده که تاییدکننده این نتیجه است. صمغ گوار به‌عنوان قوام‌دهنده و تثبیت‌کننده برای طیف گسترده‌ای از فرآورده‌ها استفاده شده و مانع از هم پاشیدن خمیر گشته، همچنین حضور صمغ سبب تقویت دیواره سلول‌های تشکیل‌دهنده حفرات کیک نیز شده است. لذا افزایش مقدار آن سبب سفتی بافت کیک و افزایش مقاومت کیک در برابر فشار وارد شده از طرف پیروب دستگاه می‌شود. نتایج بررسی ایوبی و همکاران (1387) بر

جدول 2- مقادیر ضرایب مدل رگرسیون برازش شده برای پاسخ‌های مربوط به تأثیر پوست انار، صمغ و آنزیم بر سفتی بافت کیک اسفنجی

پاسخ	ضریب
سفتی (g)	
581/233***	ثابت
-79/368***	پوست انار
-644/169	صمغ
-0/732	آنزیم
114/897***	انار * صمغ
0/117**	انار * آنزیم
	صمغ * آنزیم
2/914***	انار ²
257/409	صمغ ²
	آنزیم ²
	انار * صمغ * آنزیم
-1/943	انار ² * صمغ
	انار ² * آنزیم
-40/656***	انار * صمغ ²
0/714	R ²

***، **، * و بدون ستاره به‌ترتیب نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطوح اطمینان 90%، 95% و 99% و عدم اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

در کیک اسفنجی مورد بررسی قرار داده و نتایج به‌دست آمده از شاخص‌های رنگی از جمله L^* مطابق با این تحقیق بود. در سال 1393 هم جعفری جهت بهبود خواص کیک، از فیبر سیب درختی استفاده کرده و نتایج تیره‌تر شدن کیک را نشان داد. از طرفی بررسی تأثیر صمغ نشان داد که افزودن صمغ باعث کاهش L^* مغز، افزایش خفیف L^* پوسته و افزایش خفیف a^* پوسته و مغز شده که همگی معنی‌داری بودند ولی بر b^* پوسته و مغز بی تأثیر است. در اثر افزایش دانسیته توسط صمغ و به دنبال آن تراکم مغز، تراکم رنگ بیشتر به نظر آمده و مغز تیره‌تر و L^* کمتر شده است که مطابق با نتایج Gomez و همکاران (2005) است. نقی‌پور و همکاران

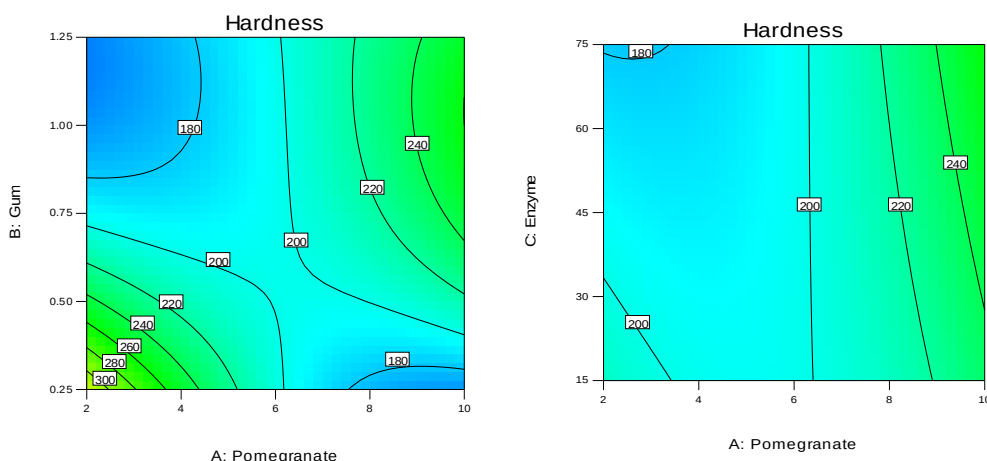
رنگ پوسته و مغز

نتایج بررسی تأثیر پوست انار حاکی از اثر افزایشی آن بر a^* و اثر کاهشی بر L^* و b^* است. فیبر و رنگدانه‌های طبیعی آنتوسیانین موجود در پوست انار بر تیرگی رنگ نمونه‌ها تأثیر گذاشته و باعث کاهش L^* می‌شود. به سبب همین رنگدانه، a^* یعنی قرمزی در کیک افزایش یافته و به علت تغییر رنگ از زرد پررنگ در کیک فاقد پوست انار به قرمز کم‌رنگ ناشی از افزایش پوست انار، b^* کاهش می‌یابد. Srivastava و همکاران (2014)، با افزودن پوست انار خشک شده بر خواص بیسکویت، افزایش قرمزی و کاهش زردی را مشاهده کردند. Kim و همکاران (2012) اثر فیبر حاصل از گیاه اوپنتیا هومیفیسا را

واکنش مایلارد بیشتری رخ داده و رنگ به سمت تیرگی رفته و L^* کاهش یافته است. از طرفی در میزان زردی (b^*)، با توجه به اثر شدید پوست انار، اثر آنزیم خفیف بوده و قابل توجه نیست. نتایج مطالعه Haarasilta و همکاران (1993) برای تولید محصولاتی نظیر بیسکویت و نان سوخاری با اضافه کردن همی سلولاز و سلولاز، با نتایج این تحقیق مطابقت داشت. (جدول 3 و 4).

(1390) اثر افزودن صمغ گوار را بر ویژگی‌های کیک روغنی بدون گلوتن سورگوم مورد بررسی قرار داده و نتایج حاکی از افزایش L^* پوسته بود.

از سوی دیگر با بررسی نتایج افزودن آنزیم می‌توان گفت، آنزیم اثر افزایشی بر a^* و b^* و اثر کاهشی خفیف بر L^* دارد. در اثر هیدرولیز اتصالات پنتوزان‌ها توسط آنزیم و جذب بیشتر رطوبت،



شکل 2- کانتورهای دوبعدی میزان سفتی کیک اسفنجی در مقابل پوست انار، صمغ و آنزیم

جدول 3- مقادیر ضرایب مدل رگرسیون برازش شده برای پاسخ‌های مربوط به تأثیر پوست انار، صمغ و آنزیم بر خصوصیات رنگی پوسته کیک

اسفنجی			
پاسخ			
b^*	a^*	L^*	ضریب
30/837***	-3/160***	36/987***	ثابت
-8/395***	2/070***	1/107***	پوست انار
31/230***	10/498***	54/969***	صمغ
-0/081***	0/089***	0/245***	آنزیم
-1/566	-1/263***	-7/622	انار * صمغ
0/075***	0/040	-0/044	انار * آنزیم
0/048**	-	-0/042*	صمغ * آنزیم
0/765***	-0/020***	0/0091***	انار ²
-28/759	-	-34/141***	صمغ ²
-	-0/0017***	-0/0018***	آنزیم ²
0/022**	-	-	انار * صمغ * آنزیم
-0/439***	-	-	انار ² * صمغ
-0/0060***	-0/0033**	0/0040***	انار ² * آنزیم
5/080***	-	5/121***	انار * صمغ ²
0/864	0/838	0/885	R^2

***، **، * و بدون ستاره به ترتیب نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطوح اطمینان 90%، 95% و 99% و عدم اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

جدول 4- مقادیر ضرایب مدل رگرسیون برازش شده برای پاسخ‌های مربوط به تأثیر پوست انار، صمغ و آنزیم بر خصوصیات رنگی مغز کیک

اسفنجی			
پاسخ			
ضریب	L*	a*	b*
ثابت	33/645***	17/857***	24/416***
پوست انار	1/615***	0/276***	-3/687
صمغ	78/486*	-51/193***	-7/010
آنزیم	0/227**	-0/121**	0/072***
انار * صمغ	-13/382	9/215**	1/218***
انار * آنزیم	-0/053	0/015***	-
صمغ * آنزیم	-	-	-
انار ²	0/135***	-0/236***	0/225***
صمغ ²	-52/266	34/324	-
آنزیم ²	-0/0012*	-	-
انار * صمغ * آنزیم	-	-	-
انار ² * صمغ	-	-	-
انار ² * آنزیم	0/0041*	-	-
انار * صمغ ²	8/715***	-5/767***	-
R ²	0/854	0/900	0/547

***، **، * و بدون ستاره به ترتیب نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطوح اطمینان 90%، 95% و 99% و عدم اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

حداقل و در محدوده کیک شاهد گندم (جدول 5) است، برای فرمولاسیون کیک اسفنجی حاوی پوست انار، صمغ گوار و آنزیم همی سلولاز در جدول 6 نشان داده شده است.

جدول 5- تأثیر مقدار پوست انار، صمغ و آنزیم به روش سطح پاسخ بر سفتی و دانسیته کیک شاهد گندم

تیمار	سفتی (g)	دانسیته (g/cm ³)
شاهد گندم	168/20 ± 95/5	0/42 ± 0/03

نتایج به صورت میانگین ± انحراف معیار ذکر شده است.

جدول 6- سطوح بهینه متغیرها

متغیر	پوست انار (%)	صمغ (%)	آنزیم (ppm)
سطح بهینه	9/1	0/56	0

بررسی ویژگی‌های حسی کیک اسفنجی بهینه و کیک اسفنجی شاهد در روز اول

با توجه به جدول 7، نتایج نشان می‌دهد که در سطح احتمال 5% ($p < 0/05$) کیک اسفنجی بهینه از لحاظ تمام ویژگی‌های حسی، به استثنای مطلوبیت بافت ظاهری، با کیک اسفنجی شاهد تفاوت معنی‌داری داشته و در همه پارامترها، نمونه شاهد بهتر از نمونه بهینه است. در شکل 3 مقایسه ویژگی‌های حسی کیک اسفنجی بهینه و شاهد نشان داده شده است.

فعالیت مهار رادیکال DPPH

نتایج حاکی از اثر افزایشی پوست انار بر DPPH بوده ولی افزودن صمغ و آنزیم بی‌اثر می‌باشند. در این آزمون میزان غیرفعال نمودن رادیکال‌های DPPH که یک رادیکال آزاد ناپایدار با رنگ صورتی و دارای بیشینه جذب در طول موج 517 نانومتر بوده، ارزیابی می‌شود که اثر آنتی‌اکسیدانی با از بین رفتن رادیکال DPPH در نمونه آزمون متناسب است. پوست انار سرشار از آنتی‌اکسیدان بوده در نتیجه افزایش میزان آن قادر به غیرفعال نمودن بیشتر رادیکال‌های DPPH می‌باشد. Kanatt و همکاران (2010) اثر آنتی‌اکسیدانی پوست انار را مورد بررسی قرار داده و فعالیت آنتی‌اکسیدانی بسیار عالی از عصاره پوست انار مشاهده کردند. همچنین در سال 2014، Cam و همکاران عصاره پوست انار را به منظور افزایش خواص عملکردی بستنی به فرمولاسیون آن افزوده و بهبود فعالیت آنتی‌اکسیدانی را در محصول مشاهده کردند. قابل ذکر است که خاصیت آنتی‌اکسیدانی پوست انار حتی با اعمال حرارت نیز همچنان باقی می‌ماند. Srivastava و همکاران (2014) نیز اثر پودر پوست انار خشک شده را بر خواص بیسکویت مورد مطالعه قرار داده و مشاهده کردند که فعالیت آنتی‌اکسیدانی بیسکویت افزایش یافت.

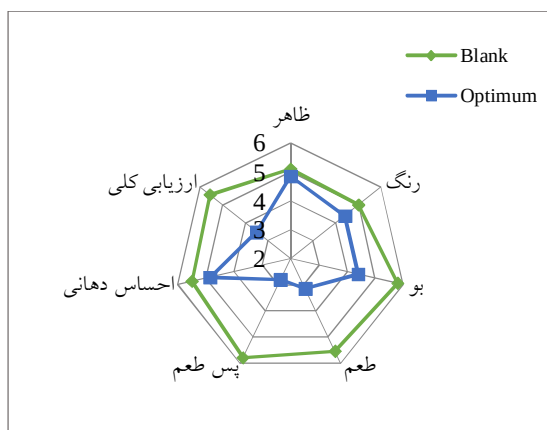
بهینه‌سازی

نقطه بهینه (نقطه‌ای که در آن میزان دانسیته و سفتی کیک

جدول 7- نتایج بررسی ویژگی‌های حسی کیک اسفنجی بهینه با کیک اسفنجی شاهد

تیمار	مطلوبیت بافت دهانی	مطلوبیت بافت ظاهری	عطر	طعم	پس طعم	رنگ	پذیرش کلی
نمونه بهینه	$4/9 \pm 0/8^b$	$4/9 \pm 0/7^a$	$4/4 \pm 0/9^b$	$3/2 \pm 1/2^b$	$2/8 \pm 1/1^b$	$4/4 \pm 1/1^b$	$3/5 \pm 1/1^b$
نمونه شاهد	$5/5 \pm 0/6^a$	$5/1 \pm 0/6^a$	$5/8 \pm 0/6^a$	$5/6 \pm 0/5^a$	$5/8 \pm 0/4^a$	$5/0 \pm 0/8^a$	$5/6 \pm 0/6^a$

نتایج به صورت میانگین $\pm$ انحراف معیار ذکر شده و در هر ستون حروف متفاوت بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال 5% است.



شکل 3- مقایسه ویژگی‌های حسی کیک اسفنجی بهینه و شاهد

بررسی میزان خصوصیات کیک اسفنجی بهینه و شاهد آرد گندم در طی 14 روز ماندگاری رطوبت

با توجه به شکل 4، از نظر رطوبت در طی زمان بین نمونه بهینه و شاهد تفاوت معنی‌داری وجود دارد که از روز 1 به 7 کاهش یافته و سپس ثابت شده است. در مجموع می‌توان گفت رطوبت نمونه بهینه بیشتر از نمونه شاهد بوده و افت رطوبت نمونه شاهد در طی زمان بیشتر از نمونه بهینه است. علت بالاتر بودن میزان رطوبت نمونه بهینه نسبت به شاهد، قدرت بالای فیبر موجود در پوست انار و صمغ در جذب آب در حین فرآیند پخت و نگهداری آب در طی ماندگاری است. نتایج Guarda و همکاران (2003) بر روی نان حجیم حاوی صمغ گوار نیز حاکی از بیشتر بودن رطوبت و کاهش از دست دادن رطوبت نسبت به شاهد، در طول ذخیره‌سازی بود. لازم به ذکر است با وجود رطوبت بالای نمونه بهینه، هیچ‌گونه الودگی قارچی در طی زمان نگهداری مشاهده نگردید.

روز آزمون بین آن‌ها وجود ندارد. بیاتی یا سفت شدن بافت محصولات صنایع پخت در طول زمان نگهداری فرآیند پیچیده‌ای است که عوامل متعددی نظیر رتروگراداسیون آمیلوپکتین، آرایش مجدد پلیمرها در ناحیه آمورف، کاهش مقدار رطوبت و یا توزیع رطوبت بین ناحیه آمورف و کریستالی، در آن دخیل است. از طرفی به نظر می‌رسد علت اصلی بیاتی محصولات بدون گلوتن در طی نگهداری کاهش رطوبت و مهاجرت آسان‌تر آن از مغز به پوسته در نتیجه عدم حضور گلوتن، می‌باشد و باعث سفتی بیشتر نسبت به شاهد دارای گلوتن می‌شود. البته حضور صمغ با ایجاد شبکه شبه گلوتنی و وجود فیبر با حفظ و جذب آب از این مهاجرت تا حدی جلوگیری کرده و سفتی را نسبت به نمونه فاقد صمغ کاهش می‌دهد. نقی‌پور و همکاران نیز (1390) با بررسی اثر صمغ گوار بر کیک فاقد گلوتن سورگوم، مشاهده کردند نمونه‌های حاوی صمغ سفتی کمتری نسبت به نمونه شاهد دارند.

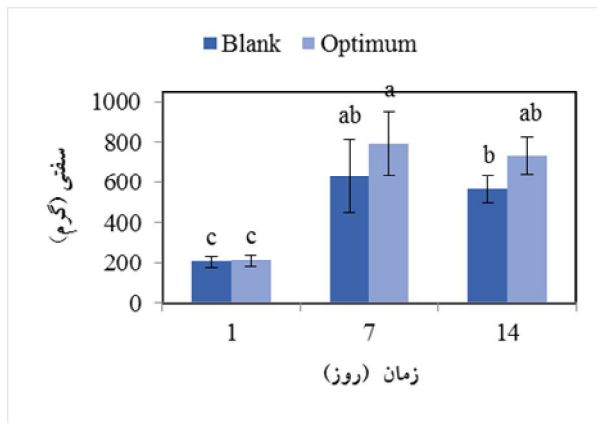
نتیجه‌گیری

در مجموع با بررسی نتایج مشخص شد، پوست انار بیشترین تأثیر را بر دانسیته، سفتی و خصوصیات رنگی کیک‌ها داشته است. صمغ اثر کمتری بر این پارامترها نشان داده و مهمترین نقش را بر رطوبت

سفتی

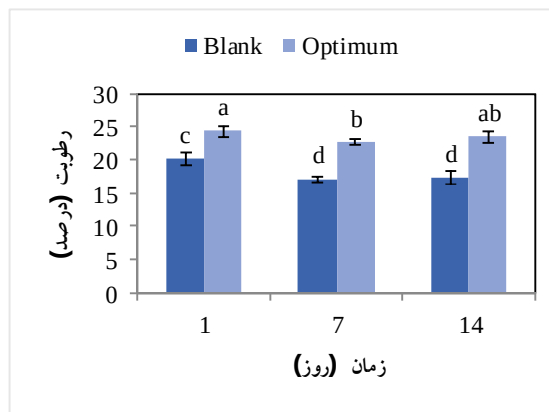
نتایج شکل 5 نشان می‌دهد که سفتی کیک تا روز 7 افزایش یافته و پس از آن کاهش داشته است. در ضمن می‌توان گفت میزان سفتی نمونه بهینه بیشتر از شاهد بوده ولی اختلاف معنی‌داری در هر

یافته است. بنابراین با توجه به نیاز بیماران سلیاکی و خواص سلامتی و شیمیایی ذکر شده برای فیبر و ترکیبات فنولیک و دیگر آنتی اکسیدان های موجود در پوست انار و نتایج حاصل از این پژوهش، می توان از پوست انار برای افزایش خواص مفید کیک فاقد گلوتن بر پایه نشاسته گندم، بدون ایجاد تاثیر نامطلوب بر خواص حسی آن و مورد پذیرش برای بیماران سلیاکی و حتی افراد عادی، تا سطح 9/1 درصد به همراه 0/56 درصد صمغ گوار، استفاده کرد.



شکل 5- مقایسه میزان سفیدی کیک اسفنجی بهینه و شاهد

کیک ها ایفا می کند. در مورد آنزیم می توان گفت، تأثیر قابل ملاحظه ای بر خواص کیک ها ندارد. در مورد نمونه بهینه نیز، خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بافتی تا حد زیادی به نمونه شاهد مشابه بوده و تفاوت اصلی تنها در خواص حسی ناشی از پس طعم پوست انار می باشد که با استفاده از طعم دهنده ها قابل اصلاح است. با گذشت زمان نیز در نمونه بهینه رطوبت کاهش یافته و سفتی ابتدا افزایش و سپس کاهش می یابد. در نمونه شاهد نیز پس از 14 روز، رطوبت کاهش یافته ولی میزان سفتی ابتدا افزایش و سپس کاهش



شکل 4- مقایسه میزان رطوبت کیک اسفنجی بهینه و شاهد

منابع

- استاندار ملی ایران شماره 2705، 1389. غلات و فرآورده های آن - روش اندازه گیری رطوبت. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران.
- ایوبی، ا.، حبیبی نجفی، م.ب. و کریمی، م.، 1387، تأثیر افزودن کنسانتره پروتئین آب پنیر (WPC) و صمغ های گوار و زانتان بر خصوصیات کیفی و فیزیکوشیمیایی کیک روغنی، مجله پژوهش های علوم و صنایع غذایی ایران، 4، 33-46.
- جعفری، م.، 1393، تولید کیک غنی شده با فیبرهای سیب و سیب زمینی و ارزیابی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن. پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران.
- فضلی، ر.، نظرنژاد، ن. و ابراهیم زاده، م.ع.، 1392، ارزیابی میزان فتل و فلاونوئید تام و فعالیت آنتی اکسیدانی پوست درختان راش، ممرز، و صنوبر، مجله منابع طبیعی ایران، 3، 339-350.
- نقی پور، ف.، کریمی، م.، حبیبی نجفی، م.ب.، حداد خداپرست، م.ح.، شیخ الاسلامی، ز.، قیافه داودی، م. و صحرائیان، ب.، 1390، بررسی امکان تولید کیک بدون گلوتن با استفاده از آرد سورگوم و صمغ های گوار و زانتان، فصل نامه علوم و صنایع غذایی، 41، 127-141.
- AACC. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. 11th Ed, (74-09).
- Cam, M., Cihat, I., Cyer, N. & Erdog, F., 2014, Pomegranate peel phenolics: Microencapsulation, storage stability and potential ingredient for functional food development, *LWT-Food Science and Technology*, 55, 117-123.
- Cam, M. & Hisil, Y., 2010, Pressurized water extraction of polyphenols from pomegranate peels, *Food Chemistry*, 123, 878-885.
- Demirkesen, I., Mert, B., Sumnu, G. & Sahin, S., 2010, Rheological properties of gluten-free bread formulation, *Journal of Food Engineering*, 96, 295-303.
- Gomez, M.F., Ronda, P.A., Caballero, C.A. & Rosell, C.M., 2005, Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes, *Food Hydrocolloid*, 21(2), 167-173.
- Guarda, A., Rossel, C.M., Benedito, C. & Galotto, M.J., 2003, Different Hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents, *Food Hydrocolloids*, 2, 241-247.
- Gulart, M.A., Hera, E., Gomez, M. & Rosell, C.M., 2012, Effect of different fibers on batter and gluten-free layer cake properties, *LWT-Food Science and Technology*, 48(2), 209-214.
- Haarasilta, S., Pullinen, T., Tammarsalo, I., Vaisanen, S. & Franti, H., 1993, Method of improving the production

- process of cereal products by enzyme addition, United State Patent, 9, 517-527.
- Hilhorst, R., 1999, Baking performance, rheology and chemical composition of wheat dough and gluten affected by xylanase and oxidative enzymes, *Journal of Food Science*, 64, 808-813.
- Jeltema, M.A., Zabik, M.E. & Thiel, L.J., 1983, Prediction of cookie quality from dietary fiber components, *Cereal Chemistry*, 60, 227-230.
- Kanatt, S.R., Chander, R. & Sharma, A., 2010, Antioxidant and antimicrobial actives of pomegranate peel extract improves the shelf life of chicken products, *International Journal of Food Science and Technology*, 45, 216-222.
- Kim, J.H., Lee, H.J., Lee, H.S., Lim, E.J., Imm, J.Y. & Suh, H.J., 2012, Physical and Sensory Characteristics of Fiber-enriched Sponge Cakes Made with *Opuntia humifusa*, *LWT Food Science and Technology*, 47, 478-484.
- Law, B.A. & Whitehurst, R., 2002, Enzymes in food technology, *Sheffield Academic Press*, P, 1-30.
- Le-Bail, A., Nicolitch, C. & Vuillod, C., 2010, Fermented frozen dough: impact of pre-fermentation time and of freezing rate for a pre-fermented frozen dough on final volume of the bread, *Food Bioproc Technol*, 3(2), 197-203.
- Lee, K.Y., Park, S.Y. & Lee, H.G., 2011, Effect of oat β -glucan and its oxidised derivative on the quality characteristics of sponge cake, *International Journal of Food Science & Technology*, 46, 2663-2668.
- Li, Y., Guo, C., Yang, J., Wei, J., Xu, J. & Cheng, S., 2006, Evaluation of antioxidant properties of pomegranate peel extract in comparison with pomegranate pulp extract, *Food Chemistry* 96, 254-260.
- Mastakidou, A. & Blekas Gand Paraskevopoulou, A., 2010, Aroma and physical characteristics of cakes prepared by replacing margarine with extra virgin olive oil, *LWT-Food Science and Technology*, 43, 949-957.
- Meilgaard, M., Civille, G.V. & Carr, B.T., 1999, Sensory evaluation techniques, New York. CRC Press.
- Popper, L., 2004, Enzymes in biscuit, cracker and wafer production, *Asia Pacific Food Industry*, 16(3), 28-32.
- Sariciban, C. & Tahsin Yilmaz, M., 2010, Modelling the effects of processing factors on the changes on cokorparameters of cooked meatballs using response surface methodology, *Journal of World Applied Sciences*, 9, 14-22.
- Srivastava, P., Indrani, D. & Singh, R.P., 2014, Effect of dried pomegranate (*Punica granatum*) peel powder (DPPP) on textural, organoleptic and nutritional characteristics of biscuits, *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 65, 827-834.
- Wang, J. & Rosell, C., 2002, Effect of addition of different fibers on wheat dough performance and bread quality, *Food Chemistry*, 79, 221-226.
- Yaseen, E.I., Herald, T.J., Aramouni, F.M. & Alavi, S., 2005, Rheological properties of selected gum solutions, *Food Research International*, 38(2), 111-119.



Effect of pomegranate peel, guar gum and hemicellulase enzyme on the properties of gluten- free sponge cake based on wheat starch

S. Etezazian¹, M. Fazel^{2*}, H. Abbasi²

Received: 2016.08.22

Accepted: 2016.11.09

Introduction: Sponge cake is one of the most demanded and consuming grain products, but due to its gluten content, it is not usable for patients with celiac disease. In recent years, gluten-free products have gained a great attraction. However, producing gluten-free products has several difficulties such as lack of gluten viscoelastic network protein constituents, lower technological quality and advent of some quality problems in production including low volume and weak texture. Some compounds such as certain enzymes and gums with the aim of improving the texture, mouth feeling and general acceptance, as well as imitating viscoelastic properties of gluten could be employed in the formulation of gluten-free products to make them acceptable for the celiac patients. For this purpose, guar gum is used widely as a thickener and stabilizer for producing gluten-free products. Also, addition of enzymes to grains produce could help in increasing the holding water capacity, improving softness and dough flexibility, enhancing texture and final product's volume. Furthermore, notwithstanding widely researches on the cake, comparing to other production, this production has low nutrition values yet. So, enriched cakes with dietary fiber and natural antioxidants, is one of the goals of the industry. The researches has shown that dried, powdered and extracted pomegranate peel has rich fiber, bioactive materials and high antioxidative characteristics. Therefore, the main purpose of the present research is to study the effect of replacing the pomegranate peel (0-12 %), Guar gum (0-1.5 %) and Hemicellulase enzyme (0-90 ppm), respectively on the physiochemical properties.

Material &Methods: Moisture content measurement of moisture by oven, density by using rapeseed seeds displacement method, hardness (STM 200 device), color index of crumb and crust by using CIE Lab colorimetric system that measure L* (brightness), a* (redness) and b* (yellowish), antioxidant activity with spectrophotometry method in 517 nm wavelength, and sensory properties of gluten-free sponge cake based on wheat starch. In association with sensory test, 30 panelists was used for checking desirability of mouth texture, appearance texture, smell and taste, color, after-taste and general acceptance with six point hedonic test that they rated samples from most agreeability to most un agreeability. For this aim, the statistical plan of response surface method (RSM) of central composite design (CCD) with three variables and four central points were used and the texture test was applied four times and the other tests were applied three times. For this purpose the Design-Expert 7.0.0 software was utilized for determining of optimum point (a point in which the minimum density and hardness that this parameters considered as a blank in the cake limits), Duncan examination was used for comparing the average of data and analyze of data was implemented with SPSS 16 software.

Results & Discussion: The results have shown that increasing the percentage of pomegranate peel in the formulation, density and bright and yellowish cakes were decreased and moisture, a* index, DPPH and hardness were increased. From the other hand, increasing the amount of replacing the gum caused to increase density, moisture and hardness. Adding the enzyme had effect in decreasing the light of crust and increasing density and color index in the crust of the cake. Totally was determined pomegranate peel had more effect on the antioxidant activity, density, hardness and colorful properties. Guar gum had fewer effect on this parameters and played most important roll on moisture of cakes. About enzyme can say it didn't have significant effect on properties of cakes. Then, the optimum points has been defined via the software that the amounts of pomegranate peel and the guar gum were estimated at 9.1 and 0.56 % respectively, and the amount for hemicellulase enzyme calculated as 0 ppm. After that, the properties of the optimum cake were compared with blank cake and in addition to previous tests, sensory test was also performed. Moreover moisture and hardness of optimum cake was investigated in during of 14 days storage (days of 1, 7 and 14). The results have shown the physical, chemical and texture

1 and 2. M.Sc. Student and Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad, Iran.

(* Corresponding author's email: mfazeln@yahoo.com)

properties of optimum cake were largely similar to the blank samples and the main difference was in taste sensory properties of pomegranate peel that will corrected with the use of flavor agents. Over time, also, moisture was decreased and hardness was increased primarily and decreased later in both of blank and optimum sample. Therefore, gluten-free cake based on wheat starch with 9.1 percent pomegranate peel and 0.56 percent guar gum can be used, that only doesn't have adverse effect on its properties, but also is acceptable for celiac patient.

Keywords: Gluten-free Sponge Cake, Pomegranate Peel, Guar Gum, Hemicellulase Enzyme, Celiac, Enrichment

بررسی تغییرات ترکیب تقریبی و فاکتورهای فیزیکی ناگت ماهی کپور نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*) طی سرخ کردن مقدماتی در روغن‌های مختلف گیاهی و دماهای متفاوت

سید مهدی اجاق^{*1} - بهاره شعبانپور² - انیسه جمشیدی³ - اعظم صیامیان³

تاریخ دریافت: 1395/08/19

تاریخ پذیرش: 1396/01/26

چکیده

در این تحقیق اثر روغن‌های مختلف گیاهی (آفتابگردان، کنجد، زیتون و کانولا) و دماهای متفاوت سرخ کردن (150، 170 و 190 درجه سانتی‌گراد) در مرحله سرخ کردن مقدماتی، بر تغییرات ترکیب تقریبی و فاکتورهای فیزیکی (ویسکوزیته، بازده محصول و چروکیدگی)، رنگ‌سنجی و آنالیز حسی ناگت ماهی تولید شده از کپور نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*) بررسی شد. ناگت‌های سرخ شده مقدماتی در روغن‌های آفتابگردان و کنجد به ترتیب با 66/89 و 64/67 درصد رطوبت بالاتر و با 10/0 و 10/94 درصد جذب روغن کمتری نسبت به نمونه‌های سرخ شده در روغن‌های زیتون و کانولا نشان دادند. ناگت‌های سرخ شده مقدماتی در روغن کانولا با مقدار pH 7/16، بالاترین مقدار pH و ناگت‌های سرخ شده در روغن زیتون با مقدار 15/05 آب آزاد، کمترین ظرفیت نگهداری آب را نسبت به سایر تیمارهای سرخ شده در روغن‌ها نشان دادند. مقدار بازده محصول در ناگت‌های سرخ شده در روغن‌های زیتون و کانولا و در دماهای 170 و 190 درجه سانتی‌گراد بالاتر بود. مقدار پروتئین و چروکیدگی محصول میان تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری نشان نداد. با افزایش دمای سرخ کردن به ترتیب مقدار شاخص روشنایی کاهش و مقدار شاخص قرمزی افزایش یافت. طبق ارزیابی حسی انجام گرفته مقدار شاخص‌های حسی رنگ، طعم، بو، احساس چربی در دهان، بافت، آبدار بودن و پذیرش کلی میان تیمارها در روغن‌ها و دماهای متفاوت سرخ کردن مقدماتی یکسان بوده و اختلاف معنی‌داری نشان ندادند. طبق نتایج حاصل، میان روغن‌های سرخ‌کردنی، روغن‌های آفتابگردان و کنجد، و میان دماهای مختلف سرخ کردن مقدماتی، دمای 170 درجه سانتی‌گراد از نظر کلیه شاخص‌های اندازه‌گیری شده نتایج بهتری نسبت به دماهای 150 و 190 درجه سانتی‌گراد نشان داد.

واژه‌های کلیدی: دماهای مختلف سرخ کردن، روغن‌های گیاهی، سرخ کردن مقدماتی، فاکتورهای فیزیکی، ناگت ماهی

مقدمه

محصولات گوشتی لعاب‌دهی و سوخاری شده، محصولات تولید شده از گوشت ماهی نیز با توجه به ارزش تغذیه‌ای آن از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است (حق‌شناس و همکاران، 2015). از این قبیل محصولات می‌توان به برگر ماهی⁴، فینگر ماهی⁵، ناگت ماهی⁶ و سوسیس ماهی اشاره نمود. ناگت ماهی محصولی است که از مخلوط کردن مینس یا سوریمی با ترکیبات افزودنی و طعم‌دار تهیه می‌شود. مخلوط تهیه شده پس از قالب‌گیری لعاب‌دهی⁷ شده و پس از پوشاندن با آرد سوخاری⁸، به صورت مقدماتی در روغن سرخ شده و بعد از انجماد، بسته‌بندی و

فرآورده‌های ارزش افزوده در تعریف به مجموعه محصولاتی گفته می‌شوند که با کمک انواع مختلف فرآوری انسانی یا مکانیکی از ماده غذایی اولیه تهیه می‌شوند و از نظر ظاهر، بافت، طعم و بو با ماده اولیه خود متفاوت هستند (رضوی شیرازی، 1380). از جمله فرآورده‌های ارزش افزوده، محصولات لعاب‌دهی و سوخاری شده می‌باشند که بخش گسترده‌ای از بازار غذاهای آماده مصرف را تشکیل می‌دهند. در میان

- 4 Fish burger
- 5 Fish finger
- 6 Fish nugget
- 7 Batter
- 8 Breeding

1. 2 و 3- به ترتیب دانشیار، استاد و دانشجوی دکتری، گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشکده شیلات و محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

(* - نویسنده مسئول: Email: mahdi_ojagh@yahoo.com)

DOI: 10.22067/food.v0i0.60213

نگهداری می‌گردد. بنابراین مصرف‌کننده برای استفاده از این محصول بعد از انجمادزدایی، فقط مرحله پخت نهایی را اعمال می‌نماید که معمولاً شامل سرخ کردن در روغن می‌باشد.

سرخ کردن عمیق یک روش عمومی پخت است که در آن چربی به‌عنوان محیط انتقال گرما استفاده می‌شود و در طی آن غذاهایی با خصوصیات منحصر به فرد از نظر طعم، بافت و ظاهر تولید می‌شود (مالما، 2003). طی این فرایند، عملیات پیچیده‌ای شامل تغییرات شیمیایی و فیزیکی فراوان از قبیل ژلاتینه شدن نشاسته، تغییر ماهیت پروتئین، تبخیر رطوبت و تشکیل روکش رخ می‌دهد. این فرایند بر تخریب اکسیداسیونی و هیدرولیتیکی و پلیمریزه شدن روغن موثر است. طی فرایند سرخ کردن، همزمان با جابه‌جایی و انتقال دما، جابه‌جایی و انتقال مواد نیز اتفاق می‌افتد. معمولاً با افزایش مدت زمان سرخ کردن، میزان جذب روغن نیز افزایش می‌یابد اما رابطه خطی میان آن وجود ندارد (کیتا و همکاران، 2007). مقدار جذب روغن به عواملی مانند کیفیت روغن، مدت زمان سرخ کردن، دمای روغن و ماده غذایی، شکل ماده غذایی، مقدار تخلخل‌پذیری و نوع ترکیبات آن، و مخصوصاً مقدار رطوبت اولیه محصول بستگی دارد (فیزمن و سالوادور، 2003). مقدار روغن جذب شده طی فرایند سرخ کردن، به میزان زیاد به دمای سرخ کردن بستگی دارد که به‌طور مستقیم بر مدت زمان فرایند تاثیر می‌گذارد (کیتا و همکاران، 2007). تاثیر دمای روغن بر مقدار جذب روغن و کیفیت محصولات سرخ شده عمیق گزارش شده است (داس و همکاران، 2011). طبق فرایند معمول تولید، سرخ کردن مقدماتی در روغن تحت دمای 180 تا 200 درجه سانتی‌گراد به مدت تقریباً 20 تا 30 ثانیه انجام می‌شود و بعد از آن محصول منجمد می‌گردد (ونوگوپال، 2006). به‌طور کلی، محصولات سرخ شده در دمای 175 تا 190 درجه سانتی‌گراد دارای خواص تردی خوبی هستند. دمای بالاتر از 175 درجه سانتی‌گراد، ممکن است با تشکیل آکریلامید همراه باشد که یک ماده سرطان‌زا است. در نتیجه کاربرد دمای کمتر در فرایند سرخ کردن عمیق، به منظور حفظ کیفیت محصول نهایی مطلوب می‌باشد (کیتا و همکاران، 2007).

در یک مطالعه اثرات سرخ کردن مقدماتی در روغن زیتون و آفتابگردان و همچنین دو روش پخت خانگی (سرخ کردن عمیق در روغن زیتون و آفتابگردان و پخت در آون) بر ترکیب تقریبی متشکله در استروئل ماهی تن و ناگت خوک بررسی شد (میراندا و همکاران، 2010). فرایند سرخ کردن باعث کاهش مقدار رطوبت و افزایش مقدار چربی در هر دو محصول شد، در حالیکه پخت در آون مقدار ترکیب تقریبی متشکله را تغییر نداد. نمونه‌های سرخ شده مقدماتی در روغن زیتون و متعاقب آن پخته شده در آون، بهترین نتایج را از نظر مقدار چربی نشان دادند. کیتا و همکاران (2007) اثر روغن‌های گیاهی و

دماهای مختلف سرخ کردن، بر بافت و مقدار روغن را در فرآورده سرخ شده بررسی کردند و بیان نمودند که مقدار روغن جذب شده و نیز بافت برش‌های فرآورده سرخ شده، به نوع روغن مورد استفاده و مدت زمان سرخ کردن بستگی دارد. نوع روغن مورد استفاده بر مقدار جذب روغن در محصول سرخ شده و ترکیب اسیدهای چرب آن موثر است (مرادی و همکاران، 2009a). امروزه، معمول‌ترین روغنی که برای محصولات سرخ شده عمیق استفاده می‌شود، روغن نارگیل یا ترکیبات آن و روغن‌های آفتابگردان، سویا و خردل با درجه اسید اولئیک بالا می‌باشند.

ماهی کپور نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*) از نظر فرآوری در طبقه‌ی ماهیان سفید گوشت قرار می‌گیرد و در صورت تازه بودن دارای طعم مناسبی است. این ماهی بسیار ارزاتر از ماهیان دریایی و بسیاری از ماهیان پرورشی است و اس‌تفاده از آن به‌منظور ماده اولیه فرآورده‌های جنبی شیلاتی از نظر اقتصادی و در دسترس بودن مقرون به صرفه است (اجاق و همکاران، 1392). بنابراین هدف از این تحقیق بررسی محیط سرخ کردن (روغن‌های مختلف گیاهی) و دماهای متفاوت بر تغییرات ترکیب تقریبی و فاکتورهای فیزیکی محصول نهایی در ناگت ماهی کپور نقره‌ای می‌باشد.

مواد و روش‌ها

ماهی کپور نقره‌ای با وزن متوسط $1150 \pm 2/64$ تا $1200 \pm 5/56$ گرم و مجموع وزن 50 کیلوگرم از مزرعه پرورش ماهی سد وشمگیر استان گلستان خریداری شده و پس از یخ‌پوشی مناسب در یونولیت، به آزمایشگاه فرآوری گروه شیلات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان منتقل شدند. ماهی‌ها پس از شستشو به‌ترتیب تحت مراحل جداکردن سر و دم، تخلیه امعاء و احشا قرار گرفتند. پس از فیله‌کردن ماهی‌ها و جداسازی گوشت‌های تیره، پوست و استخوان فیله‌های حاصل توسط دستگاه استخوان‌گیر (دی‌بونر) جداسازی شد. به‌منظور تولید ناگت ماهی، 87 درصد مینس ماهی با ترکیبات افزودنی و طعم‌دهنده شامل، 5 درصد آرد سوخاری، 5 درصد پیاز، 1 درصد سیر، 1/5 درصد نمک و 0/5 درصد ادویه مخلوط شد. مخلوط حاصل در قالب‌های گرد با قطر پنج سانتی‌متر و ارتفاع حدود یک سانتی‌متر قالب‌گیری شد و در لعاب با فرمول 55 درصد آرد گندم، 30 درصد نشاسته، 10 درصد آرد کلوتن، 2 درصد بیکنینگ پودر و 3 درصد نمک (دمای آب مورد استفاده در تهیه لعاب 10 درجه سانتی‌گراد به نسبت یک مواد خشک و یک و نیم آب) غوطه‌ور گردیده (چن و همکاران، 2008) و پس از چکیدن لعاب اضافی بعد از مدت یک دقیقه، توسط آرد سوخاری صنعتی دانه متوسط پوشانده شدند. پس از کامل شدن روکش، ناگت‌های تولیدی با استفاده از

آزمایشات فیزیکی

ویسکوزیته

اندازه‌گیری ویسکوزیته لعاب با استفاده از دستگاه ویسکومتر (Brook Field LVDV) با اسپیندل شماره 6 و سرعت چرخش 100rpm در زمان 20 ثانیه و دمای 20 درجه سانتی‌گراد صورت گرفت (سلیمی و همکاران، 2015).

بازده محصول

ناگت هر تیمار قبل و بعد از سرخ کردن نهایی توزین شد. مقدار بازده محصول طبق فرمول زیر به صورت درصد محاسبه گردید (داس و همکاران، 2008).

$$S(\%) = \left(\frac{W}{W_0}\right) \times 100 \quad (2)$$

S: بازده محصول، W: وزن ناگت سرخ شده نهایی، W₀: وزن ناگت سرخ شده مقدماتی

چروکیدگی

قطر و ضخامت ناگت هر تیمار قبل و بعد از سرخ کردن نهایی اندازه‌گیری شد و به کمک رابطه زیر مقدار چروکیدگی ناگت‌ها محاسبه گردید (مودی و همکاران، 2007).

$$A(\%) = \frac{(M-m) + (N-n)}{(N+M)} \times 100 \quad (3)$$

A: چروکیدگی، M: ضخامت ناگت سرخ شده مقدماتی، m: ضخامت ناگت سرخ شده نهایی، N: قطر ناگت سرخ شده مقدماتی، n: ضخامت ناگت سرخ شده نهایی

رنگ‌سنجی

رنگ نمونه ناگت‌های سرخ‌شده مقدماتی و سرخ‌شده نهایی توسط دستگاه رنگ‌سنج (Lovibond CAM-system, England 500) مورد آنالیز قرار گرفتند. متغیر L* برای بیان شاخص روشنایی گوشت از صفر (بعد سیاهی) تا 100 (بعد سفیدی)، شاخص a* برای بیان بعد قرمزی - سبزی (a* نشان‌دهنده قرمزتر و -a* نشان‌دهنده سبزتر) و شاخص b* برای بیان بعد زرد - آبی (b* نشان‌دهنده زردتر و -b* نشان‌دهنده آبی‌تر) می‌باشد (جمشیدی و همکاران، 1391).

آنالیز حسی

به‌منظور ارزیابی شاخص‌های رنگ، بافت، تردی، طعم، بو، ظاهر و پذیرش کلی ناگت‌های ماهی تولیدی از روش داس و همکاران (2011) استفاده شد. ناگت‌ها به مدت دو و نیم دقیقه در سرخ‌کن تحت دمای 180 درجه سانتی‌گراد در روغن آفتابگردان سرخ شدند و

روغن‌های گیاهی آفتابگردان، زیتون، کلزا و کنجد (مخصوص سرخ کردن، لادن و اوپلا-ایران) به مدت 30 ثانیه در سرخ‌کن (Moulinex Toucan ADR2) تحت دماهای 150، 170 و 190 درجه سانتی‌گراد به صورت مقدماتی به روش سرخ کردن عمیق سرخ شده و پس از خنک شدن در دمای محیط، تکرارهای هر تیمار جداگانه درون بسته‌های زیپ‌کیپ بسته‌بندی شده و در فریزر 20- درجه سانتی‌گراد منجمد گردید (کیتا و همکاران، 2007). پس از اطمینان از انجماد ناگت‌های تولیدی پس از گذشت یک روز، ناگت‌ها از فریزر خارج شده و پس از انجمادزایی در دمای محیط، آزمایشات مربوطه بر ناگت‌های ماهی انجام گردید. برای آزمایشات فیزیکی و آنالیز حسی، ناگت‌ها در روغن آفتابگردان به مدت 3 دقیقه در دمای 180 درجه سانتی‌گراد بصورت عمیق سرخ شدند.

آزمایشات شیمیایی

آنالیز تقریبی

مقدار رطوبت با کمک آون در دمای 103 درجه سانتی‌گراد و مقدار چربی با استفاده از دستگاه سوکسله طبق روش نصیری (2010) اندازه‌گیری شد. مقدار پروتئین با استفاده از دستگاه کلدال و مقدار خاکستر با استفاده از کوره الکتریکی با دمای 550 درجه سانتی‌گراد به روش AOAC (1990) محاسبه شد.

اندازه‌گیری pH

پنج گرم نمونه در یک بشر همراه با 45 میلی‌لیتر آب مقطر به مدت یک دقیقه توسط دستگاه هموژنایزر، هموژن شد و به کمک دستگاه pH متر (728 pH Lat Stirrer Metrohm)، pH نمونه‌ها در دمای اتاق اندازه‌گیری شد (داس و همکاران، 2008).

ظرفیت نگهداری آب

طبق روش داس و همکاران (2008) پنج گرم نمونه سرخ شده ناگت ماهی همراه با روکش، وزن شده و در کاغذ صافی واتمن شماره یک پیچیده شد. نمونه درون لوله سانتریفوژ 50 میلی‌متری گذاشته شده و به مدت پنج دقیقه با دور 1500rpm سانتریفوژ می‌گردد. بلافاصله پس از سانتریفوژ، گوشت از کاغذ صافی خارج شده و مجدداً توزین شد و مقدار آب آزاد از فرمول زیر محاسبه گردید. مقدار آب آزاد با ظرفیت نگهداری آب نسبت معکوس داشته و کمترین مقدار آب آزاد، با بالاترین مقدار ظرفیت نگهداری آب برابر است.

$$W(\%) = \left[\frac{(B-b)}{B}\right] \times 100 \quad (1)$$

W: مقدار آب آزاد، B: وزن اولیه فینگر ماهی، b: وزن نهایی فینگر ماهی

توسط هفت نفر از دانشجویان دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان مورد ارزیابی قرار گرفتند. ارزیابان به شاخص‌های حسی بر اساس جدول، از یک تا هشت امتیاز دادند (بی‌نهایت بد: 1، بی‌نهایت عالی: 8)

تجزیه و تحلیل دُماری داده‌ها

برای انجام این تحقیق از طرح آماری فاکتوریل (چهار سطح نوع روغن در سه سطح دمای سرخ کردن) برای 12 تیمار در 3 تکرار با کمک نرم‌افزار SPSS 18 استفاده شد. همچنین برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال $\alpha=0/05$ استفاده شد. برای آنالیز داده‌های حسی از آزمون‌های ناپارامتری کروسکال-والیس (برای مقایسه چند گروه) و من-ویتنی (برای مقایسه دو گروه با یکدیگر) استفاده گردید. نمودارهای مربوطه در نرم‌افزار Excel 2013 رسم شدند.

نتایج و بحث

ترکیب تقریبی متشکله ناگت‌های ماهی کپور نقره‌ای

گوشت خام ماهی کپور نقره‌ای دارای $16/61 \pm 0/07$ پروتئین، $78/69 \pm 0/73$ رطوبت، $2/95 \pm 0/34$ چربی و $2/28 \pm 0/47$ خاکستر بود. نمونه‌های ناگت ماهی سرخ شده مقدماتی در روغن آفتابگردان درصد رطوبت بالاتری را نسبت به روغن‌های زیتون، کانولا و کنجد به نمایش گذاشتند و بالاترین مقدار رطوبت در تیمار آفتابگردان 170 و کمترین مقدار آن در تیمار کنجد 190 مشاهده شد. ناگت‌های سرخ شده در روغن آفتابگردان با دمای 170 درجه سانتی‌گراد رطوبت بالاتری را نسبت به ناگت‌های سرخ شده در دماهای 150 و 190 درجه نشان دادند. در ناگت‌های سرخ شده در روغن‌های زیتون و کانولا تفاوت معنی‌داری میان دماهای مختلف سرخ کردن بر مقدار رطوبت ناگت‌ها مشاهده نشد، در حالیکه در ناگت‌های سرخ شده در روغن کنجد دمای 190 درجه سانتی‌گراد، مقدار رطوبت کمتری را نسبت به دماهای 150 و 170 درجه سانتی‌گراد نشان داد.

تیمار ناگت سرخ شده در زیتون 150 درجه سانتی‌گراد بالاترین و ناگت سرخ شده در روغن آفتابگردان 150 کمترین میزان جذب روغن را نشان دادند ($P < 0/05$) (جدول 1). مقدار روغن جذب شده بر اساس نوع روغن در ناگت‌ها متفاوت بود (جدول 1) و به‌طور کلی ناگت‌های ماهی سرخ شده در روغن‌های آفتابگردان و کنجد نسبت به روغن‌های زیتون و کانولا مقدار جذب روغن کمتری را نشان دادند. دماهای مختلف سرخ کردن مقدماتی به استثناء روغن کانولا، در سایر روغن‌ها بر مقدار جذب روغن تأثیری نداشتند ($P > 0/05$). در ناگت‌های سرخ شده در روغن کانولا دمای سرخ کردن 150 درجه

سانتی‌گراد مقدار جذب روغن کمتری را نسبت به دماهای 170 و 190 درجه سانتی‌گراد نشان داد. طبق مطالعاتی که بر فرآورده‌های سرخ شده انجام شده بود، نوع روغن و دمای سرخ کردن بر مقدار جذب روغن تأثیرگذار بود بطوریکه با افزایش دمای سرخ کردن مقدار جذب روغن کاهش یافت. کیتا و همکاران (2007) بیان نمودند در فرآورده سرخ شده، با افزایش دمای سرخ کردن مقدار روغن جذب شده نیز کاهش می‌یابد، در حالیکه نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که در ناگت‌های ماهی با افزایش دمای سرخ کردن مقدماتی مقدار جذب روغن نیز افزایش یافت و عکس نتایج این مطالعه بود. صرف نظر از دمای سرخ کردن، در تحقیق حاضر نیز ناگت‌های سرخ شده در روغن‌های زیتون و کانولا مقدار روغن بالاتری را نسبت به روغن‌های آفتابگردان و کنجد نشان دادند که با نتایج کیتا و همکاران (2007) مطابقت می‌کند.

با افزایش دمای سرخ کردن میزان تبخیر رطوبت نیز بیشتر شده، و به‌طور همزمان باعث کاهش طول دوره سرخ کردن و مقدار روغن جذب شده می‌شود. گویلامین (1988) بیان نمود دمای سرخ کردن میان 150 تا 180 درجه سانتی‌گراد با توجه به مدت زمان حرارت‌دهی، ممکن است تأثیر معنی‌داری بر مقدار جذب روغن در محصولات غذایی نداشته باشد. با سرخ کردن فیله‌های ماهی ساردین در روغن‌های زیتون، آفتابگردان و چربی خوک در دمای 180 درجه سانتی‌گراد و مدت 4 دقیقه، میزان جذب روغن به‌ترتیب 46 در چربی خوک، 39 در روغن زیتون و 35 (گرم در 100 گرم وزن خشک) در روغن آفتابگردان محاسبه شد (فرانسیسکو و همکاران، 1992). در تحقیق حاضر نیز ناگت‌های سرخ شده در روغن زیتون نسبت به روغن آفتابگردان میزان جذب روغن بالاتری را نشان دادند. میزان نفوذ روغن در محصولات سرخ شده به میزان زیادی به لعاب‌دهی محصول بستگی دارد و در ماهی سوخاری شده، روغن در سطح روکش جذب شده و به درون ماده غذایی نفوذ نمی‌کند (مرادی و همکاران، 2009b). طی فرآیند سرخ کردن عمیق، مقدار رطوبت محصول فاکتور مهمی در تعیین میزان جذب روغن است. خروج رطوبت، باعث ایجاد منافذ موئینه در سطح محصول شده که از طریق آن‌ها نفوذ روغن صورت می‌گیرد. معمولاً مواد غذایی حاوی رطوبت بالا، میزان جذب روغن بالاتری دارند. مطالعات گذشته وجود رابطه خطی میان میزان روغن جذب شده و رطوبت از دست رفته طی فرآیند سرخ کردن عمیق را گزارش کردند (کروکید و همکاران، 2000؛ مالما، 2003؛ دانا و ساگوی، 2006؛ جمشیدی و شعبان‌پور، 2014). ماده غذایی با رطوبت بالا مقدار جذب روغن کمتری را نشان می‌دهد. حق‌شناس و همکاران (2015) و چن و همکاران (2008) که به‌ترتیب با مطالعه بر روی ناگت میگوی فراسودمند و ناگت ماهی، گزارش کردند ارتباط معکوسی میان افزایش رطوبت و کاهش چربی

میان تیمارها طی فرایند سرخ کردن عمیق وجود دارد. گیجیس و همکاران (2015) تاثیر درصدهای مختلف دو نوع صمغ کربوکسی متیل سلولز و میکروکریستالین سلولز (MCC) را بر روی کلوچه ماهی سرخ شده بررسی کردند. نتایج این بررسی نشان داد با افزایش غلظت کربوکسی متیل سلولز میزان رطوبت افزایش و میزان چربی کاهش یافت.

خاکستر مواد غذایی مجموعه‌ای از مواد معدنی موجود در غذا نظیر سدیم، فسفر و آهن بوده که در گوشت به‌عنوان ماده خام و یا در سایر مواد متشکله نظیر نمک و ادویه موجود می‌باشد (فرناندز و همکاران، 2006). بالاترین مقدار خاکستر در ناگت‌های سرخ شده در روغن آفتابگردان و کمترین مقدار آن در ناگت‌های سرخ شده در روغن زیتون محاسبه شد (جدول 1)، در حالیکه ناگت‌های سرخ شده در روغن کانولا و کنجد نسبت به روغن آفتابگردان و زیتون به‌ترتیب مقدار خاکستر کمتر و بیشتری را نشان دادند. دماهای متفاوت بر مقدار

خاکستر نمونه‌ها تاثیر معنی‌داری نشان نداد ($P < 0/05$). به‌نظر می‌رسد، ناگت‌های سرخ شده در روغن آفتابگردان به دلیل دارا بودن رطوبت بالاتر نسبت به ناگت‌های سرخ شده در روغن زیتون میزان خاکستر بالاتری را نشان دادند. سرخ کردن ناگت‌های ماهی در روغن‌های مختلف و دماهای متفاوت، بر مقدار پروتئین نمونه‌ها تفاوت معنی‌داری نشان نداد ($P > 0/05$). در اثر فرایند سرخ کردن، با کاهش مقدار رطوبت ناگت‌ها، ظرفیت نگهداری آب کاهش یافته و با خروج پروتئین‌های محلول، مقدار پروتئین نیز نسبت به فیله ماهی کاهش می‌یابد (داس و همکاران، 2011). در این تحقیق تغییرات معنی‌داری بر میزان پروتئین ناگت‌های ماهی مشاهده نشد، که احتمالاً به دلیل پوسته محکم تشکیل شده طی فرایند سرخ کردن مقدماتی ناگت‌ها است که مانع خروج بیش از اندازه رطوبت محصول و تغییرات پروتئین می‌گردد.

جدول 1- ترکیب تقریبی متشکله ناگت‌های ماهی کپور نقره‌ای سرخ شده در روغن‌ها و دماهای مختلف

تیمار	رطوبت (درصد)	چربی (درصد)	پروتئین	خاکستر (درصد)
آفتابگردان 150	65/78±0/53 ^b	10/00±0/58 ^c	17/39±0/10 ^{ab}	5/58±0/43 ^{abc}
آفتابگردان 170	66/89±0/48 ^a	10/33±0/33 ^c	15/01±1/62 ^b	5/96±0/32 ^{ab}
آفتابگردان 190	65/29±0/26 ^{bc}	12/47±1/46 ^{bc}	15/45±0/26 ^{bc}	6/28±0/41 ^a
زیتون 150	63/60±0/30 ^{ef}	16/67±0/72 ^a	16/76±0/17 ^{abc}	4/81±0/31 ^e
زیتون 170	64/19±0/16 ^{de}	16/44±0/96 ^a	17/95±0/22 ^a	4/81±0/16 ^{cde}
زیتون 190	64/74±0/36 ^{cd}	16/39±0/24 ^a	16/94±0/13 ^{abc}	4/58±0/03 ^{de}
کانولا 150	63/76±0/06 ^{ef}	13/50±0/25 ^b	15/41±0/09 ^{bc}	5/41±0/13 ^{abcd}
کانولا 170	64/13±0/06 ^{de}	15/83±0/33 ^a	16/26±0/24 ^{abc}	5/27±0/12 ^{bcd}
کانولا 190	63/72±0/25 ^{ef}	16/58±0/21 ^a	17/00±0/11 ^{abc}	4/85±0/37 ^{cde}
کنجد 150	64/39±0/08 ^{de}	11/22±1/17 ^{bc}	16/55±0/44 ^{abc}	5/02±0/03 ^{cde}
کنجد 170	64/67±0/03 ^{cd}	12/17±1/35 ^{bc}	15/66±0/48 ^{bc}	5/37±0/20 ^{bcd}
کنجد 190	63/00±0/08 ^f	10/94±0/34 ^{bc}	15/90±0/90 ^{bc}	5/00±0/19 ^{cde}

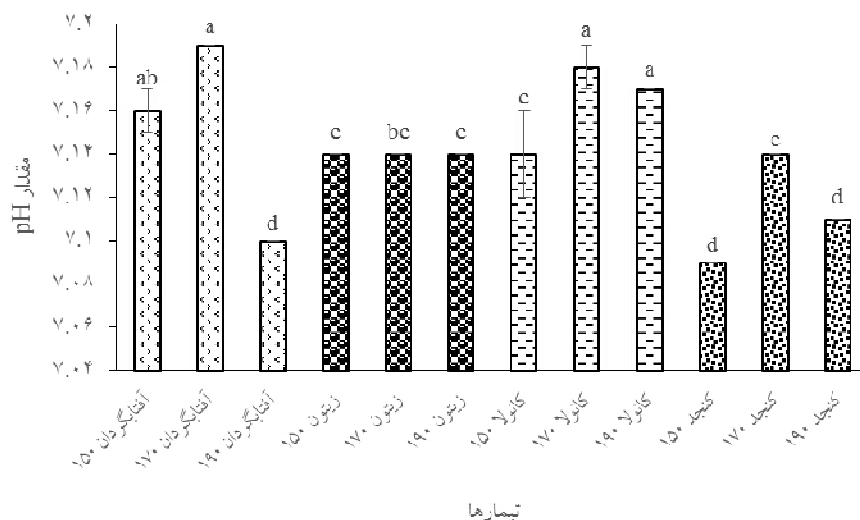
1. تیمارها شامل ناگت‌های ماهی سرخ شده در روغن‌های آفتابگردان، زیتون، کانولا و کنجد در دماهای 150، 170 و 190 درجه سانتی‌گراد در زمان 30 ثانیه می‌باشند.
2. داده‌ها به‌صورت میانگین 3 تکرار با انحراف معیار بیان شده‌اند. حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار شاخص‌های مورد سنجش در تیمارها می‌باشد.

مقدار pH

محاسبه مقدار pH وجود اختلاف معنی‌داری از نظر نوع روغن‌ها، دماهای سرخ کردن و اثر متقابل روغن و دمای سرخ کردن بر تیمارهای مختلف ناگت‌های ماهی نشان داد ($P < 0/05$) (شکل 1). روغن کانولا با مقدار pH 7/16، بالاترین مقدار pH را نشان داد. ناگت‌های سرخ شده در روغن کنجد با pH 7/11، کمترین مقدار pH را نسبت به سایر تیمارها نشان دادند، در حالیکه روغن‌های آفتابگردان با pH 7/14 و روغن زیتون با pH 7/15، مقدار pH کمتر از روغن کنجد و بالاتری نسبت به روغن کانولا را به نمایش گذاشتند. مقدار pH ناگت‌های ماهی سرخ شده در دمای 170 درجه سانتی‌گراد، 7/16

محاسبه شد که نسبت به ناگت‌های سرخ شده در دماهای 150 و 190 با pH 7/13، بالاتر بود ($P < 0/05$). تغییرات pH بر خواص بافت پیوندی و ماهیت پروتئین‌های میوفیبریل موثر بوده و در نتیجه تغییر میزان pH موجب تغییر آب‌گریزی و تغییر خواص کاربردی پروتئین‌ها می‌گردد. دمیرسی و همکاران (2011) کاهش مقدار pH در نمونه‌های کوفته‌ی ماهی پس از فرایند سرخ کردن را گزارش کردند که مشابه نتایج مربوط به ناگت‌های ماهی سرخ شده در روغن‌های آفتابگردان و کنجد بودند، در حالیکه کاندوگان و کولساریسی (2003) عدم تغییر معنی‌دار pH در تیمارهای سوسیس را گزارش کردند که این قسمت نیز مطابق با نتایج حاصل از ناگت‌های ماهی سرخ شده در روغن

زیتون بود.



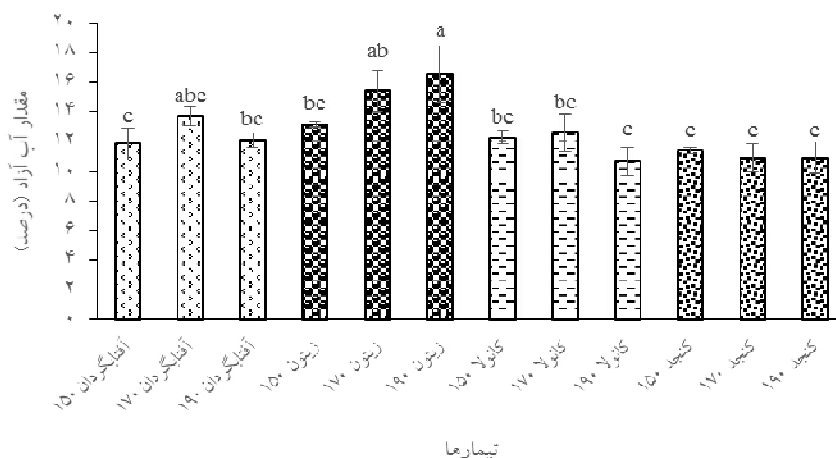
شکل 1- مقدار pH در ناگت‌های ماهی کپور نقره‌ای سرخ شده در روغن‌ها و دماهای مختلف

1. تیمارها شامل ناگت‌های ماهی سرخ شده در روغن‌های آفتابگردان، زیتون، کانولا و کنجد در دماهای 150، 170 و 190 درجه سانتی‌گراد در زمان 30 ثانیه می‌باشند.
2. داده‌ها به صورت میانگین 3 تکرار با انحراف معیار بیان شده‌اند. حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار شاخص‌های مورد سنجش در تیمارها می‌باشد.

سرخ شدن چربی کمتری جذب می‌کند. مقدار آب آزاد با ظرفیت نگهداری آب رابطه معکوسی دارد. ناگت‌های ماهی سرخ شده در روغن زیتون با مقدار 15/05 آب آزاد، کمترین ظرفیت نگهداری آب را نسبت به سایر تیمارها نشان داد ($P < 0/05$) (شکل 2).

ظرفیت نگهداری آب

میزان رطوبت فرآورده‌های گوشتی لعاب‌دهی و سوخاری شده پس از سرخ کردن، متأثر از ظرفیت نگهداری آب پروتئین می‌باشد. به علاوه میزان رطوبت و چربی در مواد غذایی نسبت معکوس دارند، در نتیجه در صورت ظرفیت نگهداری بالای آب، ماده غذایی طی



شکل 2- مقدار ظرفیت نگهداری آب (عکس مقدار آب آزاد) در ناگت‌های ماهی کپور نقره‌ای سرخ شده در روغن‌ها و دماهای مختلف

1. تیمارها شامل ناگت‌های ماهی سرخ شده در روغن‌های آفتابگردان، زیتون، کانولا و کنجد در دماهای 150، 170 و 190 درجه سانتی‌گراد در زمان 30 ثانیه می‌باشند.
2. داده‌ها به صورت میانگین 3 تکرار با انحراف معیار بیان شده‌اند. حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار شاخص‌های مورد سنجش در تیمارها می‌باشد.

دماهای مختلف سرخ کردن و اثر متقابل روغن و دماهای سرخ کردن نیز بر مقدار ظرفیت آب تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری نشان ندادند ($P > 0/05$). برهم‌کنش‌های پروتئین - پروتئین و پروتئین - آب بر میزان ظرفیت نگهداری آب گوشت و محصولات گوشتی موثر است (داس و همکاران، 2008). احتمالاً جایجایی رطوبت و چربی در روغن زیتون با شدت بیشتری نسبت به سایر روغن‌ها انجام گرفته و در نتیجه‌ی آن، نمونه‌های سرخ شده در این روغن رطوبت زیادی در طی سرخ کردن عمیق از دست دادند، و به مراتب آن نسبت به سایر تیمارها میزان روغن بالاتری را جذب نموده و کمترین میزان ظرفیت نگهداری آب را نشان دادند.

آزمایشات فیزیکی

برای مرحله‌ی لعاب‌دهی از یک نوع فرمول لعاب استفاده شد و مقدار ویسکوزیته آن، 48/33 سانتی‌پواز محاسبه شد. ویسکوزیته لعاب تعیین‌کننده کیفیت نهایی روکش می‌باشد و شکل نهایی و بافت روکش پس از عمل سرخ کردن را تحت تاثیر قرار داده و به‌عنوان یکی از مهم‌ترین فاکتورهای تعیین‌کننده رفتار لعاب در حین فرایند سرخ کردن شناخته می‌شود (وارلا و فیزمن، 2011). به‌طور کلی با بالا رفتن ویسکوزیته لعاب، مقدار اتصال لعاب به سطح ماده غذایی نیز بیشتر می‌شود (دوگان و همکاران، 2005؛ دهقان‌نصیری و همکاران، 2010). مقدار ویسکوزیته لعاب در تیمارهای آزمایشی 48/33 سانتی‌پواز محاسبه شد. در تحقیق حاضر از یک نوع فرمولاسیون لعاب برای لعاب‌دهی ناگت‌های ماهی استفاده شد و در نتیجه آن میزان چسبندگی لعاب و پوشش آرد سوخاری به سطح ماده غذایی در کلیه تیمارها یکسان بود.

نتایج مقدار بازده محصول ناگت‌های ماهی، ثابت کرد که سرخ کردن ناگت‌ها در روغن‌های آفتابگردان و کنجد نسبت به زیتون و کانولا مقدار بازده محصول بالاتری نشان داد و ناگت‌های سرخ شده در روغن کنجد، بالاترین مقدار بازده محصول را به نمایش گذاشتند ($P < 0/05$) (جدول 2). دماهای 170 و 190 درجه سانتی‌گراد نیز نسبت به دمای 150 درجه سانتی‌گراد مقدار بازده محصول بالاتری را نشان دادند ($P < 0/05$). مقدار رطوبت محصول و ظرفیت نگهداری آب بر میزان بازده محصول تاثیر گذارند (داس و همکاران، 2008)، بطوریکه بالا بودن ظرفیت نگهداری آب منجر به حفظ رطوبت محصول و مانع از بروز تغییرات عمده در میزان بازده محصول می‌گردد. در این تحقیق بالاترین مقدار رطوبت در ناگت‌های سرخ شده در روغن آفتابگردان مشاهده شد و روغن زیتون نیز کمترین مقدار ظرفیت نگهداری آب را نشان داد. در نتیجه روغن‌های ناگت‌های ماهی سرخ شده در روغن‌های آفتابگردان و کنجد با دارا بودن رطوبت و ظرفیت نگهداری بالای آب، میزان بازده محصول

بالاتری را دارا بودند. در مطالعه‌ای که دمیرسی و همکاران (2011) و روث و همکاران (1997) بر محصولات سرخ شده انجام دادند، گزارش نمودند که مواد غذایی دارای چربی بالا، مقدار افت وزنی بالاتر و درصد بازده محصول پایین‌تری نشان می‌دهند. نتایج حاصل از این تحقیق نیز این مورد را تایید می‌کند، به‌طوریکه ناگت‌های سرخ شده در روغن‌های آفتابگردان و کنجد کمترین مقدار چربی و بالاترین مقدار بازده را در مقایسه با تیمارهای دیگر نشان دادند. وارلا و فیزمن (2011) بیان داشتند مقدار چسبندگی روکش با مقدار بازده محصول ارتباط مستقیمی دارد و با افزایش مقدار چسبندگی روکش، مقدار بازده محصول نیز افزایش می‌یابد. در تحقیق حاضر چسبندگی روکش در کلیه تیمارها یکسان بود، در حالیکه مقدار بازده محصول میان تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری نشان داد و مخالف نتیجه‌ی بیان شده بود.

محاسبه مقادیر چروکیدگی در ناگت‌های ماهی سرخ شده در روغن‌های مختلف و دماهای متفاوت سرخ کردن، میان تیمارها از نظر اثر نوع روغن، دمای سرخ کردن و اثر متقابل روغن و دمای سرخ کردن، تفاوت معنی‌داری نشان نداد ($P > 0/05$) (جدول 2). در مراحل اولیه سرخ کردن، با کاهش مقدار رطوبت محصول، چروکیدگی به سرعت اتفاق می‌افتد و در نهایت پس از شکل‌گیری پوسته محکمی که مانع هدر رفت و تبخیر بیشتر رطوبت می‌گردد، چروکیدگی متوقف می‌گردد (وارلا و فیزمن، 2011). دمای بالای سرخ کردن منجر به ایجاد چروکیدگی بیشتری در محصول می‌شود و میزان چروکیدگی به مقدار زیادی به میزان رطوبت محصول بستگی دارد (ضیایی‌فر و همکاران، 2008). در این تحقیق پس از سرخ کردن مقدماتی به‌واسطه لعاب‌دهی و پوشاندن با آرد سوخاری ناگت‌ها، پوسته محکمی بر سطح ناگت‌های ماهی شکل گرفت که مانع هدر رفت بیشتر رطوبت شد و به موجب آن میان تیمارهای مختلف، تغییرات چندانی در مقدار چروکیدگی مشاهده نشد.

رنگ‌سنجی

یکی از مهم‌ترین پارامترهایی که بر میزان بازارپسندی محصولات روکش‌دار موثر است، رنگ نهایی این محصولات می‌باشد. فرایند سرخ کردن باعث کاهش مقدار روشنایی و زردی و افزایش مقدار قرمزی ناگت‌های ماهی شد. افزایش قرمزی به دلیل قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی و فرایند کارامالاسیون در روکش طی عمل سرخ کردن عمیق بود. طی فرایند سرخ‌کردن محصولات لعاب‌دهی و سوخاری شده واکنش‌های شیمیایی مختلفی از قبیل غیرطبیعی شدن پروتئین‌ها، ژلاتینه شدن نشاسته و واکنش قهوه‌ای شدن لعاب و پوشش آرد سوخاری رخ می‌دهد که کلیه این واکنش‌ها، باعث ایجاد تغییرات پیچیده در رنگ می‌گردند (داس و همکاران، 2011). در این

تحقیق ناگتهای ماهی سرخ شده در روغن کانولا در مقایسه با ناگتهای سرخ شده در سایر روغن‌ها، روشنایی بالاتری را به نمایش گذاشت ($P > 0/05$). با افزایش دمای سرخ کردن به ترتیب مقدار روشنایی نیز کاهش یافت. دمای 150 درجه سانتی‌گراد بالاترین مقدار روشنایی، دمای 170 درجه سانتی‌گراد روشنایی کمتر، و دمای 190 درجه سانتی‌گراد کمترین مقدار روشنایی را به نمایش گذاشتند ($P < 0/05$) (جدول 3).

جدول 2- مقادیر بازده محصول و چروکیدگی در ناگتهای ماهی کپور نقره‌ای سرخ شده در روغن‌ها و دماهای مختلف

تیمار	مقدار بازده محصول (درصد)	مقدار چروکیدگی (درصد)
آفتابگردان 150	81/48±0/68 ^{efg}	9/05±0/12 ^a
آفتابگردان 170	82/62±0/84 ^{cdef}	11/66±1/62 ^a
آفتابگردان 190	82/98±0/24 ^{bcde}	8/06±0/93 ^a
زیتون 150	80/53±0/23 ^g	6/62±1/95 ^a
زیتون 170	81/40±0/32 ^{efg}	9/23±4/43 ^a
زیتون 190	81/06±0/61 ^{fg}	11/54±2/20 ^a
کانولا 150	76/02±0/43 ^h	10/00±4/24 ^a
کانولا 170	81/63±0/79 ^{defg}	9/94±1/00 ^a
کانولا 190	84/30±0/41 ^b	6/19±1/67 ^a
کنجد 150	83/25±0/45 ^{bcd}	7/65±0/10 ^a
کنجد 170	86/06±0/06 ^a	4/79±0/02 ^a
کنجد 190	83/40±0/55 ^{bc}	5/27±1/23 ^a

1. تیمارها شامل ناگتهای ماهی سرخ شده در روغن‌های آفتابگردان، زیتون، کانولا و کنجد در دماهای 150، 170 و 190 درجه سانتی‌گراد در زمان 30 ثانیه می‌باشند.
2. داده‌ها به صورت میانگین 3 تکرار با انحراف معیار بیان شده‌اند. حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار شاخص‌های مورد سنجش در تیمارها می‌باشد.

جدول 3- جدول آنالیز شاخص‌های رنگ‌سنجی در ناگتهای ماهی کپور نقره‌ای سرخ شده در روغن‌ها و دماهای مختلف

تیمار	L*	a*	b*
آفتابگردان 150	61/01±0/55 ^a	9/04±0/17 ^c	20/81±0/66 ^e
آفتابگردان 170	60/06±0/30 ^a	9/80±0/27 ^{bc}	22/71±0/34 ^d
آفتابگردان 190	49/98±0/43 ^e	10/69±0/31 ^{ab}	24/55±0/25 ^{abc}
زیتون 150	57/74±0/64 ^{bc}	10/00±0/27 ^{bc}	25/34±0/75 ^{ab}
زیتون 170	56/49±0/81 ^{cd}	10/15±0/14 ^{bc}	24/63±0/54 ^{abc}
زیتون 190	57/68±0/99 ^{bc}	10/78±0/29 ^{ab}	23/74±0/36 ^{cd}
کانولا 150	59/82±0/67 ^a	10/00±0/92 ^{bc}	25/32±0/44 ^{ab}
کانولا 170	57/79±0/61 ^{bc}	10/42±0/22 ^{ab}	25/40±0/50 ^{ab}
کانولا 190	57/57±0/56 ^c	9/98±0/26 ^{bc}	24/80±0/53 ^{abc}
کنجد 150	59/48±0/38 ^{ab}	10/07±0/19 ^{bc}	23/73±0/31 ^{cd}
کنجد 170	57/90±0/42 ^{bc}	10/42±0/32 ^{ab}	24/17±0/33 ^{bcd}
کنجد 190	55/08±0/22 ^d	11/57±0/39 ^a	25/79±0/59 ^a

1. تیمارها شامل ناگتهای ماهی سرخ شده در روغن‌های آفتابگردان، زیتون، کانولا و کنجد در دماهای 150، 170 و 190 درجه سانتی‌گراد در زمان 30 ثانیه می‌باشند.
2. داده‌ها به صورت میانگین 3 تکرار با انحراف معیار بیان شده‌اند. حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار شاخص‌های مورد سنجش در تیمارها می‌باشد.

آفتابگردان میزان شاخص قرمزی بالاتری را در دمای 190 درجه سانتی‌گراد نسبت به دماهای 150 و 170 نشان داد، در حالیکه سرخ کردن ناگتهای در روغن زیتون و کانولا در دماهای مختلف اثری بر شاخص قرمزی نداشت. ناگتهای سرخ شده در روغن آفتابگردان کمترین مقدار شاخص زردی را در مقایسه با روغن‌های دیگر نشان

میزان روشنایی ناگتهای سرخ شده در روغن‌های آفتابگردان، کانولا و کنجد در دمای 190 درجه سانتی‌گراد نسبت به دماهای 150 و 170 کمتر بود، در حالیکه میزان روشنایی ناگتهای سرخ شده در روغن زیتون میان دماهای مختلف سرخ کردن تفاوتی نشان نداد. سرخ کردن مقدماتی ناگتهای ماهی در روغن‌های کنجد و

مطالعه از مینس ماهی مخلوط شده با مواد افزودنی و طعم‌دهنده برای تولید ناگت ماهی استفاده شد و در اثر افزودن این ترکیبات، طعم و بوی ماهی به میزان زیادی نامحسوس شد.

جدول 4- جدول آنالیز واریانس مقدار پروتئین ناگت‌های ماهی کپور

نقره‌ای سرخ شده در روغن‌ها و دماهای مختلف			
Sig	X ²	درجه آزادی	ارزیابی حسی
0/6528 ^{ns}	8/678	11	رنگ
0/976 ^{ns}	3/770	11	طعم
0/845 ^{ns}	6/405	11	بو
0/731 ^{ns}	7/807	11	احساس چربی در دهان
0/983 ^{ns}	3/459	11	بافت
0/882 ^{ns}	5/873	11	آبدار بودن
0/983 ^{ns}	3/468	11	پذیرش کلی

نتیجه‌گیری

یافته‌ها نشان داد ناگت‌های سرخ شده مقدماتی در روغن آفتابگردان و کنجد، حاوی مقدار رطوبت، بازده محصول و شاخص رنگ قرمزی بالا و میزان جذب روغن و شاخص رنگ زردی کمتری نسبت به ناگت‌های سرخ شده در روغن‌های زیتون و کانولا بودند. از میان دماهای 150، 170 و 190 درجه سانتی‌گراد در سرخ کردن مقدماتی، دمای 170 درجه سانتی‌گراد دارای بالاترین مقدار رطوبت و بازده محصول، و مقدار متوسط شاخص رنگ روشنایی و قرمزی نسبت به دماهای 150 و 190 درجه سانتی‌گراد بود. دمای 150 درجه سانتی‌گراد میزان جذب روغن کمتری نسبت به دماهای 170 و 190 درجه سانتی‌گراد نشان داد. طبق نتایج حاصل از تحقیق حاضر، از نظر فاکتورهای فیزیکی و میزان جذب روغن ناگت‌های سرخ شده مقدماتی در روغن‌های آفتابگردان و کنجد موثرتر بودند. میان دماهای مختلف سرخ کردن مقدماتی، دمای 170 درجه سانتی‌گراد از نظر کلیه شاخص‌های اندازه‌گیری شده نتایج بهتری نسبت به دماهای 150 و 190 درجه سانتی‌گراد نشان داد.

دادند ($P < 0/05$). ناگت‌های سرخ شده در دمای 190 درجه سانتی‌گراد مقدار زردی بالاتری نسبت به ناگت‌های سرخ شده در دمای 150 درجه سانتی‌گراد نشان دادند ($P < 0/05$) در حالیکه اختلاف معنی‌داری میان ناگت‌های سرخ شده در دمای 170 در مقایسه با دماهای 150 و 190 درجه سانتی‌گراد مشاهده نشد ($P > 0/05$). چن و همکاران (2008) بیان کردند که روکش ناگت ماهی بعد از سرخ کردن نهایی، مقدار روشنایی بیشتر و قرمزی کمتری نشان داد. رنگ ظاهری ناگت‌ها به میزان کم به مواد داخلی و سطوح میانی روکش بستگی دارد و بیشتر متاثر از رنگ و دانه‌بندی آرد سوخاری مورد استفاده است.

آنالیز حسی

طبق ارزیابی حسی انجام گرفته مقدار شاخص‌های حسی رنگ، طعم، بو، احساس چربی در دهان، بافت، آبدار بودن و پذیرش کلی میان تیمارها در روغن‌های مختلف و دماهای متفاوت سرخ کردن مقدماتی یکسان بودند و اختلاف معنی‌داری نشان ندادند (جدول 3) (داده‌ها نشان داده نشدند). اولویت انتخاب گروه پانل ناگت‌های سرخ شده در روغن زیتون و ترجیح آن‌ها دمای سرخ کردن مقدماتی 170 و 190 درجه سانتی‌گراد بود. نتایج تحقیقات زکی‌پوررحیم‌آبادی (1390) نشان داد، که در بین شاخص‌های ارزیابی حسی، شاخص‌های بو، طعم و بافت در میان فینگرهای ماهی تولید شده از مینس و سوریمی اختلافی وجود ندارد و فقط در شاخص‌های رنگ و پذیرش کلی این اختلاف معنی‌دار است. مطالعات توکیور و همکاران (2006) بر ارزیابی حسی فینگرهای ماهی حاصل از مینس و سوریمی ماهی کپور آئینه‌ای، عدم وجود اختلاف معنی‌دار را در شاخص‌های رنگ، بو، طعم و پذیرش کلی میان فینگرهای ماهی حاصله گزارش کرد که با نتایج این تحقیق همخوانی داشت. تغییر بو در ماهی و محصولات تولید شده از ماهی، تا حدود یک هفته نگهداری در یخ قابل تشخیص نیست و در این حال بوی ماهی بسیار ملایم است. اما به تدریج بوی خاص ماهی که حاصل احیاء اکسیدتری‌متیل‌آمین به تری‌متیل‌آمین است ظاهر می‌شود که ظهور آن نشانه گذشت زمان و فعالیت باکتری‌های هوازی اختیاری است (رضوی‌شیرازی، 1385). در این

منابع

- اجاق، س.م، کاظمی‌نیا، س، جمشیدی، ا، شعبان‌پور، ب، 1392. اثر دماهای مختلف سرخ کردن مقدماتی در روغن کانولا بر کیفیت و مقدار جذب روغن در قسمت‌های مختلف ناگت ماهی کپور نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*). مجله بهره‌برداری و پرورش آبزیان، جلد دوم، شماره چهارم، 43-59.
- جمشیدی، ا، شعبان‌پور، ب، رحمانی‌فرح، ک، پیغمبری، س.ی، رستم‌زاد، ه، آذری‌به، م، و برزگر، ل. 1391. بررسی اثر صمغ‌های زانتان، آلژینات و کربوکسی‌متیل سلولز و شرایط انجمادزایی بر کیفیت فینگر ماهی. نشریه پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی. جلد 1، شماره 4، صفحه 295-306.

- رضوی شیرازی، ح. 1385. تکنولوژی فرآورده‌های دریایی، اصول نگهداری و عمل آوری (1). انتشارات پارس نگار. 325 ص.
- رضوی شیرازی، ح. 1380. تکنولوژی فرآورده‌های دریایی، علم فرآوری (2). انتشارات نقش مهر. 292 ص.
- زکی پور رحیم آبادی، ا.، الیاسی، ا.، سحری، م.ح. و زارع، پ. 1390. اثرات سرخ کردن بر ویژگی‌های شیمیایی و اسیدهای چرب در فیش‌فینگرهای تولید شده از گوشت چرخ شده و سوریمی ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*). فصلنامه علوم و صنایع غذایی، دوره 8، شماره 29، ص 9-1.
- AOAC. 1990. Official methods of analysis (14 th ed). Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA.
- Candoğan K, Kolsarici N .2003. The effects of carrageenan and pectin on some quality characteristics of low-fat beef frankfurters. *Journal of Meat Science*, 64:199–206.
- Chen, Ch., Li, P., Hu, W., Lan, M., Chen, M., and Chen, H. 2008. Using HPMC to improve crust crispness in microwave-reheated battered mackerel nuggets: water barrier effect of HPMC. *Journal of Food Hydrocolloids*, 22: 1334-1344.
- Dana, D., and Saguy, S. 2006. Review: Mechanism of oil uptake during deep-fat frying and the surfactant effect-theory and myth. *Journal of Advances in Colloid and Interface Science*. 128-130: 267-272.
- Das, A.K., Anjaneyulu, A.S.R., Gadekar, Y.P., Singh, R.P., and Pragati, H. 2008. Effect of full-fat soy paste and textured soy granules on quality and shelf-life of goat meat nuggets in frozen storage. *Journal of Meat Science*. 80: 607-614.
- Das, R., Pawar, D. P., & Modi, V. K. (2013). Quality characteristics of battered and fried chicken: comparison of pressure frying and conventional frying. *Journal of food science and technology*, 50(2), 284-292.
- Dogan, S. F., Sahin, S., & Sumnu, G. (2005). Effects of soy and rice flour addition on batter rheology and quality of deep-fat fried chicken nuggets. *Journal of Food Engineering*, 71(1), 127-132.
- Demirci, Z. O., Yılmaz, I., & Demirci, A. Ş. (2014). Effects of xanthan, guar, carrageenan and locust bean gum addition on physical, chemical and sensory properties of meatballs. *Journal of food science and technology*, 51(5), 936-942.
- Dogan, S.F., Sahin, S., and Sumnu, G. 2005. Effects of soy and rice flour addition on batter rheology and quality of deep-fat fried chicken nuggets. *Journal of Food Engineering*. 71: 127-132.
- Fernandez-Lopez, J., Jimenez, S., Sayas-Barbera, E., Sendra, E., and Perez-Alvarez, J. A. 2006. Quality characteristics of ostrich (*Struthio camelus*) burgers. *Meat Science*. 73(2): 295-303.
- Fiszman, S.M., and Salvador, A. 2003. Recent development in coating batters. *Journal of Food Science and Technology*, 14: 399-407.
- Francisco, J., Sanchez-Muniz., Jesus, M.V. and Rafaela, M. 1992. Deep-frying of sardines in different culinary fats. Changes in the fatty acid composition of Sardines and frying fats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 40: 2252-2256.
- Gibis, M., Schuh, V., and Weiss, J. 2015. Effects of carboxymethyl cellulose (CMC) and microcrystalline cellulose (MCC) as fat replacers on the microstructure and sensory characteristics of fried beef patties. *Journal of Food Hydrocolloids*. 45: 236-246.
- Guillaumin, R.1998. Kinetics of fat penetration in food. In G. Varela, A. E. Bender, & I. D. Morton (Eds.), *Frying of food: Principles, changes, new approaches* (pp. 82–89). Chichester: Ellis Horwood Ltd.
- Haghshenas, M., Hosseini, H., Nayebezhadeh, K., Kakesh, B. S., Mahmoudzadeh, M., & Fonood, R. K. (2015). Effect of beta glucan and carboxymethyl cellulose on lipid oxidation and fatty acid composition of pre-cooked shrimp nugget during storage. *LWT-Food Science and Technology*, 62(2), 1192-1197.
- Jamshidi, A., and Shabanpour, B. 2014. The effect of hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) added pre-dust and batter of Talang queenfish (*Scomberoides commersonnianus*) nuggets on the quality and reduction of oil uptake. *Minerva Biotechnologica Journal*, 26: 57-64.
- Kita, A., Lisinska, G., and Golubowska. G. 2007. The effects of oils and frying temperatures on the texture and fat content of potato crisps. *Journal of Food Chemistry*. 102: 1-5.
- Krokida, M. K., Oreopoulou, V. and Maroulis, Z. B. 2000. Water loss and oil uptake as a function of frying time. *Journal of Food Engineering* 44: 39-46.
- Mellema, M. 2003. Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fat fried foods. *Journal of Trends in Food Science and Technology*. 14: 364-373.
- Moradi, Y., Bakar, J., Syed Muhamad, S.H., and Che Man, Y. 2009a. Moisture, fat content and fatty acid composition in breaded and non-breaded deep-fried black pomfret (*Parastromateus niger*) filets. *International Food Research Journal*. 16: 225-231.
- Moradi, Y., Bakar, J., Syed Muhamad, S.H., and Che Man, Y. 2009b. Effects of different final cooking methods on physic-chemical properties of breaded fish filets. *American Journal of Food Technology*. 4 (4): 136-145.
- Miranda, J.M., Martinez, B., Perez, B., Anton, X., Vazquez, B.I., Fente, C.A., Franco, C.M., Rodriguez, J.L., and Cepeda, A. 2010. The effects of industrial pre-frying and domestic cooking methods on the nutritional compositions and fatty acid profiles of two different frozen breaded foods. *Journal of LWT-Food Science and Technology*, 43:

- 1271-1276.
- Modi, V.K., Sachindra, N.M., Nagegowda, P. Mehendrakar, N.S., and Rao, D.N. 2007. Quality changes during the storage of dehydrated chicken kebab mix. *International Journal of Food Science and technology*. 42: 827-835.
- Nasiri, F. D., Mohebbi, M., Yazdi, F. T., & Khodaparast, M. H. H. (2012). Effects of soy and corn flour addition on batter rheology and quality of deep fat-fried shrimp nuggets. *Food and Bioprocess Technology*, 5(4), 1238-1245.
- Roth D.M, McKeith F.K, Brewer M.S. 1997. Processing parameter effects on textural characteristics of reduced-fat pork sausage. *Journal of Food Quality*, 20: 567– 574.
- Salimi, A., Maghsoudlou, Y., Jafari, S. M., Mahoonak, A. S., Kashaninejad, M., & Ziaiifar, A. M. (2015). Preparation of lycopene emulsions by whey protein concentrate and maltodextrin and optimization by response surface methodology. *Journal of Dispersion Science and Technology*, 36(2), 274-283.
- Tokur, B., Ozkutuk, S., Atici, E., Ozyurt, G., and Ozyurt, C. 2006. Chemical and sensory quality changes of fish fingers, made from mirror carp (*Cyprinus carpio*) (Linnaeus, 1758), during frozen storage (-18°C). *Journal of Food Chemistry*, 99: 335-341.
- Varela, P., and Fiszman, S.M. 2011. Review: Hydrocolloids in fried food. *Journal of Food Hyrocolloids*. 25: 1801-1812.
- Venugopal, V. 2006. Seafood Processing. *CRC Press*. 485 Page.
- Ziaiifar, A.M., Achir, N., Courtois, F., Trezzani, I., & Trystram, G. 2008. Review of Mechanisms, Conditions, and Factors involved in the Oil Uptake Phenomenon during the Deep-Fat Frying Process. *International Journal of Food Science & Technology*. 43: 1410-1423.

Study on the changes of approximate composition and physical parameters of nugget of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) during the initial frying in several vegetable oils at different temperature levels

S. M. Ojagh^{1*}, B. Shabanpour², A. Jamshidi³, A. Siyamiyan³

Received: 2016.11.09

Accepted: 2017.04.15

Introduction: Value added products are defined as a set of products that are made up of the primary food with the help of different types of human or mechanical processing, and vary in appearance, texture, flavor and odor with their primary substance. One examples of value added products is battered and breaded products. Nuggets are products which are made of mixing mince or surimi with flavored and additive ingredients. The mixture is prepared after battering and being coated with toasted flour. It is then primary fried in oil and after freezing, packaged and stored. Therefore, the consumer only uses the final baking step, which usually involves frying in oil, consuming the product after thawing. Deep fat frying is a common cooking method in which fat is used as a heat transfer medium, during which foods with unique characteristics are produced in terms of taste, texture and appearance. During the frying process, along with shifting and moving the temperature, transferring and moving the material happens. Usually, with increasing frying time, the amount of oil absorption increases, but there is no linear relationship between. The amount of oil absorption depends on several factors such as oil quality, frying time, oil and food temperature, food form, porosity and chemical composition, especially the initial moisture content of the product. In general, fried foods at temperatures between 175 and 190°C have good brittle properties. Temperatures above 175°C may be associated with acrylamide formation, which is a carcinogenic substance. Therefore, the purpose of this study was to investigate the effect of frying medium (different vegetable oils) and temperature on the variations in the approximate composition and physical parameters of the fried silver carp nugget.

Materials and methods: In order to produce fish nuggets, 87% of minis were mixed with additive and flavoring ingredients, 5% breadcrumbs, 5% onions, 1% garlic, 1.5% salt and 0.5% spices. The mixture was shaped into round shapes and immersed in the glaze with a specific formulation and after dripping the extra glaze was covered with toasted flour. Then, nuggets were prepared using sunflower, olive, canola and sesame oil for 30 seconds at temperatures of 150, 170 and 190 degrees of celsius preheated by frying deep frying and after cooling to room temperature was packed in zipper bags and was frozen at -20°C. After a day, the nuggets were removed from the freezer and after de-damping at ambient temperature, chemical (including approximate analysis, pH measurements, water holding capacity) and physical tests (including viscosity, yield of product, shrinkage, Colorimetric and sensory analysis) were performed on fish nuggets. For physical tests and sensory analysis, nuggets were deep fried in sunflower oil for 3 minutes at 180°C.

Results & Discussion: The findings showed that fried nugget in sunflower oil and sesame oil contained moisture content, yield and high red color index, and oil absorption and yellowness index were less than fried nugget in olive oil and canola. From the temperatures of 150, 170 and 190°C in the primary frying, the temperature of 170°C had the highest moisture content and yield, and the average value of the brightness and redness index was 150 and 190°C. The temperature of 150°C showed lower oil absorption than 170°C and 190°C. According to the sensory evaluation, the sensory indexes of color, taste, smell, fat sensation in the mouth, texture, juiciness and general acceptance of the treatments in different oils and different temperatures of the initial frying were the same and did not show any significant difference. The priority was to select the panel of

1, 2 and 3. Associate Professor, Professor and PhD student, Department of Seafood Science and Technology, Faculty of Fisheries and Environmental Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
(* Corresponding author's email: mahdi_ojagh@yahoo.com)

fried nugget panels in olive oil and prefer the initial frying temperature of 170 and 190°C. According to the results of this study, in terms of physical factors and the rate of absorption, fried nuggets in sunflower and sesame oil were more effective. Between the different temperatures of the initial frying, temperatures of 170°C for all of the measured indexes yielded better results than temperatures of 150 and 190°C.

Key words: Fish nugget, pre-frying temperatures, vegetable oils, different temperatures, physical factors

بهینه‌سازی تولید پپتیدهای زیست‌فعال حاصل از هیدرولیز آنزیمی گرده زنبور عسل با آلکالاز و مقایسه با ژله رویال

عاطفه مقصودلو¹- علیرضا صادقی ماهونک^{2*}- محمد قربانی²- فیدل تولدرا³

تاریخ دریافت: 1395/09/01

تاریخ پذیرش: 1396/02/02

چکیده

در این پژوهش تاثیر هیدرولیز آنزیمی پروتئین گرده گل توسط آنزیم آلکالاز بر خواص آنتی‌اکسیدانی و بازدارندگی آنزیم ACE بررسی و با ژله رویال مقایسه گردید. ترکیبات فنلی، فعالیت مهارکنندگی رادیکال DPPH، قدرت احیاکنندگی گرده گل و ژله رویال اندازه‌گیری شد که مقادیر آنها برای غلظت 1000 میلی گرم برلیتر گرده گل و ژله رویال، به ترتیب 174 و 1031/71 میلی گرم اسیدگالیک برگرم نمونه، 67/33% و 95/27% و جذب 0/8 و 0/77 در طول موج 700 نانومتر بود. بیشترین قدرت احیاکنندگی تیمارهای هیدرولیز شده با آنزیم آلکالاز 1/5% و مدت زمان هیدرولیز 2/5 ساعت، 0/756 بود. بیشترین قدرت مهار رادیکال DPPH تیمارهای هیدرولیز شده با آنزیم آلکالاز 1% و مدت زمان هیدرولیز 4 ساعت، 78/48% بود. بیشترین قدرت مهار آنزیم مبدل آنژیوتنسنین (ACE) تیمارهای هیدرولیز شده با آنزیم آلکالاز 1/5% و مدت زمان هیدرولیز 4 ساعت 87/07% بود. نتایج نشان داد که با انجام عمل هیدرولیز، قدرت مهار رادیکال DPPH و آنزیم ACE گرده گل به ترتیب از 67/33% و 15/54% به 78/48% و 87/07% ارتقا پیدا کرد. بنابراین بعد از انجام عمل هیدرولیز، قدرت مهار رادیکال و آنزیم ACE گرده گل، از نظر عددی نسبت به ژله رویال افزایش پیدا کرد. با توجه به اینکه تنها منبع اصلی پروتئینی زنبور برای تهیه ژله رویال، گرده گل است، می‌توان گفت که با هیدرولیز شدن پروتئین‌های گرده گل، تا حدی می‌توان آنها را به پپتیدهای موجود در ژله رویال نزدیک کرد.

واژه‌های کلیدی: گرده گل، ژله رویال، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، آلکالاز، آنزیم مبدل آنژیوتنسنین، پپتیدهای زیست فعال، بهینه‌سازی

مقدمه

کارگر جوان ترشح می‌شود، (بوگدانو، 2014؛ موراویز و همکاران، 2011). مشخص شده است که ویژگی آنتی‌اکسیدانی ژله رویال و گرده زنبور عسل مربوط به پروتئین‌های اصلی و ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی آنها بوده (ناگای و اینو، 2004) و دی و تری پپتیدهای حاصل از هیدرولیز پروتئینی فعالیت آنتی‌اکسیدانی قوی‌تری نسبت به پروتئین‌های هیدرولیز نشده از خود نشان می‌دهند (کاواشیما و همکاران، 1979؛ گیو و همکاران، 2009). دلایل مربوط به عملکرد آنتی‌اکسیدانی این پپتیدها شامل موارد زیر می‌باشد: قابلیت احیاء و فعالیت پاک‌کنندگی رادیکال‌های آزاد، خاصیت خنثی‌کنندگی برخی از ترکیبات سمی همانند رادیکال‌های هیدروکسیل و خاصیت شلاته‌کنندگی کاتیون‌های فلزی پراکسیدان (کیشیمورا و بنجاکول، 2011). گزارش شده است که پپتیدهای به‌دست آمده از هیدرولیز پروتئین‌های غذایی توسط پیپسین، تریپسین و آلکالاز دارای ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی می‌باشند (ویریافان و همکاران، 2012؛

گرده گل با 10 تا 40 درصد پروتئین که توسط زنبور عسل جمع‌آوری می‌شود، از آگلوتینه شدن گرده گل‌ها با شهد آنها و بزاق زنبور عسل به‌دست می‌آید و پس از ذخیره در کیسه گرده واقع در بند سوم پای زنبور عسل، در هنگام ورود زنبور عسل به درون کندو در تله گرده که توسط زنبوردار در آنجا تعبیه شده جمع‌آوری می‌گردد (پاسکوال، 2013). ژله رویال با 27 تا 41 که به‌عنوان غنی‌ترین ماده مغذی بیولوژیک شناخته شده توسط آنزیم‌های پروتئاز و دیگر آنزیم‌های طبیعی زنبور عسل، از هضم مستقیم گرده به وجود آمده و از دو جفت غده هیپوفارنژیال⁴ موجود در طرفین سر زنبور عسل⁵

1 و 2 - به‌ترتیب دانشجوی دکتری و دانشیار، گروه شیمی مواد غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

3 - دانشیار، گروه بیوشیمی، دانشگاه والسیا، اسپانیا

(*) - نویسنده مسئول: (Email: Sadeghiaz@yahoo.com)

DOI: 10.22067/ijfstrj.v0i0.60468

4 Hypopharyngeal

5 Apis mellifera

مواد آزمایشگاهی شامل اسید سولفوریک، هیدروکسید سدیم، اسید بوریک، اسید کلریدریک، تریس، مونوسدیم فسفات، دی سدیم فسفات، تری کلرواستیک اسید، اتانول، پتاسیم فری سیانید، کلرید فریک، کلرید فرو و رادیکال آزاد DPPH و اتیل استات از شرکت های مرک و تتراکم با درجه خلوص آزمایشگاهی تهیه شدند.

سنجش خواص آنتی اکسیدانی گرده و ژل رویال

به منظور تهیه عصاره آبی گرده گل، پودر گرده با نسبت 1 به 10 در آب مخلوط گردید و در دمای محیط به مدت 24 ساعت با همزن مغناطیسی حل گردید. سپس بخش جامد آن با استفاده از کاغذ صافی واتمن جداسازی شد. عصاره به دست آمده با دور $12000 \times$ سانتریفوژ گردید، سوپرناتانت به دست آمده با استفاده از فریز درایر خشک شد (مورایز و همکاران، 2011).

عصاره آبی ژل رویال با استفاده از روش لیو و همکاران (2008) تهیه شد. به این منظور ژل رویال با آب مقطر به نسبت 1 به 10 رقیق گردید و با استفاده از اولتراسوند مدت 10 دقیقه حل شد. سپس محلول حاصل به مدت 10 دقیقه با دور $15000 \times$ سانتریفوژ شد. سوپرناتانت حاصل به عنوان عصاره ژل رویال برای سنجش ویژگی های آنتی اکسیدانی مورد استفاده قرار گرفت.

اندازه گیری ترکیبات فنلی

اندازه گیری ترکیبات فنلی، با استفاده از روش فولین سیوکالته انجام شد. به این منظور 500 میکرولیتر از هر غلظت عصاره گرده با 500 میکرولیتر معرف فولین سیوکالته و 500 میکرولیتر محلول کربنات سدیم 10 درصد وزنی / حجمی مخلوط گردید و به مدت یک ساعت در دمای اتاق و در مکان تاریک اینکوبه شد؛ در نهایت جذب آن در طول موج 700 نانومتر خوانده شد. مقدار ترکیبات فنلی بر حسب میلی گرم اسید گالیک در هر میلی لیتر عصاره از روی معادله خط منحنی استاندارد تعیین گردید (دشپنده، 1987).

سنجش فعالیت مهارکنندگی رادیکال های آزاد DPPH

سنجش فعالیت مهارکنندگی رادیکال های آزاد DPPH با استفاده از روش همیدت و همکاران (2011) انجام شد. به این منظور 1 میلی-لیتر از عصاره حل شده در اتانول با یک میلی لیتر از محلول DPPH اتانولی با غلظت 0/1 میلی مولار مخلوط شد، سپس به مدت 50 دقیقه در تاریکی اینکوبه گردید. جذب مخلوط در طول موج 517 نانومتر خوانده شد. در نهایت فعالیت مهارکنندگی بر اساس درصد، طبق فرمول زیر محاسبه شد که در آن A_0 جذب کنترل و A_1 جذب نمونه است.

$$\text{DPPH} \text{ فعالیت مهارکنندگی رادیکال } = ((A_0 - A_1)/A_0) \times 100 \quad (1)$$

خانتافانت و همکاران، 2008). فعالیت آنتی اکسیدانی ژله رویال در مدل های آزمایشگاهی بر روی گیاهان و مخمرها و همچنین اثر محافظتی آن در مقابل تنش های اکسیداتیو در حیوانات آزمایشگاهی به اثبات رسیده است؛ این ترکیب در شرایط آزمایشگاهی از پراکسیداسیون لیپید جلوگیری کرده است (لیو، 2008؛ ناگای و همکاران، 2005). گزارش شده است پپتیدهای ژله رویال که از فعالیت پروتئازهای مختلف به دست می آیند، فعالیت آنتی اکسیدانی و کاهش فشار خون بالایی را از خود نشان می دهند (گیو و همکاران، 2009). آلمیدا و همکاران (2016) نشان دادند ترکیبات فنلی موجود در عصاره گرده گل با ویژگی آنتی اکسیدانی مناسب، به طور چشمگیری باعث کاهش واکنش های اکسایشی در سوسیس گردید. ماریانو و تجوربانو (2010)، با استفاده از پروتئیناز و آمینو پپتیدازهای با منشأ گیاهی از جمله بروملاین آناناس، آمینوپپتیداز و پرولین ایمنوپپتیداز برگ کلم و آمینوپپتیداز نخود، به هیدرولیز پروتئین های گرده گل پرداختند و ویژگی های مهارکنندگی رادیکال DPPH پپتیدهای به دست آمده را مورد بررسی قرار دادند. پپتیدهایی که بیشترین فعالیت بازدارندگی از خود نشان داد، شناسایی و وزن مولکولی آنها مشخص شد و به عنوان غذای عملگر مورد استفاده قرار گرفتند. در کشور ما ایران، این محصولات با ارزش جایگاه خود را در صنایع غذایی و دارویی به طور کامل به دست نیاورده اند. بنابراین لازم است با بررسی ویژگی های کاربردی آنها و قابلیت کاربردشان در مواد غذایی به عنوان یک افزودنی طبیعی و سلامتی بخش و جلوگیری کننده از بسیاری از بیماری ها، توجه بسیاری از متخصصان در صنعت غذا، زنبورداری و داروسازی به این محصولات معطوف گردد. هدف از انجام این پژوهش، بهینه سازی شرایط هیدرولیز آنزیمی پروتئین های گرده گل و بررسی تاثیر هیدرولیز آنزیمی پروتئین های گرده گل بر خواص آنتی اکسیدانی آن ها می باشد. به کارگیری هر چه بیشتر محصولات جانبی زنبور عسل در صنایع غذایی و دارویی و افزایش تقاضا برای این محصولات، باعث افزایش فعالیت زنبورداران و تولیدکنندگان محصولات زنبور عسل و به دنبال آن درآمدزایی و ارزآوری بیشتر در این زمینه خواهد شد؛ ضمناً از خروج این محصولات به خارج از کشور با قیمت ناچیز جلوگیری خواهد شد؛ از طرفی دیگر با به کارگیری این مواد زیست فعال با ارزش در فرمولاسیون مواد غذایی گامی به سوی حفظ سلامت جامعه و جلوگیری از بسیاری از بیماری ها برداشته خواهد شد.

مواد و روش ها

این پژوهش در آزمایشگاه علوم و صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شد. گرده گل و ژله رویال از مرکز پرورش زنبور عسل و خدمات گرده افشانی واقع در گتبد، آنزیم های آلکالاز و ACE و سوبسترای آن از شرکت سیگما و سایر

سنجش قدرت احیاکنندگی

اندازه‌گیری قدرت احیاکنندگی کرده گل در احیای یون آهن با استفاده از روش بوگائف و همکاران (2009) انجام شد. به این منظور 1 میلی‌لیتر از محلول عصاره با 2/5 میلی‌لیتر بافر فسفات pH=6/6 و 2/5 میلی‌لیتر پتاسیم فری سیانید 1 درصد مخلوط گردید و به مدت نیم ساعت در حمام آب 50 درجه سانتی‌گراد قرار گرفت؛ سپس 2/5 میلی‌لیتر تری کلرواستیک اسید 10 درصد وزنی/ حجمی به آن اضافه شد. پس از 10 دقیقه سانتیفریوژ با دور 1650×g، 2/5 میلی‌لیتر از سوپرناتانت برداشته شد و به آن 2/5 میلی‌لیتر آب مقطر و 0/5 میلی‌لیتر محلول کلرید آهن 0/1 درصد اضافه شد. پس از 10 دقیقه جذب آن در طول موج 700 نانومتر خوانده شد. میزان جذب با قدرت احیاکنندگی همبستگی مستقیم و مثبت دارد.

هیدرولیز آنزیمی کرده گل

هیدرولیز کرده گل توسط آنزیم آلکالاز در دما و pH اپتیمم این آنزیم انجام شد. آنزیم در محدوده غلظتی 1 تا 2 درصد وزنی/ وزنی به محلول پروتئینی افزوده شده و هیدرولیز بر اساس نقاط مشخص شده با طرح مرکب مرکزی در محدوده زمانی 2 تا 5 ساعت و دمای 50 درجه سانتی‌گراد و pH=8 در انکوباتورهای شیکردار و در دما و pH ثابت انجام شد. در انتها در دمای 85 درجه سانتی‌گراد به مدت 10 دقیقه واکنش آنزیمی متوقف شد (ویگو و همکاران، 2000). برای حذف ترکیبات اضافی، سانتیفریوژ در 4000×g به مدت 30 دقیقه انجام شد و سوپرناتانت پس از جمع‌آوری با خشک‌کن انجمادی خشک شد (ویلانوا و همکاران، 1999؛ گیو، 2005؛ ماتسوکا و همکاران، 2012).

بررسی ویژگی آنتی‌اکسیدانی پپتیدهای حاصل از کرده گل

سنجش فعالیت مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد DPPH

سنجش فعالیت مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد DPPH پروتئین‌های هیدرولیز شده DPPH با استفاده از روش همیدت و همکاران (2011) انجام شد.

سنجش قدرت احیاکنندگی

سنجش قدرت احیاکنندگی پروتئین‌های هیدرولیز شده با استفاده از روش بوگائف و همکاران (2009) انجام شد.

اثر بازدارندگی از آنزیم ACE (افزایش‌دهنده فشارخون)

این آزمون بر طبق روش شرح داده شده توسط ناکامورا و همکاران (1995) انجام شد. بر اساس این روش 80 میکرولیتر از کرده

هیدرولیز شده با 200 میکرولیتر HHL¹ مخلوط گردید و به مدت 3 دقیقه در دمای 37 درجه سانتی‌گراد انکوبه شد. واکنش با افزودن 20 میکرولیتر آنزیم ACE² با غلظت 0/1 U/mL آغاز شد و به مدت نیم ساعت در دمای 37 درجه سانتی‌گراد ادامه یافت؛ سپس با افزودن 250 میکرولیتر اسید کلریدریک 0/05 مولار متوقف گردید. در مرحله بعد 1/7 میلی‌لیتر اتیل استات به مخلوط اضافه شد و به مدت 15 دقیقه با دور 800×g سانتیفریوژ شد. جهت تبخیر اتیل استات، سوپرناتانت به‌دست‌آمده به مدت 10 دقیقه در آون با دمای 95 درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. رسوب باقیمانده در یک میلی‌لیتر آب مقطر حل شد و جذب آن در طیف‌سنج نوری با طول موج 228 نانومتر خوانده شد. در نهایت درصد بازدارندگی از آنزیم ACE توسط رابطه زیر محاسبه گردید (نصری و همکاران، 2013).

$$A: \text{جذب مخلوط آنزیم ACE، HHL و پروتئین هیدرولیز شده و} \\ B: \text{جذب مخلوط آنزیم ACE و HHL.} \\ (2) \quad \text{درصد بازدارندگی ACE} = \frac{(B-A)}{B} \times 100$$

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

آزمون‌های آنتی‌اکسیدانی قبل از انجام هیدرولیز بر اساس طرح کاملاً تصادفی و با استفاده از نرم‌افزار spss و در سه تکرار انجام شد. تیمار بندی و بهینه‌سازی فعالیت آنتی‌اکسیدانی کرده گل هیدرولیز شده با استفاده از نرم‌افزار دیزاین اکسپرت با در نقاط مشخص شده با طرح مرکب مرکزی RSM انجام شد.

نتایج و بحث

آزمون‌های آنتی‌اکسیدانی اولیه بر روی کرده گل و ژله رویال

اندازه‌گیری ترکیبات فنلی

معادله رگرسیون خطی که رابطه غلظت محلول اسید گالیک را با میزان جذب نمونه‌ها در طول موج 700 نانومتر نشان می‌دهد، به‌صورت زیر می‌باشد:

$$Y = 0/0011X + 0/0196 \quad R^2 = 0/98 \quad (3)$$

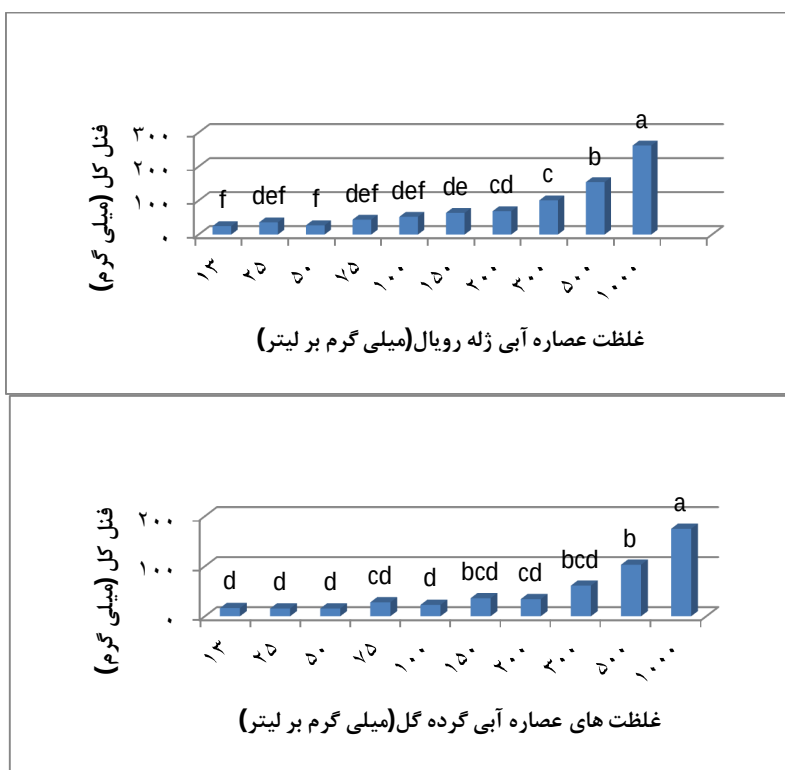
در این رابطه، Y و X به‌ترتیب معادل جذب نمونه در طول موج 700 نانومتر و مقدار کل ترکیبات فنلی بر اساس میلی‌گرم معادل اسید گالیک در هر گرم کرده گل می‌باشد. شکل 1 مقایسه میانگین میزان ترکیبات فنلی در غلظت‌های مختلف عصاره آبی کرده گل و ژله رویال را نشان می‌دهد. میزان ترکیبات فنلی کرده گل بین 15/48 تا

¹ - N-Hippuryl-His-Leuhydate

² -Angenoteinssin Converting Enzyme

مقایسه با ترکیبات فنلی ژله رویال مورد آزمون در پژوهش حاضر بسیار کمتر است. اختلاف میزان ترکیبات فنلی در این پژوهش در مقایسه با برخی کارهای پژوهشی دیگر را می‌توان در ضرورت به کار گیری آب به عنوان حلال به منظور استخراج ترکیبات فنلی در این پژوهش نسبت داد. چرا که احتمالاً قابلیت استخراج ترکیبات فنلی غیرقطبی در این پژوهش، با حلال قطبی آب، پایین بوده است. لبلانس و همکاران (2009) اعلام کردند در نوع حلال مورد استفاده برای استخراج ترکیبات فنلی، درجه پلیمریزاسیون ترکیبات فنلی گرده گل و ژله رویال و واکنش‌های آنها با هم، فاکتورهای ژنتیکی و مناطق جغرافیایی، تک گل یا چند گل بودن گرده در میزان و نوع ترکیبات فنلی گرده‌ها و ژله رویال مناطق مختلف تاثیرگذار می‌باشد. با توجه به اینکه ژله رویال از هضم مستقیم گرده گل توسط زنبور عسل حاصل می‌شود، از نظر میزان ترکیبات فنلی با یکدیگر قابل مقایسه هستند (بوگدانو، 2014). در این پژوهش نیز مشخص شد که هم در گرده گل و هم در ژله رویال با افزایش غلظت عصاره، میزان ترکیبات فنلی افزایش یافت.

74 میلی گرم اسید گالیک برگرم گرده و میزان ترکیبات فنلی ژله رویال بین 24/9 و 261/87 میلی گرم اسید گالیک بر هر گرم ژله رویال متغیر بود. روند تغییرات میزان ترکیبات فنلی هر دو، با افزایش غلظت عصاره، افزایشی بود و این تغییرات در غلظت‌های 200 تا 1000 میلی گرم بر لیتر معنی‌دار بود. میزان ترکیبات فنلی اندازه‌گیری شده در این پژوهش، با نتایج سایر پژوهشگران مطابقت داشت. به عنوان مثال آلمیدا و همکاران (2016)، میزان ترکیبات فنلی عصاره اتانولی گرده گل را 19/69 میلی گرم گالیک اسید بر گرم گرده گل گزارش کردند. داوود و همکاران (2015)، ترکیبات فنلی عصاره آبی گرده گل دو وارینه خرما را در محدوده 5/4 تا 237/74 و 13/42 تا 197/62 میلی گرم گالیک اسید بر گرم گرده گل گزارش کردند. پاسکوال و همکاران (2013)، میزان ترکیبات فنلی عصاره متانولی هشت نوع گرده تجاری از اسپانیا و پرتغال را در محدوده 18/5 تا 32/15 میلی گرم گالیک اسید بر گرم گرده گل گزارش کردند. لیو و همکاران (2008)، میزان ترکیبات فنلی ژله رویال را در حدود 220 میکرو گرم گالیک اسید بر گرم ژله رویال گزارش کردند که در



شکل 1- میزان ترکیبات فنلی غلظت‌های مختلف عصاره آبی گرده گل و ژله رویال

مهمی را در فرایند اکسایش ترکیبات فنلی تشکیل می‌دهد. ظرفیت دهندگی الکترون (نیروی احیاکنندگی) مرتبط با فعالیت آنتی‌اکسیدانی ترکیبات زیستی می‌باشد (عربشاهی، 2001). در شکل 2 مقایسه

قدرت احیاکنندگی یون آهن سه ظرفیتی

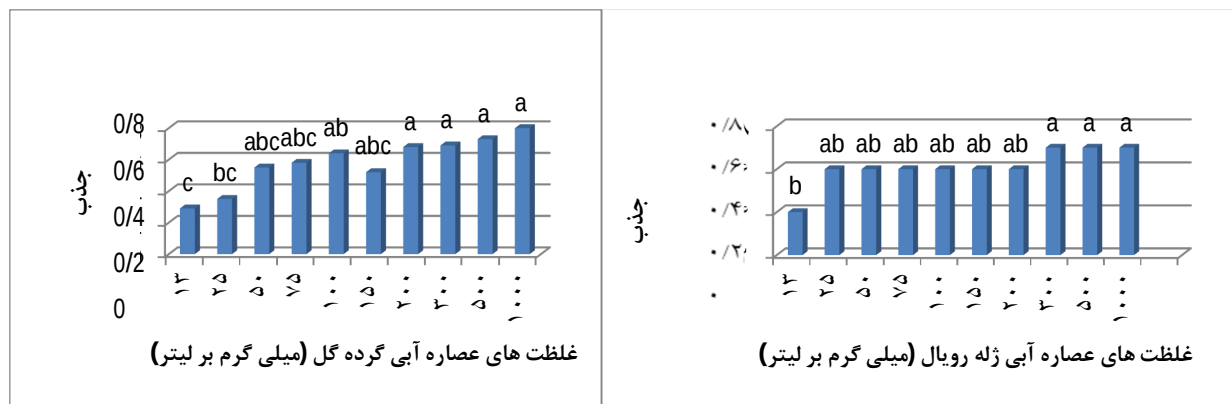
در این روش، احیا یون آهن سه ظرفیتی به عنوان معیاری برای قابلیت الکترون‌دهی ترکیبات فنلی به کار می‌رود. این مسئله، سازوکار

همکاران (2009) نیز تایید کردند. آنها اعلام کردند با افزایش غلظت ترکیبات فنلی عصاره‌های گرده گل، میزان قدرت احیای یون آهن افزایش می‌یابد.

فعالیت مهارکنندگی رادیکال DPPH

شکل 3 نتایج مقایسه میانگین درصد مهارکنندگی رادیکال DPPH در غلظت‌های مختلف عصاره آبی گرده گل و ژله رویال را نشان می‌دهد. در این شکل‌ها مشخص است که کمترین و بیشترین میزان درصد مهارکنندگی رادیکال DPPH در گرده گل 1/05 و 67/33 درصد و در ژله رویال 3/75 و 95/27 درصد بود. روند تغییرات درصد مهارکنندگی رادیکال DPPH در هر دو، با افزایش غلظت عصاره، افزایشی بود؛ به‌طوری که اختلاف در بیشترین غلظت با سایر غلظت‌ها به‌طور قابل توجهی معنی‌دار بود ($P < 0/0005$). سان و همکاران (2007) و کرویر و هگدوس (2001)، و مورایز و همکاران (2011)، نیز گزارش نمودند که فعالیت مهارکنندگی رادیکال آزاد DPPH عصاره‌های فنلی وابسته به غلظت بوده و با

میانگین قدرت احیاکنندگی غلظت‌های مختلف عصاره آبی گرده گل و ژله رویال بر اساس میزان جذب در طول موج 700 مشخص شده است، این نتایج حاکی از آن بود که قدرت احیاکنندگی غلظت‌های مختلف عصاره گرده گل بین 0/29 تا 0/8 و میزان قدرت احیاکنندگی ژله رویال بین 0/74 و 0/77 متغیر بود. روند تغییرات میزان قدرت احیاکنندگی هر دو، با افزایش غلظت عصاره، افزایشی بود، به‌طوری‌که اختلاف‌ها، در غلظت‌های 12/5 و 25 با غلظت‌های بالاتر از 200 و 300 میلی گرم بر لیتر معنی‌دار بود ($P < 0/05$) که با نتایج موریرا و همکاران (2011) مطابقت داشت. اما قدرت احیاکنندگی ژله رویال و گرده گل اختلاف معنی‌دار و مشخصی نداشتند که می‌توان دلیل آن را یکسان بودن نسبی میزان ترکیبات احیاکننده یون آهن، در گرده گل و ژله رویال دانست (بوگدانو، 2014). مورایز و همکاران (2011)، گزارش کردند که کمترین و بیشترین غلظت عصاره فنلی گرده به ترتیب کمترین و بیشترین قدرت احیاکنندگی یون آهن را داشتند و قدرت احیاکنندگی غلظتهای میانی تفاوت معنی‌داری نداشتند. کم شدن قدرت احیاکنندگی یون آهن با کاهش غلظت ترکیبات فنلی عصاره را بلانس و همکاران (2009) و مارقی‌تاش و



شکل 2- قدرت احیاکنندگی غلظت‌های مختلف عصاره آبی گرده گل و ژله رویال

درصد رسید. دلیل بیشتر بودن قدرت مهار رادیکال ژله رویال نسبت به گرده گل را می‌توان به حضور بیشتر پروتئین‌ها و پپتیدهایی در ژله رویال نسبت داد که زنجیره جانبی آنها قابلیت به دام انداختن رادیکال‌های آزاد را دارا هستند. ناگای و اینو (2004) نشان دادند که پروتئین‌های ژله رویال دارای ویژگی آنتی‌اکسیدانی قوی هستند. گیو و همکاران (2005) پپتیدهای آنتی‌اکسیدان را از پروتئین‌های محلول در آب ژله رویال جداسازی و شناسایی کردند.

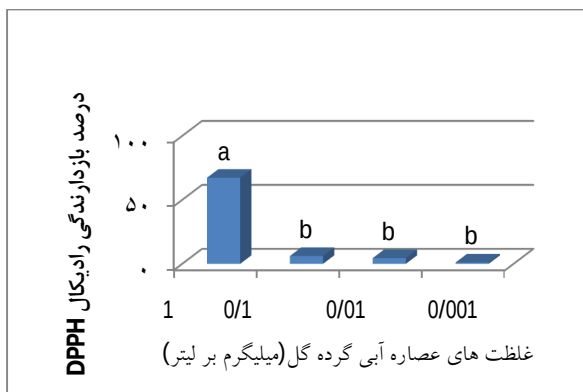
بهینه‌سازی هیدرولیز گرده گل و آزمون‌های آنتی‌اکسیدانی

با توجه به نقاط تعریف‌شده در RSM، آزمون‌های مربوطه انجام

افزایش غلظت اثر مهارکنندگی شدت می‌یابد. لیو و همکاران (2008)، میزان قدرت مهار رادیکال DPPH ژله رویال را 65 درصد گزارش کردند. قدرت مهار رادیکال DPPH بالاترین غلظت ژله رویال مورد آزمون در پژوهش حاضر، 95/27 درصد بود که در مقایسه با گزارش لیو و همکاران (2008) بسیار بالاتر است. این مسئله را می‌توان به تفاوت در میزان ترکیبات فنلی ژله رویال، منطقه جغرافیایی و پروفایل پروتئینی و پپتیدهای آنتی‌اکسیدان موجود در ژله رویال نسبت داد. بین قدرت مهار رادیکال گرده گل و ژله رویال، اختلاف قابل توجهی مشاهده شد. این اختلاف در بالاترین غلظت عصاره‌های گرده گل و ژله رویال به بیشترین مقدار خود، یعنی 28

برای آزمون‌های آنتی‌اکسیدانی احیاکنندگی، مهار رادیکال آزاد DPPH و مهار آنزیم ACE به ترتیب مطابق با جداول 2، 3 و 4 می‌باشد.

شد. نتایج آزمون‌های فعالیت آنتی‌اکسیدانی گرده گل هیدرولیز شده در نقاط مشخص شده با طرح مرکب مرکزی در جدول 1 آورده شده است. در مرحله بعد داده‌های به دست آمده تجزیه و تحلیل شدند. ضرایب رگرسیونی و جدول تجزیه واریانس برای هر یک از پاسخ‌ها



شکل 3- اثر بازدارندگی از رادیکال DPPH در غلظت‌های مختلف عصاره آبی گرده گل و ژله رویال

جدول 1- نتایج آزمون‌های فعالیت آنتی‌اکسیدانی گرده گل هیدرولیز شده با آنزیم آلکالاز در نقاط مشخص شده با طرح مرکب مرکزی

تیما	غلظت آنزیم (%)	زمان (ساعت)	درصد فعالیت مهارکنندگی رادیکال DPPH	قدرت احیاکنندگی (میزان جذب در 700 نانومتر)	فعالیت مهارکنندگی آنزیم ACE
1	2	1	41/93	0/614	35/84
2	1/5	1	27/86	0/708	67/28
3	1	1	34	0/698	42/23
4	2	2/5	49/49	0/688	45/59
5	1/5	2/5	36/34	0/755	72/72
6	1/5	2/5	37/35	0/756	73/72
7	1/5	2/5	36/34	0/755	71/72
8	1/5	2/5	37/35	0/756	74/72
9	1/5	2/5	35/34	0/756	73/27
10	1	2/5	48/23	0/721	40/36
11	2	4	78/46	0/658	49/41
12	1/5	4	59/63	0/701	87/08
13	1	4	78/46	0/641	68/26

$$Y = 0/33195 + 0/06153 X_1 + 0/49947 X_2 - 0/0229 X_{12} - 0/2057 X_{22} + 0/03367 X_1 X_2 \quad (4)$$

نتایج جدول 2 نشان می‌دهد که مدل آماری ارائه شده برای پیش‌بینی اثر متغیرهای آزمایش بر قدرت احیاکنندگی گرده گل هیدرولیز شده توسط آنزیم‌های آلکالاز مناسب می‌باشد ($R^2=0/99$). اثر درجه دوم و اثر متقابل هریک از متغیرها بر روی پاسخ آزمایش، معنی‌دار بود ($P<0/0001$). جهت مناسب بودن مدل برای داده‌های این آزمایش از شاخص عدم برازش مدل استفاده شد که با توجه به نتایج

قدرت احیاکنندگی یون آهن سه ظرفیتی

نتایج مربوط به تجزیه واریانس و ضرایب رگرسیونی برای پاسخ‌های قدرت احیاکنندگی گرده هیدرولیز شده در جدول 2 ذکر شده است. بهترین مدل برای بیان رابطه قدرت احیاکنندگی یون آهن سه ظرفیتی گرده هیدرولیز شده با متغیرهای واکنش، مدل درجه دوم با ضریب تعیین ($R^2=0/99$) می‌باشد. این رابطه در معادله 2 نشان داده شده است که در آنها X_1 و X_2 به ترتیب متغیرهای زمان هیدرولیز و غلظت آنزیم و Y قدرت احیاکنندگی می‌باشد.

شده است. همانطور که در شکل 4 مشخص است، بیشترین قدرت احیاکنندگی تیمارهای هیدرولیز شده با آنزیم آلکالاز، 0/756 بود که مربوط به تیمار هیدرولیز شده با غلظت آنزیم 1/5 درصد و مدت زمان هیدرولیز 2/5 ساعت می‌باشد. در کرده هیدرولیز شده با آنزیم آلکالاز، با افزایش زمان هیدرولیز تا چهار ساعت و غلظت آنزیم تا 2 درصد، روند تغییرات قدرت احیاکنندگی ابتدا افزایشی و سپس کاهشی بود.

این روند افزایشی و سپس کاهشی در قدرت احیاکنندگی را می‌توان به نوع و ماهیت آنزیم پروتئاز آلکالاز و شرایط انجام واکنش، اندوپپتیداز یا اگزوپپتیداز بودن مرتبط دانست. این ویژگی‌ها در نوع پپتیدهای به‌دست‌آمده و اهدای الکترون در احیای یون آهن تاثیرگذار است. آنزیم آلکالاز جزء پروتئازهای سرینی می‌باشد که در جایگاه فعال خود دارای اسیدآمینه سرین است. این آنزیم با حمله نوکلئوفیلی به پیوندهای آمیدی، باعث شکسته شدن پروتئین و تولید پپتید می‌گردد. آلکالاز دارای بازده بالاتر در پیشرفت هیدرولیز و تولید پپتیدهایی با طول زنجیره کوتاه‌تر و ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی مناسب‌تر نسبت به برخی پروتئازهای دیگر است (اویسی‌پور و همکاران، 2009).

جدول، این فرض معنی‌دار نشد ($P > 0/05$). این مسئله بیانگر آن است که مدل به‌خوبی با داده‌های مربوط به قدرت احیاکنندگی کرده هیدرولیز شده تطبیق دارد.

جدول 2- جدول تجزیه واریانس برای فعالیت احیاکنندگی یون آهن

درجه آزادی	ضریب رگرسیون	عدد P
مدل	0/33195	<0/0001
X_1 (زمان)	0/06153	<0/0001
X_2 (غلظت آنزیم)	0/49947	<0/0001
X_1^2	-0/0229	<0/0001
X_2^2	-0/2057	<0/0001
X_1X_2	0/03367	<0/0001
Lack of fitness	0/69	
R^2 - Pred	0/99	
R^2 - Adj	0/99	

نمودار صفحه‌ای اثر زمان و غلظت آنزیم بر روی قدرت احیاکنندگی کرده هیدرولیز شده توسط آلکالاز در شکل 4 نشان داده

Design-Expert® Software

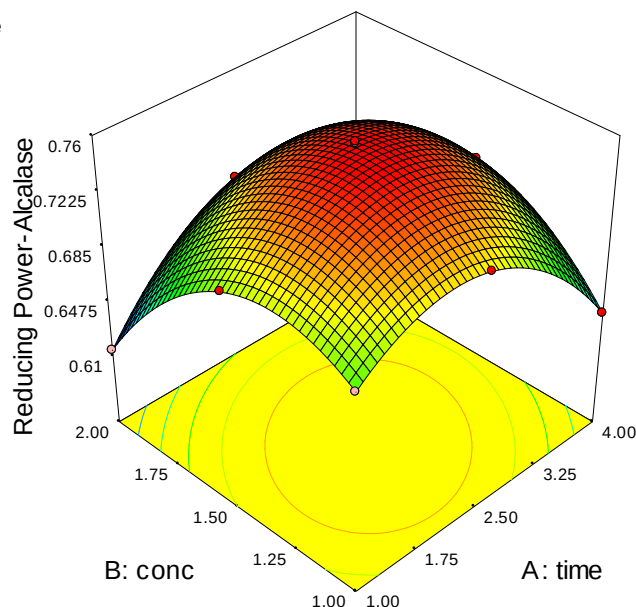
Reducing Power-Alcalase

0.756

0.614

X1 = A: time

X2 = B: conc



شکل 4- نمودار سطحی برای قدرت احیاکنندگی کرده گل هیدرولیز شده در مقابل زمان (ساعت) و غلظت آنزیم آلکالاز (درصد)

آزمایش و نوع آنزیم‌های مورد استفاده، نوع سوسترا و توالی اسیدآمینه پپتیدهایی تشکیل شده، درجه هیدرولیز و طول زنجیره پپتیدی در عملکرد آن در احیای یون آهن موثر است. گئورارد و همکاران (2002)، اعلام کردند با افزایش غلظت آنزیم، میزان تولید پپتیدهایی

لی و همکاران (2008) گزارش کردند که فعالیت آنتی‌اکسیدانی پپتیدهایی با وزن مولکولی 500 تا 1500 دالتون بسیار قوی‌تر از پپتیدهایی با اوزان مولکولی کمتر یا بیشتر از این محدوده می‌باشد. لاسود و همکاران (2015)، اعلام کردند علاوه بر اختلاف در شرایط

$$Y = 109/96 + 6/5022 X_1 - 125/92 X_2 + 2/98299 X_1^2 + 47/3069 X_2^2 - 6/8633 X_1 X_2 \quad (5)$$

نتایج جدول 3 نشان می‌دهد که مدل آماری ارائه شده برای پیش‌بینی اثر متغیرهای آزمایش بر فعالیت مهارکنندگی رادیکال DPPH گرده گل هیدرولیز شده مناسب می‌باشد ($R^2=0/99$). در تمامی تیمارها اثر زمان بر میزان مهار رادیکال DPPH معنی‌دار بود، اما اثر غلظت آنزیم معنی‌دار نبود ($P=0/2709$). همچنین نتایج اثر درجه دوم هریک از متغیرها و اثر متقابل متغیرها را بر روی پاسخ آزمایش معنی‌دار نشان می‌دهد ($P<0/0001$). همچنین جهت مناسب بودن مدل برای داده‌های این آزمایش از آزمون عدم برازش مدل (Lack of fitness) استفاده شد که با توجه به نتایج جدول، این فرض معنی‌دار نشد ($P>0/05$). این مسئله بیانگر آن است که مدل به‌خوبی با داده‌های مربوط به فعالیت مهارکنندگی رادیکال DPPH گرده هیدرولیز شده تطبیق دارد.

آنتی‌اکسیدان افزایش می‌یابد. فعالیت آنتی‌اکسیدانی پپتیدهای تولید شده تا حد زیادی تحت تاثیر ترکیب آمینواسیدهای تشکیل دهنده آنها قرار دارد. به‌عنوان مثال پپتیدهای حاوی آمینو اسیدهای آروماتیک می‌توانند با اهدای الکترون به رادیکال‌های آزاد، باعث تبدیل آنها به فرم پایدار شوند (جی و همکاران، 2008).

فعالیت مهارکنندگی رادیکال DPPH

نتایج مربوط به تجزیه واریانس و ضرایب رگرسیونی برای پاسخ‌های فعالیت مهارکنندگی رادیکال DPPH گرده هیدرولیز شده در جدول 3 ذکر شده است. تجزیه و تحلیل سطح پاسخ نشان می‌دهد که بهترین مدل برای بیان رابطه فعالیت مهارکنندگی رادیکال DPPH گرده هیدرولیز شده با متغیرهای واکنش، مدل درجه دوم با ضریب تعیین ($R^2=0/99$) می‌باشد. این رابطه در معادله 3 نشان داده شده است که در آنها X_1 و X_2 به ترتیب متغیرهای زمان هیدرولیز و غلظت آنزیم و Y قدرت مهارکنندگی رادیکال DPPH می‌باشد.

جدول 3- جدول تجزیه واریانس برای فعالیت مهارکنندگی رادیکال DPPH

درجه آزادی	ضریب رگرسیون	عدد P
مدل	109/96	<0/0001
X_1 (زمان)	6/50228	<0/0001
X_2 (غلظت آنزیم)	-125/92	0/2709
X_1^2	2/98299	<0/0001
X_2^2	47/3069	<0/0001
$X_1 X_2$	-6/8633	<0/0001
Lack of fitness		0/1397
R^2 - Pred	0/99	
R^2 - Adj	0/97	

استفاده از چهار ساعت هیدرولیز آنزیمی پروتئین‌های گرده گل، پپتیدهایی با قابلیت مهار رادیکال DPPH به میزان 46 درصد دست پیدا کردند، در حالیکه در پژوهش حاضر، با چهار ساعت هیدرولیز، قابلیت مهارکنندگی به 78/48 رسید و سپس کاهش یافت. پیشرفت فرایند هیدرولیز منجر به رهاسازی پپتیدهای آنتی‌اکسیدان از زنجیره‌های پروتئینی می‌گردد ولی ادامه فرایند هیدرولیز ممکن است باعث کاهش این فعالیت شود. در این زمینه لاسود و همکاران (2015)، نشان دادند بیشترین قدرت مهار رادیکال DPPH در غلظت‌های 5 میلی‌گرم بر میلی‌لیتر ماهیچه هیدرولیز شده، 51 درصد بود، در حالیکه این میزان در ماهیچه هیدرولیز نشده 25 درصد گزارش شد. این مقدار در مقایسه با مقدار به‌دست‌آمده در این پژوهش پایین‌تر است. آنها بیان کردند پپتیدهایی که دارای کمترین درجه هیدرولیز بود، بالاترین آبگریزی و بالاترین قدرت مهار رادیکال DPPH را از خود نشان

نمودار صفحه‌ای اثر زمان و غلظت آنزیم را بر روی فعالیت مهارکنندگی رادیکال DPPH گرده هیدرولیز شده با آنزیم‌های آلکالاز در شکل 5 نشان داده شده است. همانطور که مشخص است، بیشترین قدرت مهار رادیکال DPPH تیمارهای هیدرولیز شده با آنزیم آلکالاز، 78/48 درصد بود که مربوط به تیمار هیدرولیز شده با غلظت آنزیم 1 درصد و مدت زمان هیدرولیز 4 ساعت می‌باشد. به‌طور کلی در گرده هیدرولیز شده با آنزیم آلکالاز، با افزایش زمان هیدرولیز تا چهار ساعت، روند تغییرات قدرت مهار رادیکال DPPH، ابتدا کاهشی و سپس افزایشی بود. جی و همکاران (2009) که ضایعات ماهی تون را با استفاده از آنزیم آلکالاز هیدرولیز کردند، اعلام داشتند که میزان فعالیت آنزیم آلکالاز با افزایش مقدار آنزیم افزایش یافت. آنها اعلام کردند که پپتیدهای با وزن مولکولی بین 1 تا 3 کیلودالتون بیشترین قدرت مهار رادیکال را دارند. مارینو و همکاران (2010)، با

آمینوپپتیداز و پرولین ایمینوپپتیداز برگ کلم و آمینوپپتیداز نخود، به هیدرولیز پروتئین‌های گرده گل پرداختند و ویژگی‌های مهارکنندگی رادیکال DPPH پپتیدهای به‌دست‌آمده را مورد بررسی قرار دادند. آنها اعلام کردند که میزان مهار رادیکال گرده از 28 درصد قبل از هیدرولیز به ماکزیمم 46 درصد بعد از هیدرولیز افزایش یافت.

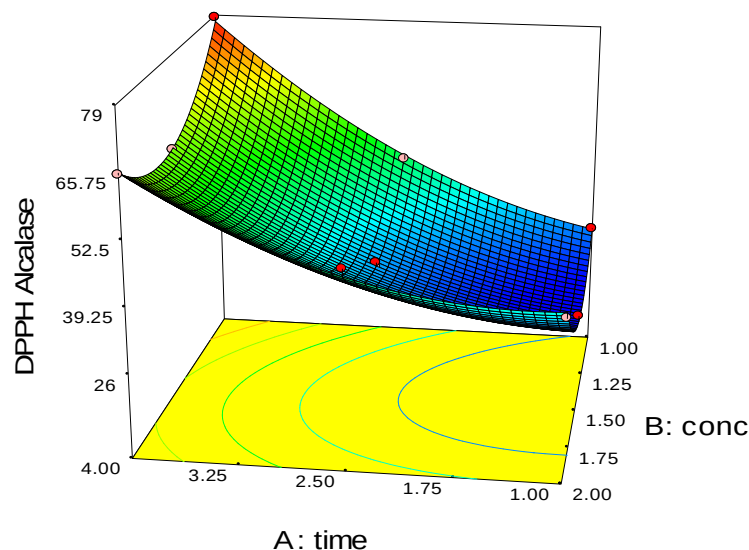
دادند. هیدرولیز آنزیمی بیشتر، باعث کوتاه‌تر شدن زنجیره‌های پپتیدی و افزایش آب‌دوستی آنها شد و کارایی آنها در مهار رادیکال DPPH کاهش یافت. ژانگ و همکاران (2014)، اعلام کردند پپتیدهای با وزن مولکولی کمتر از 1 کیلودالتون بیشترین قدرت آنتی‌اکسیدانی را دارا هستند. مارینوا و تجوربانو (2010)، با استفاده از پروتئیناز و آمینوپپتیدازهای با منشاء گیاهی از جمله بروملائین آناناس،

Design-Expert® Software

DPPH Alcalase



X1 = A: time
X2 = B: conc



شکل 5- نمودار سطحی برای قدرت مهارکنندگی رادیکال DPPH توسط گرده گل هیدرولیز شده در مقابل زمان (ساعت) و غلظت آنزیم آلكالاز (درصد)

شده با آنزیم آلكالاز معنی‌دار بود ($P < 0/0001$). همچنین نتایج، اثر درجه دوم و اثر متقابل هریک از متغیرها را بر روی پاسخ آزمایش معنی‌دار نشان می‌دهد ($P < 0/0001$). همچنین جهت مناسب بودن مدل برای داده‌های این آزمایش از آزمون عدم برازش مدل (Lack of fitness) استفاده شد که با توجه به نتایج جدول، این فرض معنی‌دار نشد ($P > 0/05$). این مسئله بیانگر آن است که مدل به خوبی با داده‌های مربوط به فعالیت مهارکنندگی رادیکال ACE گرده هیدرولیز شده تطبیق دارد.

نمودار صفحه‌ای اثر زمان و غلظت آنزیم را بر روی فعالیت آنزیم ACE گرده هیدرولیز شده با آنزیم‌های آلكالاز در شکل 6 نشان داده شده است. همانطور که مشخص است، بیشترین قدرت مهار ACE تیمارهای هیدرولیز شده با آنزیم آلكالاز، 87/07 بود که مربوط به تیمار هیدرولیز شده با غلظت آنزیم 1/5 درصد و مدت زمان هیدرولیز 4 ساعت می‌باشد. قدرت مهار ACE ژله رویال 64/3 درصد بود. به‌طور واضحی مشخص است هیدرولیز آنزیمی گرده گل با آلكالاز

فعالیت مهارکنندگی آنزیم ACE

نتایج مربوط به تجزیه واریانس و ضرایب رگرسیونی برای پاسخ‌های فعالیت مهارکنندگی آنزیم ACE گرده هیدرولیز شده در جدول 4 ذکر شده است. تجزیه و تحلیل سطح پاسخ نشان می‌دهد که رابطه فعالیت مهارکنندگی آنزیم ACE گرده هیدرولیز شده با متغیرهای واکنش از نوع درجه دوم با ضریب تعیین ($R^2 = 0/99$) می‌باشد. این رابطه در معادله 4 نشان داده شده است که در آنها X_1 و X_2 به‌ترتیب متغیرهای زمان هیدرولیز و غلظت آنزیم و Y قدرت مهارکنندگی آنزیم ACE می‌باشد.

$$Y = 169/981 - 16/3143X_1 + 334/068X_2 + 2/05885X_1^2 - 116/29X_2^2 + 8/4133X_1X_2 \quad (6)$$

نتایج جدول 4 نشان می‌دهد مدل آماری ارائه شده برای پیش‌بینی اثر متغیرهای آزمایش بر فعالیت مهارکنندگی آنزیم ACE گرده گل هیدرولیز شده مناسب می‌باشد ($R^2 = 0/99$). اثر متغیر زمان و غلظت آنزیم بر میزان مهار آنزیم ACE توسط تیمارهای هیدرولیز

منجر به تولید پپتیدهایی شده است که قدرت مهار آنزیم ACE آنها از نظر عددی بالاتر از قدرت مهار آنزیم ژل رویال است.

جدول 4- جدول تجزیه واریانس برای فعالیت مهارکنندگی آنزیم ACE

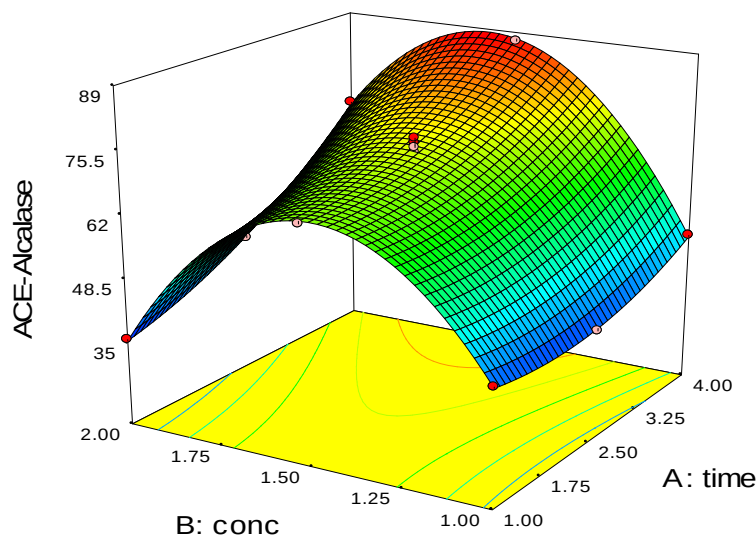
درجه آزادی	ضریب رگرسیون	عدد P
مدل	-169/981	<0/0001
X_1 (زمان)	-16/3143	<0/0001
X_2 (غلظت آنزیم)	334/068	0/0001
X_1^2	2/05885	<0/0001
X_2^2	-116/29	0/0001
X_1X_2	8/41333	<0/0001
Lack of fitness		0/7295
R^2 - Pred	0/99	
R^2 - Adj	0/99	

Design-Expert® Software

ACE-Alcalase



X1 = A: time
X2 = B: conc



شکل 6- نمودار سطحی برای قدرت مهارکنندگی آنزیم ACE توسط گرده گل هیدرولیز شده در مقابل زمان (ساعت) و غلظت آنزیم آلکالاز (درصد)

هیدرولیز شده با چند پروتئاز را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد بیشترین اثر بازدارندگی ACE مربوط به غلظت‌های 5 میلی گرم بر میلی لیتر تیمارهای هیدرولیز شده با آنزیم نوترناز با میزان 87 درصد و بعد از آن مربوط به تیمار هیدرولیز شده با آلکالاز، 84 درصد بود. این مقدار با نتایج به دست آمده در این پژوهش قابل مقایسه بود. نصری و همکاران نشان دادند که قدرت بالای بازدارندگی ACE ماهیچه هیدرولیز شده ارتباط زیادی با حضور پپتیدهای کوتاه زنجیر دارد. در پژوهش حاضر نیز در تیمارهای هیدرولیز شده، بیشترین قدرت بازدارندگی ACE در بیشترین مدت زمان هیدرولیز به دست آمد؛ زیرا

کاسکیوتا و همکاران (2016)، نشان دادند با افزایش مدت زمان هیدرولیز پروتئین آرد سویا با آنزیم کرولاز تا ده ساعت، پپتیدهایی با وزن مولکولی کمتر از 3 کیلوالتون تولید شد و با افزایش مدت زمان هیدرولیز، قدرت بازدارندگی ACE افزایش یافت. جی و همکاران (2009)، بیشترین میزان قدرت بازدارندگی ACE در پروتئین جگر ماهی تن هیدرولیز شده با آنزیم‌های مختلف آلکالاز، نوترناز، فلاورنازیم، پروتئومیکس را 36 درصد گزارش کردند که در مقایسه با بیشترین میزان بازدارندگی در پژوهش حاضر بسیار پایین تر است. لاسود و همکاران (2015)، اثر بازدارندگی ACE ماهیچه‌های

به‌وسیله نرم‌افزار پیش‌بینی شد. این شرایط شامل مدت زمان 3/95 ساعت و غلظت آنزیم 1/5 درصد بود. پیش‌بینی شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی شامل فعالیت مهارکنندگی رادیکال DPPH، قدرت احیاکنندگی و قدرت مهارکنندگی آنزیم ACE به‌ترتیب 59/14 درصد، میزان جذب 0/7 و 87/08 درصد با میزان مطلوبیت 0/91 بود. جهت ارزیابی اعتباری مدل آماری، یک آزمایش اضافه تحت شرایط مذکور انجام شد که در آن فعالیت مهارکنندگی رادیکال DPPH، قدرت احیاکنندگی و قدرت مهارکنندگی آنزیم ACE، به‌ترتیب 57/761 درصد، میزان جذب 0/68 و 86/793 درصد به‌دست آمد. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که میزان پیش‌بینی شده عوامل توسط مدل با مقداری که به‌صورت آزمایشی به‌دست آمده است، تطابق دارد. این شرایط بیانگر آن است که مدل به صورت مناسبی می‌تواند اثر دو متغیر زمان و غلظت آنزیم را بر فعالیت مهارکنندگی رادیکال DPPH، قدرت احیاکنندگی و قدرت مهارکنندگی آنزیم ACE گرده هیدرولیز شده نشان دهد.

نتیجه‌گیری

با انجام عمل هیدرولیز، قدرت مهار رادیکال DPPH از 67/33% در گرده هیدرولیز نشده، به 78/48% در گرده هیدرولیز شده با آلکالاز، و قدرت مهار آنزیم ACE گرده گل، از 15/54% در گرده هیدرولیز نشده، به 87/07% در گرده هیدرولیز شده با آلکالاز، ارتقا پیدا کرد. بنابراین بعد از انجام عمل هیدرولیز، قدرت مهار رادیکال و آنزیم ACE گرده گل، با ژله رویال قابل مقایسه شد. با توجه به اینکه تنها منبع اصلی پروتئینی زنبور برای تهیه ژله رویال، گرده گل است، می‌توان ادعا کرد که با هیدرولیز شدن پروتئین‌های گرده گل، تا حدی می‌توان آنها را به پپتیدهای موجود در ژله رویال نزدیک کرد.

پس از سپری شدن مدت زمان طولانی‌تر، پپتیدهای کوتاه زنجیرتر تشکیل می‌گردند. اما به‌طور کلی تفاوت در میزان بازدارندگی ACE ممکن است به دلیل تفاوت در ویژگی آبریزی - آبدوستی پپتیدها، وزن مولکولی و ترتیب اسید آمینه در پپتیدهای حاصله باشد. میزان بالای ویژگی آبدوستی بودن پپتیدها باعث می‌شود قابلیت دسترسی آنها به جایگاه فعال آنزیم ACE کاهش یابد؛ بنابراین وجود تعادل در ویژگی آبدوستی - آبریزی پپتیدها بسیار حائز اهمیت است. کتاری و همکاران (2014)، نشان دادند میزان بازدارندگی 200 میکروگرم بر میلی‌لیتر پروتئین هیدرولیز شده ماهی 80/5 درصد و بود که مقدار آن، با توجه به غلظت پروتئین هیدرولیز شده مورد استفاده، با بیشترین مقادیر بازدارندگی ACE در پژوهش حاضر قابل مقایسه است. همچنین آنها اعلام کردند که بالاترین میزان بازدارندگی ACE مربوط به پپتیدهایی بود که ویژگی آبریزی بالایی داشتند، زیرا پپتیدهای آبریز جاذبه بیشتری به قرارگیری در مکان فعال آنزیم ACE از خود نشان دادند. به‌طور کلی مشخص شد که بعد از انجام عمل هیدرولیز، قدرت مهار آنزیم ACE گرده گل، به مقدار قابل توجهی از قدرت مهار آنزیم ACE ژله رویال بیشتر شد. این مسئله نشان می‌دهد که قدرت مهار آنزیم ACE ژله رویال، مربوط به پروتئین‌ها و پپتیدهایی است که به‌طور طبیعی در ژله رویال وجود دارند. بالاتر بودن قدرت مهار آنزیم ACE در گرده‌های هیدرولیز شده در شرایط آزمایشگاه، نسبت به ژله رویال را می‌توان به تولید پپتیدهای زنجیر کوتاه تر با ویژگی آبریزی - آبدوستی مناسب، وزن مولکولی کمتر و ترتیب اسید آمینه‌های خاصی که در شرایط هیدرولیز آزمایشگاهی حاصل شده‌اند، نسبت داد (نصری، 2013).

ارزیابی اعتبار مدل آماری

شرایط بهینه برای فعالیت آنتی‌اکسیدانی پروتئین هیدرولیز شده

منابع

- Almeida, J. F., Reis, A. S., Heldt, L. F. S., Pereira, D., Bianchin, M., Moura, C., Plata-Oviedo, M. V., Haminiuk, C. W.I., Ribeiro, I. S., Luz, C. F. P. And Carpes, S. T. 2016. Lyophilized bee pollen extract: A natural antioxidant source to prevent lipid oxidation in refrigerated sausages. *LWT - Food Science and Technology*, 71, 1-7.
- Arabshahi, S., Ardestani, A., Yazdanparast, R. 2001. Quantitative assessment of antioxidant properties of natural colorants and phytochemicals: carotenoids, flavonoids, phenols and indigoids. The role of B-carotene in antioxidants functions. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 81, 559- 568.
- Bogdanov, S. 2014. Royal Jelly, Bee Brood: Composition, Health, Medicine: A Review. *Bee Product Science*, 28 (3), 118-153.
- Bougatef, A.; Hajji, M.; Balti, R. 2009. Antioxidant and free radical – scavenging activities of smooth hound muscle protein hydrolysates obtained by gastro intestinal proteases. *Journal of food chemistry*, 1198-1255.
- Coscuela, R. F., Amorim, M. M., Voss, G. B., Nerli, B. B., Picó, G. A., Pintado, M. A. 2016. Bioactive properties of peptides obtained from Argentinian defatted soy flour protein by Corolase PP hydrolysis. *Food Chemistry*, 198, 36–44.
- Daoud, A., Malika, D., Bakari, S., Hfaiedh, N., Mnafgui, K. Kadri, A., Gharsallah, N. 2015. Assessment of polyphenol composition, antioxidant and antimicrobial properties of various extracts of Date Palm Pollen (DPP) from two Tunisian cultivars. *Arabian Journal of Chemistry*, 48, 437-447.

- Deshpande, S., Chryan, M., Salunkhe, D. 1987. Tanin analysis of food products. Critical review in food nutrition, 24, 41- 49.
- Guerar, F., Guimas, I., Binet, A. 2002. Production of tuna waste hydrolysates by a commercial neutral protease preparation. *Journal of Molecular catalysis B: Enzymatic*, 19, 489-498.
- Guo, H., Ekusa, A., Iwai, K., Yonekura, M., Takahara, Y., Morimatsu, F. 2009. Royal jelly peptides inhibit lipid peroxidation in vitro and in vivo. *Journal of Natural Science and Vitaminology*, 54, 191-195.
- Guo, H., Kozuma, Y., & Yonekura, M. 2005. Isolation and properties of antioxidative peptides from water-soluble royal jelly protein hydrolysate. *Food Science Technology Research*, 11, 222-230.
- Hmidet, N., Balti, R., Nasri, R., Sila, A., Bougatef, A., Nasri, M. 2011. Improvement of functional properties and antioxidant activities of cuttlefish (*Sepia officinalis*) muscle proteins hydrolyzed by *Bacillus mojavenis* A21 proteases. *Food Research International*, 44, 2703-2711.
- Je, J. Y., Lee, M. H., Lee, K. h. Ahn, C. B. 2009. Antioxidant and hypertensive protein hydrolysates produced from tuna liver by enzymatic hydrolysis. *Food Research International*, 42, 1266-1272.
- Kawashima, K., Itoh, H., Miyoshi, M., & Chibata, I. 1979. Antioxidant properties of branched-chain amino acid derivatives. *Chemical Pharmacological Bulletin*, 27, 1912-1916.
- Khantaphant, S., Benjakul, S. 2008. Comparative study on the proteases from fish pyloric caeca and the use for production of gelatin hydrolysate with antioxidative activity. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 151, 110-115.
- Kishimura, H., Benjakul, S. 2011. Antioxidative and ACE inhibitory activities of protein hydrolysates from the muscle of brownstripe red snapper prepared using pyloric caeca and commercial proteases. *Process Biochemistry*, 318-327.
- Klompong, V., Benjakul, S., Kantachote, D., Shahidi, F. 2007. Antioxidative activity and functional properties of protein hydrolysate of yellow stripe trevally. *Food chemistry*, 102 (13), 17-27.
- Kroyer, G., Hegedus, N. 2001. Evaluation of bioactive properties of pollen extracts as functional dietary food supplement. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2, 171-174.
- Ktari, N., Nasri, R., Mnafigui, K., Hamden, K., Belguith, O., Boudaouara, T., Feki, A., Nasri, M. 2014. Antioxidative and ACE inhibitory activities of protein hydrolysates from zebra blenny (*Salaria basilisca*) in alloxan-induced diabetic rats, 5113 (14), 73-77.
- Lassoued, I., Mora, L., Nasri, R., Aydi, M., Toldrá, F., Aristoy, M., C., Barkia, A., Nasri, M. 2015. Characterization, antioxidative and ACE inhibitory properties of hydrolysates obtained from thornback ray (*Raja clavata*) muscle. *Journal of Proteomics*.
- Leblanc, B. W., Davis, O. K., Boue, S., DeLucca, A., Deeby, A. 2009. Antioxidant activity of Sonoran Desert bee pollen. *Food Chemistry*, 115, 1299-1305.
- Liu, J. R., Yang, Y. C., Shi, L.S., Peng, C. C. 2008. Antioxidant properties of royal jelly associated with larval age and time of harvest. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 56 (23), 11447-11452.
- Mao, W. Y., Cheng, X., Wang, X., Wu, S. I. 2011. Free-radical-scavenging and anti-inflammatory effect of yak milk casein before and after enzymatic hydrolysis. *Food Chemistry*, 126 (2011), 484-490.
- Marghitas, L. A., Stanciu, O. G., Dezmiorean, D. S., Bobis, O., Popescu, O., Bogdanov, S., Campos, M. S., 2009. In vitro antioxidant capacity of honeybee-collected pollen of selected floral origin harvested from Romania. *Food Chemistry*, 115, 878-883.
- Marinova, M., Tchobanov, P. 2010. Preparation of Antioxidant Enzymatic Hydrolysates from Honeybee-Collected Pollen Using Plant Enzymes. *Enzyme Research*, 41, 5949-50.
- Matsuoka, T., Kawashima, T., Nakamura, T., Kanamaru, Y., Yabe, T. 2012. Isolation and characterization of proteases that hydrolyze royal jelly proteins from queen bee larvae of the honeybee, *Apis mellifera*. *Apidologie*, 43, 685-697.
- Morais, M., Moreira, L., Feás, X., Estevinho, L.M. 2011. Honeybee-collected pollen from five Portuguese natural parks: Palynological origin phenolic content antioxidant properties and antimicrobial activity. *Food and Chemical Toxicology*, 49, 1096-1101.
- Nagai, T., Inoue, R., Suzuki, N., Myoda, T., Nagashima, T. 2005. Antioxidative ability in a linoleic acid oxidation system and scavenging abilities against active oxygen species of enzymatic hydrolysates from pollen *Cistus ladaniferus*. *International Journal of Molecular Medicine*, 15(2), 259-63.
- Nagai, T., & Inoue, R. 2004. Preparation and the functional properties of water extract and alkaline extract from royal jelly. *Food Chemistry*, 84, 181-186.
- Nasri, R., Younes, I., Jridi, M., Trigui, M., Bougatef, A., Arroume, N., Dhulster, P., Nasri, M., Châabouni, M.K., 2013. ACE inhibitory and antioxidative activities of Goby (*Zosterisessor ophiocephalus*) fish protein hydrolysates: Effect on meat lipid oxidation. *Food Research International*, 54, 552-561.
- Pascoal, A., Rodrigues, S., Teixeira, A., Feás, X., L, M. Estevinho. 2013. Biological activities of commercial bee pollens: antimicrobial, antimutagenic, antioxidant and anti-inflammatory. *Food and Chemical Toxicology*.
- Salampessy, J., Reddy, N., Kailasapathy, K., Phillips, M. 2015. Functional and potential therapeutic ACE-inhibitory

- peptides derived from bromelain hydrolysis of trevally proteins. *Journal of Functional Foods*, 14, 716-725.
- Sun, L., Powers, J. R., and Tang, J. 2007. Evaluation of antioxidant activity of asparagus, broccoli and their juices. *Food Chemistry*, 105, 101- 106.
- Villanueva, A., Vioque, J., Sánchez-Vioque, R., Clemente, A., Pedroche, J., Bautista, J., Millán, F. 1999. Peptide Characteristics of Sunflower Protein Hydrolysates. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 76, 1455-1460.
- Wiriaphan, C., Chitsomboon, B., Yongsawadigul, J. 2012. Antioxidant activity of protein hydrolysates derived from threadfin bream surimi byproducts. *Food Chemistry*, 132, 104-111.
- Zhang, M., Mu, T.-H., & Sun, M.-J. (2014). Purification and identification of antioxidant peptides from sweet potato protein hydrolysates by Alcalase. *Journal of Functional Foods*, 7, 191–200.



Optimization of production of bioactive peptides through the enzymatic hydrolysis of bee pollen protein by Alcalase and comparison with the royal jelly

A. Maqsoodlou, A. Sadeghi Mahoonak^{*2}, M. Ghorbani², F. Toldra³

Received: 2016.11.21

Accepted: 2017.04.22

Introduction: Bee pollen, commonly referred as the “life-giving dust”, results from the agglutination of flower pollens with nectar using salivary substances of the honeybees (Almeida-Muradian *et al.*, 2005). Pollen contains 10 to 40% protein, 1 to 13% lipid, 13 to 55% carbohydrates and 2 to 6% minerals. Royal Jelly is produced by enzymatic digesting of bee pollen by proteases and other natural enzymes. Based on dry weight, it contains 27-41% protein, 30% carbohydrates, 8-19% lipids, minerals, trace elements and some vitamins (Sabatini *et al.*, 2009; Wytrychowski *et al.*, 2013). The antioxidant properties of royal jelly and bee pollen, are related to main proteins and phenolic compounds and flavonoids (Nagai and Inue, 2004). The antioxidant activity of peptides can be evaluated using DPPH, radicals scavenging activity, Ferric reducing, Ferrous chelating activity (Khantaphant *et al.*, 2011). Antioxidant and ACE inhibitory activity of pollen, royal jelly and peptides were investigated by different researchers (Bogdanov, 2014; Morais *et al.*, 2011; Salampessy *et al.*, 2015; Marinova and Tchobanov, 2010; Wiriyaphan *et al.*, 2012). The objective of present research was optimization of enzymatic hydrolysis of bee pollen protein by Alcalase according to its antioxidant and ACE inhibitory activity compared to royal jelly.

Materials and methods: The preparation of the bee pollen extract was performed by mixing the bee pollen with water (1:10) (w/v). The macerates were filtered and centrifuged at 12000 g. The obtained supernatant was lyophilized. The royal jelly extract were prepared using method described by Liu *et al.*, 2008. The total phenolic content of the extracts was recorded using the Folin–Ciocalteu method (Moreira *et al.*, 2008). DPPH radical-scavenging activity was determined as described by Bersuder, Hole, and Smith (1998). The ability of the hydrolysate to reduce iron (III) was determined according to the method of Bougatef *et al.* (2008). Bee pollen was added and homogenized with 5 volumes of distilled water. pH and temperature of the solution were adjusted to pH=8 and 50°C. Alcalase in the concentration range of 1 to 2% w/w were added to the pollen protein solution. Enzymatic hydrolysis performed during different times 2 to 5 hours. Hydrolysis was stopped by heating at 80°C for 10 min. The hydrolysates were centrifuged at 4000x g for 30 min to remove the residue. The supernatants were pooled and then lyophilized (Matsuoka *et al.*, 2012). DPPH radical scavenging ability and reducing power of pollen hydrolysates of pollen hydrolysates were measured. Also ACE-inhibitory activity of pollen hydrolysates was measured was assayed by method reported by Nakamura *et al.* (1995). Statistical analysis of results before hydrolysis was done by SPSS. Optimization of enzymatic hydrolysis was done by Response Surface Methodology (RSM) in Design Expert software.

Results and discussion: Total phenol value measured for pollen ranged between 48.15 to 174 mg Gallic acid/g for royal jelly ranged from 9.24 to 87.261 mg Gallic acid/g. Considering that royal jelly is obtained by direct digestion of pollen, the amounts of their phenolic compounds were comparable (Bogdanov, 2014). Phenolic compounds increased by increasing concentration royal jelly and pollen extract in dose dependent manner. Increasing concentrations of royal jelly in range of 300 to 1000 mg/l was more effective than pollen ($p<0.05$). Different concentrations of pollen and royal jelly extracts showed various reducing between 0.29 to 0.8 and 0.74 and 0.77, respectively. The lowest and highest DPPH radical scavenging were 1.05 and 67.33 in pollen

1 and 2. PhD student and Associate Professor, Department of Food Science & Technology, Food Chemistry, Gorgan university of agricultural sciences and natural resources, Iran.

3. Professor -Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos (CSIC), Avenue Agustín Escardino 7, 46980 Paterna, Valencia, Spain.

(*Corresponding author Email: sadeghiaz@gmail.com)

and 3.75 and 95.27 in royal jelly, respectively. DPPH radical scavenging of pollen and royal jelly increased significantly by increasing concentration of extracts ($p < 0.05$). There was a significant difference in DPPH radical scavenging of extracts using the highest concentrations of them ($p < 0.05$). DPPH radical scavenging of phenolic extracts was increased by increasing their concentration. Royal jelly demonstrated more DPPH radical scavenging activity than pollen that was attributed to its proteins and peptides and their side chains.

The highest reducing power was 0.756 that obtained in samples hydrolyzed by Alcalase 1.5 % and hydrolysis time 2.5 hours. The highest scavenging power of DPPH radicals, in samples hydrolyzed by Alcalase 1% for 4 hours, was 78.48%. The highest ACE inhibitory activity, in samples hydrolyzed by Alcalase 1.5% for 4 hours, was 87.07%. Results showed radical scavenging power of pollen increased from 67.33% to 78.48% and ACE inhibitory activity of pollen increased from 15.54% to 87.07% by hydrolysis. After hydrolysis, radical scavenging power and ACE inhibitory activity of pollen was partly comparable with Royal Jelly. Because the pollen protein is the only source of royal jelly protein, it is possible to simulate the peptides constitute of Royal Jelly by hydrolysis of pollen proteins.

Key words: Angenoteinssin Converting Enzyme, bee pollen, royal jelly, antioxidant activity, Alcalase, bioactive peptides, optimization.

تاثیر خمیر ترش و آنزیم آلفا آمیلاز بر خواص کیفی نان تست

رویا نجات بخش¹ - سارا موحد^{2*} - حسین احمدی چناربن³

تاریخ دریافت: 1395/10/24

تاریخ پذیرش: 1396/04/03

چکیده

استفاده از برخی افزودنی‌ها نظیر خمیر ترش و آنزیم‌ها می‌تواند در بهبود کیفیت نان‌ها بسیار موثر واقع شوند. در تحقیق حاضر تاثیر آنزیم آلفا آمیلاز و خمیر ترش لاکتیکی بر خواص کیفی نان‌های تست مورد بررسی قرار گرفت. سطوح مصرفی شامل 0/01 و 0/03 درصد آنزیم آلفا آمیلاز همچنین 4 و 6 درصد خمیر ترش لاکتیکی بودند. بررسی نتایج نشان داد که افزودن آنزیم آلفا آمیلاز و خمیر ترش لاکتیکی سبب افزایش میزان رطوبت، فیبر، خاکستر و کاهش میزان چربی و پروتئین در نمونه‌های حاوی افزودنی‌های مذکور نسبت به نمونه شاهد می‌گردد ضمن آنکه افزودن مواد مذکور سبب بهبود ویژگی‌های حسی نان‌های تولیدی شد به نحوی که توانست قابلیت جویدن، تناسب شکل، عطر و بو، بافت و رنگ پوسته را نسبت به نمونه شاهد بهبود بخشد و بیاتی حسی و دستگاہی را کاهش دهد. سایر نتایج نیز نشان داد که کاربرد آنزیم آلفا آمیلاز و خمیر ترش لاکتیکی بر بهبود ویژگی‌های رنگ‌سنجی، حجم‌سنجی و بافت‌سنجی نان‌های تولیدی در مقایسه با نمونه شاهد تاثیر معنی‌داری دارد. در نهایت با توجه به نتایج آزمون‌های به‌عمل آمده، تیمار M4 که دارای بیشترین مقادیر آنزیم آلفا آمیلاز و خمیر ترش لاکتیکی بود به‌عنوان بهترین تیمار در تحقیق حاضر معرفی شد.

واژه‌های کلیدی: آلفا آمیلاز، خمیر ترش لاکتیکی، نان تست، خواص کیفی.

مقدمه

بهبود کیفیت پخت، بسته‌بندی نان و استفاده از برخی افزودنی‌ها و بهبوددهنده‌ها بسیار موثر است. همچنین از افزودنی‌ها و بهبوددهنده‌های مهم می‌توان به انواع نشاسته‌های ژلاتینه، پنتوزان‌ها، چربی‌ها، امولسیفایرها، آنزیم‌ها به‌خصوص آلفا آمیلاز و برخی هیدروکلوئیدها اشاره نمود (Movahhed, 2012). استفاده از خمیر ترش لاکتیکی به‌عنوان یک عامل ورآورنده، یکی از قدیمی‌ترین فرآیندهای بیوتکنولوژیکی بوده که در تولید مواد غذایی مورد استفاده قرار گرفته است. خمیر ترش عبارت از خمیری است که توسط لاکتوباسیلوس‌ها و مخمرها ایجاد شده و دارای بیش از 5×10^8 cfu/g باکتری‌های لاکتیکی با سوخت و ساز فعال با pH کمتر از 4/5 می‌باشد. با استفاده از خمیر ترش لاکتیکی در تولید نان، امکان رسیدن خمیر فراهم گشته، خصوصیات خمیر، بافت، عطر و طعم نان حاصل در مقایسه با نان به عمل آمده با مخمر نانوائی بهبود خواهد یافت. همچنین با افزودن خمیر ترش، زمان ماندگاری نان بیشتر و از بروز کپک‌زدگی و فساد طنابی در نان جلوگیری می‌شود (موحد 1390). تخمیر اولیه خمیر احتمالاً توسط مخلوطی از مخمرها و باکتری‌های اسید لاکتیک طبیعی موجود در آرد صورت می‌گیرد. علاوه بر

نان تست متعلق به گروه نان‌های حجیم بوده و در ایران، به‌خصوص در سال‌های اخیر از پر مصرف‌ترین نان‌های حجیم محسوب می‌شود. کیفیت نان‌های حجیم به قابلیت پخت آرد مصرفی، زمان تخمیر، میزان پروتئین و نوع مواد افزودنی آن بستگی دارد. به‌علاوه قابلیت پخت آرد، به‌طور عمده تابع ویژگی‌های آرد، نوع اقدامات صنعتی، روش تهیه و مراحل آماده‌سازی خمیر می‌باشد (موحد، 1390). نان و محصولات نانوائی معمولاً پس از فرآیند پخت، دستخوش تغییرات فیزیکوشیمیایی مختلفی می‌شوند که در مفهوم کلی آنها را بیاتی می‌نامند. به تاخیر انداختن بیاتی یکی از مسائل مهم صنایع پخت بوده و از جنبه اقتصادی حائز اهمیت می‌باشد. به‌علاوه بیاتی فرآیندی است که طی آن ویژگی‌های ظاهری و باطنی، بو، طعم و مزه، عطر و قابلیت جویدن نان تغییر می‌کند و نتیجه این تغییرات، کهنه شدن و یا به عبارت دیگر عدم تازگی نان می‌باشد (Ravi et al., 2000). برای به تاخیر انداختن بیاتی نان، به‌کارگیری خمیر ترش لاکتیکی و یا اعمال روش‌هایی نظیر بهبود روش‌های تهیه خمیر،

(*-نویسنده مسئول: Email: movahed@iauvaramin.ac.ir)
DOI: 10.22067/ifstrj.v0i0.61783

1 و 2- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد ورامین - پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران.
3- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد ورامین - پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران.

مخمرهای طبیعی موجود در غلات، اغلب مخمر نانویی نیز برای تسریع فرآیند تخمیر اضافه می‌شود. عوامل مختلفی نظیر دما، بازده خمیر، مقدار و نوع ترکیب کشت آغازگر بر کیفیت خمیرترش لاکتیکی موثر می‌باشد (Arendt et al., 2007). کیفیت نان‌های حاوی خمیرترش لاکتیکی بستگی به کیفیت میکروبی ثابت و پایداری خمیرترش لاکتیکی مصرف شده در آن دارد. توانایی تخمیر مطلوب خمیرترش لاکتیکی تحت تاثیر عواملی نظیر فلور میکروبی (باکتری‌های لاکتیک اسید و مخمرها)، نوع آرد (گندم و چاودار)، درجه استحصال آرد، فعالیت آنزیمی آرد، بازدهی خمیر (نسبت آرد به آب)، متغیرهای فرآیند (از قبیل دما، pH اولیه، میزان آغازگر و زمان تخمیر) و نوع سامانه تولیدی (پیوسته/ غیر پیوسته) قرار می‌گیرد. باکتری‌های خمیرترش لاکتیکی تقریباً بدون استثناء از نوع باکتری‌های اسید لاکتیکی جنس *Lactobacillus* می‌باشند و نقش آنها در خمیر نان تولید اسید، گاز دی‌اکسید کربن و ایجاد مواد معطر می‌باشد (Katina et al., 2004). خمیرترش لاکتیکی به سه طریق تهیه می‌شود که شامل تخمیر خود به خودی، افزودن مقادیر کمی خمیرترش لاکتیکی رسیده (اسپانچ مادر) و افزودن کشت آغازگر معین می‌باشد. هم‌اکنون اغلب خمیرترش‌های لاکتیکی مورد استفاده در تولید نان گندم و چاودار، توسط افزودن مقادیری از خمیرترش لاکتیکی رسیده یا اسپانچ مادر تهیه می‌شوند اما تمایل به استفاده از کشت‌های آغازگر معین نیز در حال افزایش است. عطر و طعم نان و سایر فرآورده‌های غلات، از ویژگی‌های کیفی مهم است که مصرف‌کننده‌ها در انتخاب محصول به آن توجه می‌کنند. طعم نان گندم بستگی به ماهیت مواد خام، شرایط تخمیر و فرآیند پخت آن و طعم مغز نان به نوع آرد و واکنش‌های آنزیمی به عمل آمده در نتیجه تخمیر با مخمر و خمیر ترش لاکتیکی بستگی دارد، حال آنکه طعم پوسیده نان بیشتر تحت تاثیر واکنش‌های حرارتی به عمل آمده طی فرآیند پخت قرار می‌گیرد. همچنین فعالیت پروتئولیز ناشی از تخمیر خمیرترش لاکتیکی، در توسعه طعم مطلوب نان‌های حاوی خمیرترش لاکتیکی در مقایسه با نان‌های اسیدی شده شیمیایی یا تهیه شده با مخمر نانویی نقش به‌سزایی دارد. البته برخی ترکیبات موثر در ایجاد طعم نامطلوب نان شامل برخی اسیدهای آلی، الکل‌ها، استرها و کربنیل‌ها می‌باشد. به‌علاوه، در اثر فعالیت آنزیم پروتئاز در هنگام تخمیر لاکتیکی، آمینواسیدها آزاد می‌شوند که توسط مخمرها مصرف شده و یا آنکه در طول پخت به ترکیبات آروماتیک تبدیل می‌گردند. یکی دیگر از افزودنی‌ها به منظور بهبود خواص محصولات نانویی، آنزیم‌ها هستند. ترکیباتی از آرد که به‌وسیله تاثیر آنزیم اصلاح می‌شوند، شامل نشاسته، پروتئین، پنتوزان‌ها و به میزان کمتر چربی‌ها می‌باشند. آنزیم آمیلاز روی نشاسته، آنزیم پروتئاز روی پروتئین، آنزیم پنتوزاناز روی پنتوزان و آنزیم سلولاز روی سلولز موثر هستند. خاصیت معمول آنزیم‌های آمیلاز حمله‌وری به سوبسترای نشاسته می‌باشد. این آنزیم‌ها قادرند

نشاسته آسیب دیده یا ژلاتینه شده را هیدرولیز کنند اما روی گرانول‌های نشاسته سالم بی‌تاثیر هستند. هیدرولیز آنزیمی نشاسته به‌وسیله هر دو آنزیم آلفا آمیلاز و بتا آمیلاز کاتالیز می‌شود. مکانیسم فعالیت آلفا آمیلاز، به شکل اندوآنزیم بوده و نتیجه هیدرولیز آن، دکسترین، الیگوساکارید و دی‌ساکارید مالتوز می‌باشد. بتا آمیلاز یک اگزوآنزیم بوده و نتیجه هیدرولیز آن تولید مالتوز و دکسترین می‌باشد. آلفا آمیلاز (آلفا-۱،۴-گلوکان-4-گلوکانوهیدرولاز²) در گیاهان بافت‌های پستانداران و برخی میکروارگانیسم‌ها یافت می‌شود. آنزیم مذکور روی ترکیبات نشاسته‌ای تاثیر می‌گذارد و تولید قندهای احیاکننده می‌نماید. چگونگی فعالیت، خصوصیات و محصولات تجزیه شده آن به منبع آنزیم بستگی دارد. فعالیت آلفا آمیلاز روی آمیلوز نشاسته طی عملیات دومرحله‌ای صورت می‌گیرد. ابتدا، تجزیه سریع آمیلوز به مالتوز و مالتوتریوز رخ می‌دهد. این مرحله به‌صورت تصادفی روی نشاسته صورت می‌گیرد. مرحله دوم، خیلی کندتر از مرحله اول انجام می‌پذیرد که شامل تجزیه کند الیگوساکاریدها همراه با تشکیل گلوکز و مالتوز به‌عنوان محصول نهایی می‌باشد. تجزیه آمیلوپکتین توسط آلفا آمیلاز منجر به تولید گلوکز، مالتوز، دکسترین‌ها و الیگوساکاریدهای دارای 4 مولکول گلوکز و یا بیشتر می‌شود (Reed, 2012). فعالیت آلفا آمیلازی علاوه بر نقش ضدبیاتی، سبب بهبود خصوصیات الاستیکی بافت نیز می‌شود. همچنین در صورت افزودن این آنزیم، افزایش حجم در قرص نان بیشتر گردیده، ساختار پوسته بهبود می‌یابد، در نتیجه شاهد یک پوسته و بافت نرم‌تر خواهیم بود و آنزیم آلفا آمیلاز بدلیل ایجاد قندهای قابل استفاده برای مخمرها و کمک به تولید گاز بیشتر در خمیر سبب بهبود و افزایش حجم نان می‌گردد. هدف اصلی از غنی‌سازی آرد با آنزیم‌های آمیلاز، ایجاد موادی است که قابلیت تخمیر داشته باشند که عمدتاً شامل مالتوز از نشاسته می‌باشد و مالتوز تولیدی تحت فعالیت مالتاز به گلوکز تبدیل می‌شود که دارای قابلیت تخمیری است. همچنین غنی‌سازی آرد با آلفا آمیلاز، سبب افزایش حجم نان شده که البته این نتیجه بیشتر از فعالیت آلفا آمیلازهای قارچی، مالتی و باکتریایی حاصل می‌گردد (Kim et al., 2006). رحیمی و همکاران (1394) در پژوهشی تاثیر ساده و متقابل بهبوددهنده‌های اسیدی (اسید لاکتیک، اسید استیک و اسید سیتریک) را در سه سطح (صفر، 0/25 و 0/5 درصد) بر بیاتی نان بربری مورد بررسی قرار دادند. باگذشت 24 ساعت از پخت نان تنها تاثیر لاکتیک اسید بر صفت بیاتی معنی‌دار بود. همچنین 48 ساعت پس از پخت، سطوح متفاوت لاکتیک اسید و سیتریک اسید، تاثیر معنی‌داری بر بیاتی نان داشتند (رحیمی و همکاران، 1394). اکبریان میمند و همکاران (1394) تاثیر خمیرترش بر کیفیت نان بربری را مورد مطالعه قرار دادند. هدف از پژوهش، بررسی ویژگی‌های کیفی در نان‌های بربری تولید شده توسط مخمرها و لاکتوباسیل‌های جداسازی شده از

آلفا آمیلاز به کیفیت آرد و درجه استخراج آن بستگی دارد. فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز در آرد کامل بیشتر بوده و می تواند حین تخمیر میزان مالتوز اولیه را 10 تا 15 برابر افزایش دهد لذا باکتریهای اسید لاکتیک بیشتری تولید خواهد کرد همچنین توانایی برخی از انواع این باکتری ها جهت تولید اگزوپلی ساکاریدها به اثبات رسیده است که قابلیت بالقوه ای در به تاخیر انداختن بیاتی دارند (Coreestti et al., 1998). از سوی دیگر انحلال آرابینوگزیلان ها در طی تخمیر خمیر ترش ممکن است سبب کاهش بیاتی نان شود آنها همانند پنتوزان ها مانع از اثر متقابل گلو تن - نشاسته به عنوان عامل اصلی بیاتی می شوند (Katina, 2005). حال ا توجه به موارد مطرح شده هدف از تحقیق حاضر بررسی تأثیر خمیر ترش و آنزیم آلفا آمیلاز بر خواص کیفی نان تست از لحاظ ویژگی های فیزیکی شیمیایی، بیاتی، حجم و حسی بود.

مواد و روش ها

ابتدا مواد اولیه جهت انجام فرآیند پخت نان های تست شامل آرد گندم 78% (اتحاد کرج، ایران)، مارگارین (مهل، ایران)، بهبوددهنده های 04 و 05 (ثمین نان سحر، ایران)، مخمر نانویی خشک فعال ساکاروما یسس سرویزیه (گل مایه، ایران)، شکر (هدیه، ایران)، آنزیم آلفا آمیلاز قارچی (هلند، Breatec) و خمیر ترش لاکتیکی پودری شکل لاکتوباسیلوس پلاتناروم (نان آوران، ایران) تهیه شدند. تیمارها شامل نان های تست متشکل از آرد گندم به همراه سطوح متفاوتی از خمیر ترش لاکتیکی (4 درصد و 6 درصد) و آنزیم آلفا آمیلاز قارچی (0/01 و 0/03 درصد وزنی آرد) بودند. در ادامه تیمارهای تحقیق در جدول 1 ارایه شده است.

تولید نان تست

در تحقیق حاضر در ابتدا آزمون های شیمیایی روی آرد گندم 78% صورت پذیرفت. سپس مواد اولیه خمیر نان تست شامل آرد گندم 78% (1 کیلوگرم)، شکر (2-1 درصد وزنی آرد)، نمک (2/2-1/8 درصد)، روغن (6-3 درصد)، مخمر (2-1/5 درصد)، آنزیم آلفا آمیلاز (0/01 و 0/03 درصد)، خمیر ترش لاکتیکی در سطوح (4 و 6 درصد وزنی آرد) جهت انجام فرآیند پخت نان تست که نوعی نان حجیم است، تهیه و توزین شدند. آنگاه خمیر مورد نظر در مخلوط کن (Habert, Germany) تهیه گردید. خمیرهای تولیدی پس از استراحت اولیه به مدت 15-10 دقیقه، پهن، آنگاه لوله شدند. سپس خمیرهای لوله شده (وزن تقریبی 580 گرم) در قالب مستقر گردیدند. در نهایت خمیرهای حاصل، جهت تخمیر نهایی، در کابین تخمیر با دمای 35 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی 80 درصد قرار داده شدند و آماده پخت گردیدند. درجه حرارت پخت در ابتدای فر معادل 240 درجه سلسیوس و در انتهای آن برابر 220 درجه سلسیوس بود و مدت زمان

خمیر ترش های بومی ایران بود. در پژوهش مذکور، خمیر ترش باعث افزایش تخلخل در نمونه ها و کاهش روند بیاتی شد. علاوه بر این، نتایج مربوط به ارزیابی حسی نشان داد که خمیر ترش موجب ایجاد رنگی طلایی مناسب در نمونه ها و افزایش قابلیت جویدن، نرمی و بهبود بافت نمونه ها شده است (اکبریان میمند و همکاران، 1394). مرتضوی و همکاران (1394) مدل سازی قوام خمیر ترش و ارزیابی تأثیر آن بر ویژگی های نان حاصل از آردهای ایرانی به عنوان تابعی از شرایط تخمیر کشت آغازگر اختصاصی را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج حاصل نشان داد که شرایط تخمیر بر قوام خمیر ترش حاصل از آردهای مورد استفاده در مقایسه با آغازگر دیگر و نمونه شاهد، تأثیر معنی داری دارد. همچنین نمونه های فرآوری شده با آرد بربری در مقایسه با سایر آردها دارای مقادیر گسترش پذیری بیشتری بودند. بیشترین میزان حجم مخصوص نیز در نان فرآوری شده با خمیر ترش دارای لاکتوباسیلوس پلاتناروم در مقادیر بیشینه دما، هنگام استفاده از آرد بربری بدست آمد اما روند تغییرات سفتی بافت، عطر و طعم نان های خمیر ترشی از الگوی معینی پیروی نکرد (مرتضوی و همکاران، 1394). موحد و همکاران (2011) تأثیر کاربرد روش خمیر ترش مایع را روی بازدهی خمیر، بازدهی نان و خصوصیات حسی نان لواش ایرانی مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج حاصل از بررسی نشان داد که تمامی روش های خمیر ترش، منجر به بازدهی بیشتر خمیر و نان در مقایسه با تیمارهای شاهد گردید. همچنین نتایج ویژگی های حسی نان های تولیدی نشان داد که تفاوت معنی داری بین تیمارهای مورد آزمون وجود دارد به طوریکه نمونه خمیر ترش کوتاه مدت با 1 ساعت تخمیر، به عنوان بهترین تیمار معرفی گردید (Movahed et al., 2011). هالیم و همکاران (2015) به بررسی بهینه سازی استخراج آنزیم آمیلاز از دانه های یولاف و تأثیر آن بر خصوصیات نان پرداختند. به کارگیری روش سطح پاسخ منجر به تعیین شرایط بهینه گردید. تحت این شرایط، راندمان تولید آمیلاز 91 U/g بود. فعالیت حداکثر آن در pH معادل 5/6 و دمای 55 درجه سلسیوس حاصل شد. نتایج حاصل از بکارگیری آنزیم مذکور در فرمولاسیون نان سبب بهبود ویژگی های حسی و خصوصیات بافتی نان های تازه و نگهداری شده گردید. به علاوه نتایج حاصل از بررسی ریز ساختار نان نشان داد که خصوصیات پختی نان و همچنین ظاهر میکروسکوپی و ماکروسکوپی آن بهبود یافته است (Halima et al., 2015). کاتینا و همکاران تأثیر سینرژیستی خمیر ترش و آنزیم ها را در به تاخیر انداختن بیاتی نان مورد بررسی قرار دادند. طبق نتایج، خمیر ترش با تنظیم فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز آرد میزان هیدرولیز نشاسته را نیز تغییر داد که در کاهش کریستالیزه شدن نشاسته و کاهش بیاتی موثر بود (Katina et al., 1998). به طور کلی عامل اصلی موثر بر تنظیم مقدار اسیدیته در تخمیر حاصل از خمیر ترش، مقدار کربوهیدرات های قابل تخمیر است که خود تحت تأثیر فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز قرار می گیرد. فعالیت آنزیم

پخت معادل 40-35 دقیقه در نظر گرفته شد (بی نام، 1378). نان‌های بسته‌بندی و تحت آزمون‌های فیزیکو شیمیایی قرار گرفتند. تولیدی پس از حدود 30 دقیقه خنک شدن، در کیسه‌های پلی اتیلنی

جدول 1- تیمارهای مورد آزمون در تحقیق

کد تیمار	نوع تیمار
C	نان تست فاقد خمیر ترش لاکتیکی و آنزیم آلفا آمیلاز، شاهد
S1	نان تست حاوی 4 درصد خمیر ترش لاکتیکی بر حسب وزن آرد
S2	نان تست حاوی 6 درصد خمیر ترش لاکتیکی بر حسب وزن آرد
A1	نان تست حاوی 0/01 درصد آنزیم آلفا آمیلاز بر حسب وزن آرد
A2	نان تست حاوی 0/03 درصد آنزیم آلفا آمیلاز بر حسب وزن آرد
M1	نان تست حاوی 0/01 درصد آنزیم آلفا آمیلاز و 4 درصد خمیر ترش لاکتیکی بر حسب وزنی آرد
M2	نان تست حاوی 0/03 درصد آنزیم آلفا آمیلاز و 4 درصد خمیر ترش لاکتیکی بر حسب وزنی آرد
M3	نان تست حاوی 0/01 درصد آنزیم آلفا آمیلاز و 6 درصد خمیر ترش لاکتیکی بر حسب وزنی آرد
M4	نان تست حاوی 0/03 درصد آنزیم آلفا آمیلاز و 6 درصد خمیر ترش لاکتیکی بر حسب وزنی آرد

خصوصیات فیزیکو شیمیایی

آزمون‌های شیمیایی مختلفی نظیر اندازه‌گیری رطوبت (طبق استاندارد بین‌المللی AACC به شماره 44-16)، خاکستر (AACC به شماره 08-01)، پروتئین (AACC به شماره 46-12)، چربی (AACC به شماره 30-10)، فیبر (AACC به شماره 32-10) و pH (AACC به شماره 52-2) بر روی نمونه‌های آرد گندم همچنین بر روی نان‌های تست تولید شده انجام گردید. همچنین برای تعیین میزان سفتی بافت داخلی نان به روش دستگاهی، با استفاده از دستگاه بافت‌سنج (M350-10CT، آلمان)، از روش استاندارد AACC به شماره 74-30 استفاده شد. این آزمون در فواصل زمانی یک تا سه روز پس از پخت نان‌ها در سه تکرار انجام گرفت به این ترتیب که نمونه‌ها به‌طور جداگانه داخل کیسه‌های پلاستیکی در دمای محیط نگهداری شدند و سپس جهت ارزیابی توسط دستگاه بافت‌سنج، از قسمت مغز آنها برش‌هایی در ابعاد تقریبی 2 x 2 سانتی‌متر جدا گردید. مقادیر نیرو (مقدار نیرویی که باید فک بالایی دستگاه به نمونه وارد کند) معادل 40 درصد ضخامت نمونه‌های نان در نظر گرفته شد به گونه‌ای که نمونه‌ها را 8 میلی‌متر فشرده نمود. همچنین میزان سرعت حرکت فک بالایی، 30 میلی‌متر در دقیقه تنظیم گردید. قابل توجه این که در این آزمون از پروب صفحه‌ای استفاده شد (Anonymous, 2003). برای اندازه‌گیری حجم از روش جایگزینی حجم با دانه‌های کلزا (روش هنری سایمون) مطابق با استاندارد AACC به شماره 72-10 استفاده شد. از سوی دیگر آنالیز رنگ مغز و پوسته نان در فاصله زمانی 2 ساعت پس از پخت، از طریق تعیین سه شاخص L^* ، a^* و b^* به کمک دستگاه هانتربل انجام شد و پارامترهای فوق اندازه‌گیری شدند.

ویژگی‌های حسی (ارگانولپتیکی) نان

به‌منظور ارزیابی ویژگی‌های ارگانولپتیکی نمونه‌های نان تست، از

تجزیه و تحلیل خصوصیات نان با کاربرد حواس پنجگانه استفاده گردید. ملاک عمل، نظر و تمایل شخصی افراد متخصص و آموزش دیده نسبت به محصول بود. در این تحقیق، نمونه نان‌ها پس از خنک شدن، کدگذاری شدند و توسط 10 ارزیاب آموزش دیده مورد بررسی قرار گرفتند. ارزیابی در روز اول پخت، بر اساس ویژگی‌های نان (حجم، رنگ مغز نان، ویژگی پوسته، تناسب شکل، قابلیت جویدن، بافت، عطر و بو، طعم و مزه و یکنواختی پشت، قابلیت جویدن، بافت، شکستگی و پارگی، حفره‌دار بودن و رنگ پوسته) صورت پذیرفت که هر یک بنا بر اهمیت، از امتیاز خاصی برخوردار بودند. آزمون بیانی به روش حسی در فواصل زمانی 24، 48 و 72 ساعت پس از پخت در کلیه نمونه‌های نان تست انجام گردید. برای این منظور نمونه‌های نان تست در کیسه‌های پلی‌اتیلنی به‌صورت جداگانه قرار گرفتند و پس از کدگذاری در دمای محیطی اتاق، کنار هم قرار داده شدند. پس از آن، تمامی نمونه به داوران جهت ارزیابی حسی داده شدند (Anonymous, 2003).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آزمایش (غیر از آنالیز داده‌های مربوط به بیانی نمونه‌های نان به روش حسی و دستگاهی که با استفاده از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد) از طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن، در سطح احتمال $\alpha=1\%$ و توسط نرم‌افزار SPSS نسخه 16 صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

خصوصیات شیمیایی آرد

نتایج مربوط به آزمون‌های شیمیایی انجام شده بر روی آرد گندم مصرفی به منظور تولید نان‌های تست در جدول 2 نشان داده شده است.

خصوصیات شیمیایی نمونه‌های نان تست

نتایج مقایسه میانگین تاثیر مقادیر مختلف آنزیم آلفا آمیلاز و خمیر ترش لاکتیکی بر ویژگی‌های شیمیایی نمونه‌های نان تست در جدول 3 نشان داده شده است.

جدول 2- ویژگی‌های شیمیایی آرد گندم مصرف شده در تولید نان تست

نوع ماده	رطوبت (%)	خاکستر (%)	پروتئین (%)	چربی (%)	pH	گلوتن مرطوب (%)
آرد گندم	11/194	0/47	11/26	0/954	5/73	28/1

جدول 3- نتایج مقایسه میانگین داده‌های حاصل از آزمون‌های شیمیایی انجام شده بر روی نمونه‌های نان تست

تیمار*	رطوبت (%)	خاکستر (%)	pH	پروتئین (%)	چربی (%)	فیبر (%)	حجم مخصوص (میلی لیتر بر گرم)
C	33/13± 0/30 ^h	0/72±0/01 ⁱ	6/68±0/01 ^a	12/60±0/06 ^a	5/96±0/02 ^a	0/10±0/01 ^g	0/25 ^f
A1	33/43±0/31 ^g	0/74±0/02 ^h	6/53±0/02 ^b	12/57±0/02 ^b	5/82±0/03 ^b	0/11±0/01 ^f	0/26 ^e
A2	34/13±0/07 ^e	0/85±0/01 ^g	6/53±0/01 ^b	12/50±0/06 ^c	5/72±0/02 ^c	0/14±0/01 ^d	0/26 ^e
S1	34/00±0/20 ^f	0/94±0/01 ^f	6/53±0/01 ^b	12/47±0/06 ^d	5/82±0/02 ^b	0/13±0/01 ^e	0/27 ^d
S2	35/70±0/48 ^d	1/01±0/02 ^e	6/50±0/02 ^e	12/47±0/02 ^d	5/57±0/07 ^d	0/14±0/01 ^d	0/28 ^c
M1	35/71±0/45 ^d	1/04±0/01 ^d	6/52±0/01 ^c	12/40±0/02 ^e	5/51±0/03 ^e	0/15±0/01 ^c	0/27 ^d
M2	37/90±0/11 ^b	1/07±0/01 ^c	6/51±0/02 ^d	12/40±0/06 ^e	5/31±0/04 ^g	0/16±0/01 ^b	0/28 ^c
M3	36/76±0/25 ^c	1/10±0/03 ^b	6/51±0/02 ^d	12/30±0/06 ^f	5/50±0/034 ^f	0/15±0/01 ^c	0/29 ^b
M4	38/08±0/15 ^a	1/51±0/02 ^a	6/44±0/01 ^f	12/26±0/06 ^g	4/91±0/036 ^h	0/17±0/01 ^a	0/30 ^a

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال 1 درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.
* به جدول 1 مراجعه شود.

رطوبت

با توجه به جدول 3، تیمار M4 دارای بیشترین و تیمار C (شاهد) دارای کمترین مقدار رطوبت در مقایسه با سایر تیمارها بودند ضمن آنکه بین دو تیمار مذکور و سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده شد ($p \leq 0.01$). طبق نتایج، کاربرد آنزیم آلفا آمیلاز و خمیر ترش لاکتیکی سبب افزایش میزان رطوبت نان‌های حاصل در مقایسه با نمونه‌های شاهد گردید. علت نتیجه حاصل آن است که آنزیم آلفا آمیلاز، به وسط مولکول‌های آمیلوز و آمیلوپکتین حمله‌ور گردید و باعث تبدیل نشاسته به دکسترین شد. به عبارت دیگر هیدرولیز نشاسته توسط آنزیم مذکور سبب تولید آب آزاد در خمیر شد که این امر موجب افزایش درصد رطوبت نان‌های حاصل گردید. در ضمن با افزودن خمیر ترش به آرد از طریق مکانیسم‌هایی نظیر تولید اگزوپلی ساکاریدها و افزایش تولید پنتوزان‌ها، میزان جذب آب توسط آرد افزایش یافت (Whitehurst & Oort, 2010). نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیقات گلشن تفتی و همکاران (2013) همخوانی داشت که بیان نمودند افزودن خمیر ترش در سطوح 3، 6، 9 و 15 درصد به آرد، سبب افزایش میزان جذب آب توسط آرد می‌گردد.

همچنین با افزایش سطوح مصرف پودر خمیر ترش، میزان جذب آب روند صعودی نشان داد (گلشن تفتی و همکاران، 2013).

خاکستر

با توجه به جدول 3، تیمار M4 از بیشترین اما تیمار C (شاهد) از کمترین مقدار خاکستر در مقایسه با سایر تیمارها برخوردار بودند ضمن آنکه بین دو تیمار مذکور و سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید ($p \leq 0.01$). به عبارتی کاربرد آنزیم آلفا آمیلاز و خمیر ترش لاکتیکی سبب افزایش میزان خاکستر نان‌های حاصل در مقایسه با نمونه‌های شاهد گردید. در پاسخ به علت نتیجه حاصل می‌توان گفت که با مصرف آنزیم آلفا آمیلاز و خمیر ترش لاکتیکی تولید انواع دکسترین‌ها و ستر انواع اگزوپلی ساکاریدها افزایش یافت. از سوی دیگر به دلیل وجود اسیدهای لاکتیک، اسید استیک و برخی اسیدهای آمینه نیز میزان خاکستر افزایش نشان داد (Katina, 2005). موحد و همکاران (1391) نیز در تحقیقات خود نشان دادند که استفاده از صمغ‌ها و خمیر ترش موجب افزایش میزان رطوبت، خاکستر، بهبود ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر و کاهش میزان بیانی نمونه‌های حاصل در مقایسه با نمونه شاهد می‌گردد (موحد و همکاران، 1391).

pH

طبق جدول 3، تیمار C (شاهد) از بیشترین و تیمار M4 از کمترین مقادیر pH برخوردار بودند. ضمن آنکه بین دو تیمار مذکور اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید ($p \leq 0.01$). قابل توجه این که مصرف آنزیم آلفاآمیلاز و خمیرترش لاکتیکی سبب تفاوت معنی‌دار در میزان pH نمونه‌های نان تست حاصل در مقایسه با نمونه شاهد گردید. دلیل آن است که باکتری‌های خمیرترش با تولید اسید لاکتیک و اسید استیک و سایر اسیدها باعث اسیدی کردن محیط و کاهش pH شدند. آنزیم آلفاآمیلاز نیز با تولید متابولیت‌هایی نظیر دکستروز، سبب افزایش مواد موثره تخمیر شده گردید که این مواد مجدداً منجر به کاهش pH شد (موحد، 1390). گلشن تفتی و همکاران (2013) در تحقیقات خود بیان کردند که کاربرد پودر خمیر ترش آماده شده به روش اسپری درآیینگ، تاثیر معنی‌داری بر افزایش اسیدیته، گسترش خمیر و خصوصیات رئولوژیکی خمیرهای تولیدی دارد.

پروتئین

با توجه به جدول 3، تیمار C (شاهد) حاوی بیشترین و تیمار M4 حاوی کمترین مقدار پروتئین در مقایسه با سایر تیمارها بودند. ضمن آنکه بین دو تیمار مذکور و سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده شد ($p \leq 0.01$). علت نتیجه حاصل شده آن است که فعالیت پروتئولیتیکی باکتری‌های لاکتیک اسید موجود در خمیرترش سبب تجزیه پروتئین‌ها به‌ویژه گلوتن به اسیدهای آمینه آزاد شد که این امر موجب کاهش میزان پروتئین‌ها و رقت پروتئین گلوتن نان‌ها گردید (Loponden et al., 2004).

چربی

طبق جدول مقایسه میانگین 3، تیمار C (شاهد) از بیشترین مقدار چربی و تیمار M4 از کمترین مقدار آن در مقایسه با سایر تیمارها برخوردار بودند. ضمن آنکه بین دو تیمار مذکور و سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید ($p \leq 0.01$). به عبارت دیگر مصرف آنزیم آلفاآمیلاز و خمیر ترش لاکتیکی سبب تفاوت معنی‌دار در میزان چربی نمونه‌های نان تست در مقایسه با نمونه شاهد گردید زیرا باکتری‌های اسید لاکتیک خمیر ترش با دارا بودن آنزیم‌های لیپاز سبب هیدرولیز چربی نمونه‌های نان گردید که این امر باعث کاهش میزان چربی در نمونه‌های نان تست در مقایسه با شاهد شد. به علاوه آنزیم آلفاآمیلاز با هیدرولیز نشاسته و تولید آب آزاد، سبب افزایش میزان رطوبت نان‌های حاصل گردید و از آنجائیکه همواره رطوبت با میزان چربی رابطه معکوس دارد لذا میزان چربی نمونه‌های نان‌های حاوی آنزیم آلفاآمیلاز و خمیرترش لاکتیکی کاهش نشان داد (Katina, 2005). پریسیلا و همکاران (2012) در تحقیقات خود عنوان نمودند که افزودن آنزیم ترانس گلوتامیناز و آمیلاز سبب کاهش میزان چربی در

محصولات تولیدی می‌گردد (Pricilla et al., 2012).

فیبر

با توجه به نتایج حاصل از جدول 3، تیمار M4 دارای بیشترین مقدار فیبر اما تیمار C (شاهد) دارای کمترین مقدار آن در مقایسه با سایر تیمارها بودند. ضمن آنکه بین دو تیمار مذکور و سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید ($p \leq 0.01$). به عبارت دیگر مصرف آنزیم آلفاآمیلاز و خمیرترش لاکتیکی سبب ایجاد تفاوت معنی‌دار در میزان فیبر نمونه‌های نان تست تولید شده در مقایسه با نمونه شاهد گردید. به‌طور کلی تخمیر توسط خمیرترش سبب افزایش میزان پنتوزان‌ها و کاهش اندازه مولکولی آنها می‌شود و همچنین سبب افزایش حلالیت فیبرهای نامحلول مثل بتاگلوکان‌ها می‌گردد. همچنین به‌تولید ترکیبات اگزوپلی‌ساکاریدها می‌انجامد هرچند مکانیسم دقیق این عمل مشخص نیست ولی احتمالاً در اثر کاهش pH چنین واکنش‌هایی روی می‌دهد و موجب افزایش درصد فیبر نمونه‌ها می‌گردد (Katina et al., 2005). نتایج حاصل با نتایج تحقیقات لاکاز و همکاران (2007) تطابق داشت که عنوان نمودند دکستران‌ها، پلی‌ساکاریدهای فیبری داخل سلولی باکتریایی هستند که توسط باکتری‌های اسید لاکتیک تولید می‌شوند و منجر به تولید محصولات غنی از فیبر می‌گردند ضمن آن که از شاخص گلیسمیک پایین برخوردار هستند (Lacaze et al., 2007).

حجم مخصوص

طبق جدول 3، تیمار M4 از بیشترین مقدار حجم نان و تیمار C (شاهد) از کمترین مقدار صفت مذکور در مقایسه با سایر تیمارها برخوردار بودند ضمن آنکه بین دو تیمار مذکور و سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید ($p \leq 0.01$). به عبارت دیگر مصرف آنزیم آلفاآمیلاز و خمیرترش لاکتیکی سبب ایجاد تفاوت معنی‌دار در مقدار حجم نمونه‌های نان تست در مقایسه با نمونه شاهد گردید. دلیل افزایش حجم نمونه‌ها بعد از افزودن آنزیم آلفاآمیلاز، تولید گاز دی‌اکسیدکربن بیشتر می‌باشد زیرا آنزیم آلفاآمیلاز سبب هیدرولیز نشاسته و شکستن زنجیره‌های آمیلوز و آمیلوپکین و تبدیل آن‌ها به زیر ساختارهای دی‌ساکارید می‌گردد که سبب رشد بهتر مخمرها و تولید گاز دی‌اکسیدکربن در خمیر و افزایش حجم نان‌ها می‌شود (Lacaze et al., 2007).

رنگ

نتایج مقایسه میانگین تاثیر مقادیر مختلف آنزیم آلفاآمیلاز و خمیرترش لاکتیکی بر ویژگی‌های رنگ نمونه‌های نان تست در جدول 4 نشان داده شده است.

L* (درخشندگی)

طبق جدول مقایسه میانگین 4، تیمار M4 از بیشترین امتیاز درخشندگی (L*) اما تیمار C (شاهد) از کمترین مقدار آن در مقایسه با سایر تیمارها برخوردار بودند ($p \leq 0.01$). به عبارت دیگر مصرف آنزیم آلفا آمیلاز و خمیر ترش لاکتیکی سبب ایجاد تفاوت معنی دار در امتیاز درخشندگی نمونه های نان تست در مقایسه با نمونه شاهد گردید. علت آن است که در اثر پخت نان تغییراتی در رنگ پوسته نان اتفاق می افتد که این تغییرات عمدتاً مربوط به واکنش های مایلارد (واکنش میان قندهای احیا کننده و گروه آمینی پروتئین ها) و واکنش کاراملیزه شدن (برهمکشی میان قندها) می باشد. نتیجه چنین واکنش هایی، ایجاد رنگ قهوه ای - طلایی و درخشندگی در پوسته نان می باشد. همچنین استفاده از برخی ترکیبات، نظیر ترکیبات پروتئینی،

آنزیم ها و ترکیبات قندی در فرمول تهیه نان می تواند بر شدت رنگ پوسته موثر باشد (Lazaridou et al., 2007). همچنین نتایج به دست آمده از تحقیق نشان داد که استفاده از آنزیم آلفا آمیلاز باعث هیدرولیز پلی ساکارید نشاسته به واحدهای کوچکتری مانند دکستروزین شده و با وقوع واکنش مایلارد طی پخت سبب بروز تغییراتی در روشنایی پوسته یا افزایش مولفه رنگی L* در نمونه های نان تست تولیدی نسبت به نمونه شاهد شده است. نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیقات Mandala و همکاران (2007) و موحد و همکاران (2013) مطابقت داشت که بیان کردند اضافه نمودن صمغ های گوار و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز و آنزیم به نان، موجب افزایش میزان روشنایی L* پوسته در مقایسه با نمونه شاهد می گردد (Movahhed et al., 2013; Mandala et al., 2007).

جدول 4- نتایج مقایسه میانگین داده های حاصل از آزمون های رنگ سنجی انجام شده بر روی نمونه های نان تست

تیمار*	L*	a*	b*
C	57/11±1/24 ^h	9/42±1/01 ^a	37/63±1/02 ^a
A1	58/01±1/19 ^g	8/28±0/69 ^b	36/72±0/84 ^b
A2	59/07±1/73 ^e	7/78±1/11 ^c	36/38±1/01 ^d
S1	59/05±0/61 ^f	7/78±1/25 ^c	36/50±0/64 ^c
S2	59/05±1/96 ^f	7/68±1/75 ^d	35/01±0/93 ^e
M1	61/07±0/67 ^d	7/10±0/64 ^e	34/98±0/56 ^f
M2	61/29±1/33 ^b	5/50±0/57 ^g	32/03±0/87 ^h
M3	61/20±1/16 ^c	6/65±0/44 ^f	34/35±1/12 ^g
M4	61/89±1/91 ^a	5/30±1/26 ^h	30/00±1/02 ⁱ

در هر ستون میانگین هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال 1 درصد اختلاف معنی دار ندارند.
* به جدول 1 مراجعه شود.

a* (قرمزی)

طبق جدول مقایسه میانگین 4، تیمار C (شاهد) از بیشترین امتیاز رنگی a* (قرمزی) و تیمار M4 از کمترین مقدار آن صفت در مقایسه با سایر تیمارها برخوردار بودند. ضمن آنکه بین دو تیمار مذکور و سایر تیمارها اختلاف معنی دار مشاهده شد ($p \leq 0.05$). به عبارت دیگر مصرف آنزیم آلفا آمیلاز و خمیر ترش لاکتیکی سبب ایجاد تفاوت معنی دار در امتیاز a* نمونه های نان تست در مقایسه با نمونه شاهد گردید. علت نتیجه حاصل آن است که در اثر پخت نان تغییراتی در رنگ پوسته نان اتفاق می افتد که این تغییرات مربوط به انجام واکنش های مایلارد و واکنش کاراملیزه شدن می باشد که نتیجه چنین واکنش هایی ایجاد رنگ روشن و درخشنده و کاهش رنگ های قرمز و زرد در نان می باشد. ماندالا و همکاران (2007) نیز در تحقیقات خود عنوان کردند که کاربرد آنزیم به همراه صمغ سبب کاهش امتیاز a* در محصولات تولیدی در مقایسه با نمونه شاهد می شود (Mandala et al., 2007).

b* (زردی)

با توجه به جدول مقایسه میانگین 4، تیمار C (شاهد) از بیشترین امتیاز رنگی b* (زردی) و تیمار M4 از کمترین امتیاز صفت مذکور در مقایسه با سایر تیمارها برخوردار بودند ضمن آنکه بین دو تیمار مذکور و سایر تیمارها اختلاف معنی دار مشاهده گردید ($p \leq 0.01$). به عبارتی مشخص گردید که مصرف آنزیم آلفا آمیلاز و خمیر ترش لاکتیکی سبب ایجاد تفاوت معنی دار در میزان امتیاز رنگی b* در نمونه شاهد در مقایسه با نمونه های نان تست می شود. دلیل این امر در راستای دلایل مطرح شده برای ویژگی a* نان های تولیدی یعنی انجام واکنش های مایلارد و واکنش کاراملیزه شدن می باشد (مجدوبی و همکاران، 1390).

تأثیر متقابل تیمار * زمان بر میزان بیاتی به روش دستگاهی در نمونه‌های نان تست حاوی مقادیر مختلف آنزیم آلفا آمیلاز و خمیر ترش لاکتیکی طی 24 و 48 و 72 ساعت پس از پخت

نتایج مقایسه میانگین تأثیر متقابل (مقادیر مختلف آنزیم آلفا آمیلاز و خمیر ترش لاکتیکی * زمان) بر امتیاز بیاتی به روش دستگاهی در نمونه‌های نان تست در جدول 5 ارائه شده است.

با توجه به جدول مقایسه میانگین 5، تیمار M4 و M3 از کمترین میزان امتیاز بیاتی اما تیمار C (شاهد) از بیشترین امتیاز مذکور در هر سه بازه زمانی در مقایسه با سایر تیمارها برخوردار بودند. ضمن آنکه بین تیمارهای مذکور و سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید ($p \leq 0.01$). در بیاتی نان، میزان گلوتن و نسبت آن با نشاسته بسیار تأثیرگذار است و در طول دوره نگهداری نان به دنبال کاهش انرژی سینتیک نان، میزان پیوندهای عرضی افزایش و شدت می‌یابند. به عبارت دیگر نان سفت‌تر و بیات‌تر می‌شود ولی در صورت استفاده از آنزیم آلفا آمیلاز و خمیر ترش، به علت کاهش قدرت تورم نشاسته و ممانعت از تشکیل پیوندهای عرضی بین پروتئین و گلوتن، میزان سفتی و بیاتی نان کمتر می‌شود (رجب‌زاده، 1389). مکانیسم آلفا آمیلاز و خمیر ترش سبب تازه تر ماندن تیمار M4 پس از 24، 48 و 72 ساعت از زمان پخت نسبت به نمونه شاهد شد. صادقی و همکاران (2007) در تحقیقات خود عنوان کردند که استفاده از خمیر ترش سبب افزایش ماندگاری و بهبود خواص حسی نان‌های بربری در مقایسه با نمونه شاهد می‌گردد (صادقی و همکاران، 2007).

ویژگی‌های حسی

نتایج مقایسه میانگین تأثیر مقادیر مختلف آنزیم آلفا آمیلاز و خمیر ترش لاکتیکی بر ویژگی‌های حسی نمونه‌های نان تست در جدول 6 نشان داده شده است.

با توجه به جدول 6، تیمارهای M4 و M3 از بیشترین امتیاز ویژگی حسی پوسته و بدون تفاوت معنی‌دار با یکدیگر اما تیمار C (شاهد) از کمترین امتیاز ویژگی مذکور در مقایسه با سایر تیمارها برخوردار بودند. ضمن آنکه بین تیمارهای مذکور و سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید ($p \leq 0.01$). به عبارت دیگر مصرف آنزیم آلفا آمیلاز و خمیر ترش لاکتیکی سبب ایجاد تفاوت معنی‌دار در امتیاز ویژگی حسی پوسته در نمونه‌های نان تست در مقایسه با نمونه شاهد گردید. علت نتیجه حاصل شده حضور آنزیم آلفا آمیلاز و هیدرولیز پلی‌ساکارید نشاسته توسط آن و تولید انواع مونو و دی‌ساکاریدها می‌باشد (موحد، 1390). به عبارت دیگر واکنش مایلارد طی فرآیند پخت نان شدت یافت که این امر سبب بهبود ویژگی پوسته نان‌های تولیدی گردید. نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیقات

صالحی‌فر و همکاران (1393) مطابقت نشان داد (صالحی‌فر و همکاران، 1393).

ویژگی حسی شکستگی و پارگی نمونه‌های نان تست

با توجه به جدول 6، تیمار M4 از بیشترین امتیاز ویژگی حسی مقاومت در برابر شکستگی و پارگی و تیمار C (شاهد) از کمترین امتیاز صفت مذکور در مقایسه با سایر تیمارها برخوردار بودند. ضمن آنکه بین دو تیمار مذکور و سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید ($p \leq 0.01$). علت نتیجه حاصل آن است که ترکیبات مذکور موجب خروج بیشتر گازها و بخار آب هنگام پخت نان می‌گردند که این امر باعث افزایش حجم نان‌های حاصل می‌شود. به عبارت دیگر آنزیم آلفا آمیلاز و خمیر ترش سبب افزایش استحکام دیواره حباب‌های هوا و ویسکوزیته آنها و مقاومت آنها در مقابل شکستگی و پارگی می‌شود (مجدوبی و همکاران، 1390).

ویژگی حسی تخلخل نمونه‌های نان تست

طبق جدول 6، تیمار M4 از بیشترین امتیاز ویژگی تخلخل و تیمار C (شاهد) از کمترین امتیاز ویژگی مذکور در مقایسه با سایر تیمارها برخوردار بودند. ضمن آنکه بین دو تیمار مذکور و سایر تیمارها به جز تیمارهای A1 و A2 اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید ($p \leq 0.01$). علت نتیجه حاصل آن است که افزودن آنزیم آلفا آمیلاز سبب شکستن پلی‌ساکارید نشاسته و تولید قندهای قابل تخمیر برای باکتریهای خمیر ترش و مخمرها و رشد آنها و در نتیجه تولید گاز و ایجاد حفره یا تخلخل بیشتر توسط مخمرها گردید (Wang et al., 2005). عزیزی و همکاران (2003) نیز در تحقیقات خود به نتایج مشابهی دست یافتند (عزیزی و همکاران، 2003).

ویژگی حسی رنگ مغز نان نمونه‌های نان تست

با توجه به جدول مقایسه میانگین 6، تیمار M4 از بیشترین امتیاز ویژگی رنگ مغز نان و تیمار C (شاهد) از کمترین امتیاز ویژگی مذکور در مقایسه با سایر تیمارها برخوردار بودند. ضمن آنکه بین دو تیمار مذکور و سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید ($p \leq 0.01$). علت نتیجه حاضر حضور آنزیم آلفا آمیلاز و هیدرولیز پلی‌ساکارید نشاسته توسط آن و تولید انواع مونو و دی‌ساکاریدها می‌باشد که این مسئله باعث انجام واکنش مایلارد و شدت آن طی فرآیند پخت و لذا بهبود رنگ مغز نان شده است. صالحی‌فر و همکاران (1393) نیز در تحقیقات خود به نتایج مشابهی دست یافتند (صالحی‌فر و همکاران، 1393).

جدول 5- نتایج مقایسه میانگین تاثیر متقابل تیمار* زمان بر میزان بیانی به روش دستگاهی در نمونه‌های نان تست حاوی مقادیر مختلف خمیر ترش لاکتیکی و آنزیم آلفا آمیلاز (نیوتن)

تیمار*	24 ساعت	48 ساعت	72 ساعت
C	2/74 ^l	3/45 ^p	3/90 ^r
A1	2/52 ^j	3/10 ^o	3/52 ^q
A2	2/40 ⁱ	3 ⁿ	3/11 ^o
S1	2/15 ^g	2/80 ^m	2/84 ^m
S2	2 ^f	2/41 ⁱ	2/67 ^k
M1	1/9 ^{ef}	2/11 ^g	2/35 ^h
M2	1/8 ^{de}	2/01 ^f	2/11 ^g
M3	1/4 ^b	1/8 ^{de}	1/85 ^{de}
M4	1/2 ^a	1/6 ^{bc}	1/7 ^{cd}

میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند در سطح احتمال 1 درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

* به جدول 1 مراجعه شود.

جدول 6- نتایج مقایسه میانگین داده‌های حاصل از آزمون‌های حسی انجام شده بر روی نمونه‌های نان تست

ویژگی حسی	C	A1	A2	S1	S2	M1	M2	M3	M4
پوسته	1 ^g	1/5 ^f	1/8 ^e	2 ^d	2/5 ^c	2/8 ^b	2/8 ^b	3 ^a	3 ^a
شکستگی و پارگی	1 ^h	1/2 ^g	1/2 ^g	1/5 ^f	1/8 ^e	2 ^d	2/4 ^c	2/7 ^b	3 ^a
تخلخل	7/3 ^g	7/8 ^f	7/8 ^f	8 ^e	8/2 ^e	8/5 ^d	9 ^c	9/4 ^b	10 ^a
رنگ مغز نان	7/8 ^f	8/2 ^e	8/2 ^e	8/5 ^e	8/6 ^e	9 ^d	9/4 ^c	9/6 ^b	10 ^a
حجم نان	8/2 ^e	8/5 ^d	8/5 ^d	8/7 ^d	8/7 ^d	9 ^c	9/3 ^{bc}	9/7 ^{ab}	10 ^a
رنگ پوسته	5/9 ^h	6/2 ^g	6/9 ^e	6/6 ^f	7 ^d	7/2 ^d	7/5 ^c	7/8 ^b	8 ^a
تناسب شکل	1/2 ^h	1/5 ^g	1/6 ^f	2 ^e	2/6 ^e	2 ^d	2/4 ^c	2/8 ^b	3 ^a
یکنواختی پشت نان	1/2 ^h	1/5 ^g	1/7 ^f	2 ^e	2 ^e	2/2 ^d	2/5 ^c	2/8 ^b	3 ^a
عطر و بو	7/5 ⁱ	7/8 ^h	8 ^g	8/6 ^f	9/2 ^c	8/8 ^e	9 ^d	9/5 ^b	10 ^a
مزه نان	13/7 ^g	13/8 ^f	13/9 ^f	14 ^e	14/3 ^c	14/2 ^d	14/21 ^d	14/5 ^b	15 ^a
قابلیت جویدن	8/3 ^h	8/6 ^g	8/7 ^f	9/2 ^e	9/3 ^d	9/5 ^c	9/8 ^b	9/8 ^b	10 ^a
بافت نان	13 ^h	13/2 ^g	13/5 ^f	13/5 ^f	13/9 ^e	14/3 ^d	14/5 ^c	14/7 ^b	15 ^a

در هر ردیف میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند در سطح احتمال 1 درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

ویژگی حسی حجم در نمونه‌های نان تست

با توجه به جدول مقایسه میانگین 6، تیمار M4 از بیشترین امتیاز ویژگی حسی حجم نان و تیمار C (شاهد) از کمترین امتیاز صفت مذکور در مقایسه با سایر تیمارها برخوردار بودند. ضمن آنکه بین دو تیمار مذکور و سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید ($p \leq 0.01$). دلیل افزایش حجم نمونه‌ها بعد از افزودن آنزیم آلفا آمیلاز، تولید گاز دی‌اکسید کربن بیشتر می‌باشد زیرا آنزیم آلفا آمیلاز سبب هیدرولیز نشاسته و شکستن زنجیره‌های آمیلوز و آمیلوپکین و تبدیل آن‌ها به زیر ساختارهای دی‌ساکارید می‌گردد که سبب رشد بهتر مخمرها و تولید گاز دی‌اکسید کربن در خمیر و افزایش حجم نان‌ها می‌شود (Wang et al., 2005). عزیزی و همکاران (2003) نیز در تحقیقات خود به نتایج مشابهی دست یافتند (عزیزی و همکاران، 2003).

ویژگی حسی رنگ پوسته در نمونه‌های نان تست

طبق جدول 6، تیمار M4 از بیشترین امتیاز ویژگی حسی رنگ پوسته و تیمار C (شاهد) از کمترین امتیاز صفت مذکور در مقایسه با سایر تیمارها برخوردار بودند. ضمن آنکه بین دو تیمار مذکور و سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید ($p \leq 0.01$). دلیل بهبود رنگ پوسته نان‌ها در اثر استفاده از آنزیم آلفا آمیلاز، هیدرولیز پلی‌ساکارید نشاسته و تبدیل آن به انواع منو و دی‌ساکاریدها می‌باشد که باعث بهبود واکنش مایلارد طی پخت نان‌ها گردید. صالحی‌فر و همکاران (1393) نیز در تحقیقات خود به نتایج مشابهی دست یافتند (صالحی‌فر و همکاران، 1393).

ویژگی حسی تناسب شکل نان نمونه‌های نان تست

طبق جدول 6، تیمار M4 از بیشترین امتیاز ویژگی حسی تناسب

شکل نان و تیمار C (شاهد) از کمترین امتیاز صفت مذکور در مقایسه با سایر تیمارها بودند. ضمن آنکه بین دو تیمار مذکور و سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید ($p \leq 0.01$). دلیل تناسب شکل بهتر نمونه‌های حاوی آنزیم آلفا آمیلاز و خمیرترش نسبت به نمونه شاهد را می‌توان به تخمیر بیشتر و کامل‌تر نان‌های حاصل از این آرد در مقایسه با نمونه شاهد نسبت داد زیرا در اثر هیدرولیز نشاسته، گاز دی‌اکسیدکربن بیشتری توسط مخمرها تولید شد لذا با تولید گاز بیشتر، خلل و فرج بیشتری تولید و در نتیجه شکل ظاهری و تناسب نان بهتر شد (Wang et al., 2005).

ویژگی حسی یکنواختی پشت نمونه‌های نان تست

با توجه به جدول مقایسه میانگین 6، تیمار M4 از بیشترین امتیاز ویژگی حسی یکنواختی پشت نان و تیمار C (شاهد) از کمترین امتیاز صفت مذکور در مقایسه با سایر تیمارها برخوردار بودند. ضمن آنکه بین دو تیمار مذکور و سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید ($p \leq 0.01$). علت نتیجه حاصل، افزودن آنزیم آلفا آمیلاز و حضور خمیرترش می‌باشد که سبب شکستن پلی‌ساکارید نشاسته و تولید قندهای قابل تخمیر برای باکتریهای خمیرترش و مخمرها و بهبود رشد آنها و در نتیجه تولید گاز توسط مخمرها و ایجاد خلل و فرج بیشتر و در نتیجه بهبود شکل ظاهری و یکنواختی پشت در نان‌های تولیدی گردید (Wang et al., 2005).

ویژگی حسی عطر و بو نان نمونه‌های نان تست

با توجه به جدول مقایسه میانگین 6، تیمار M4 از بیشترین امتیاز ویژگی حسی عطر و بو و تیمار C (شاهد) از کمترین امتیاز ویژگی مذکور نسبت به سایر تیمارها برخوردار بودند. ضمن آنکه بین این دو تیمار و سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید ($p \leq 0.01$). دلیل عطر و بو بهتر نمونه‌های حاوی آنزیم آلفا آمیلاز و خمیرترش نسبت به نمونه شاهد را می‌توان به هیدرولیز پلی‌ساکارید نشاسته و تبدیل آن به منو و دی‌ساکاریدها توسط آنزیم آلفا آمیلاز و آنزیم‌های خمیرترش نسبت داد که باعث شدت واکنش مایلارد طی پخت نان و افزایش عطر و بوی نان‌های مذکور گردیدند. از سوی دیگر وجود آنزیم‌های پروتئولیتیکی در تخمیر خمیرترش، منجر به تجزیه برخی پروتئین‌های خمیر و تولید اسیدهای آمینه آزاد می‌گردد که در ایجاد عطر و طعم نان‌های حاصل بسیار موثر هستند. به‌طور کلی باکتری‌های لاکتیکی می‌توانند مواد معطر مختلفی نظیر اسید استیک، اسید لاکتیک و محصولات دیگر از فرایند تخمیر در خمیرترش تولید کنند که به نظر می‌رسد اسید استیک سبب تشدید اثر سایر مواد معطر می‌گردد (موحد، 1390).

ارزیابی نتایج آزمون ویژگی حسی مزه نان نمونه‌های نان تست طبق جدول 6، تیمار M4 از بیشترین امتیاز ویژگی حسی مزه نان و تیمار C (شاهد) از کمترین امتیاز صفت مذکور در مقایسه با سایر تیمارها برخوردار بودند. ضمن آنکه بین دو تیمار مذکور و سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید ($p \leq 0.01$). دلیل مزه بهتر نمونه حاوی آنزیم آلفا آمیلاز و خمیرترش نسبت به نمونه شاهد را می‌توان به هیدرولیز پلی‌ساکارید نشاسته توسط آنزیم آلفا آمیلاز و تبدیل آن به منو و دی‌ساکاریدها نسبت داد که بروز این مسئله سبب شدت یافتن واکنش مایلارد طی پخت نان و افزایش یافتن مزه نان‌های مذکور می‌گردد. از طرفی وجود آنزیم‌های پروتئولیتیکی در تخمیر خمیرترش سبب تجزیه برخی پروتئین‌های خمیر و تولید اسیدهای آمینه آزاد گردید که عاملی مهم در ایجاد عطر و طعم مضاعف در محصول است (موحد، 1390).

ارزیابی نتایج آزمون ویژگی حسی قابلیت جویدن نمونه‌های نان تست

طبق جدول 6، تیمار M4 از بیشترین امتیاز ویژگی حسی قابلیت جویدن و تیمار C (شاهد) از کمترین امتیاز صفت مذکور در مقایسه با سایر تیمارها برخوردار بودند. ضمن آنکه بین دو تیمار مذکور و سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید ($p \leq 0.01$). علت نتیجه حاصل، هیدرولیز نشاسته توسط آنزیم آلفا آمیلاز می‌باشد که سبب تولید گاز دی‌اکسیدکربن بیشتر توسط مخمرها گردید لذا در نتیجه تولید حباب‌های گاز بیشتر در خمیر و افزایش سطح در واحد حجم، مغز نان‌ها نرم‌تر شد و در نتیجه قابلیت جویدن نان‌های تولید شده با استفاده از آنزیم مذکور و خمیرترش بهبود یافت (Wang et al., 2005). صالحی‌فر و همکاران (1393) نیز در تحقیقات خود به نتایج مشابهی دست یافتند (صالحی‌فر و همکاران، 1393).

ارزیابی نتایج آزمون ویژگی حسی بافت نان نمونه‌های نان تست

طبق جدول 6، تیمار M4 از بیشترین امتیاز ویژگی حسی بافت نان و تیمار C (شاهد) از کمترین امتیاز صفت مذکور در مقایسه با سایر تیمارها برخوردار بودند. ضمن آنکه بین دو تیمار مذکور و سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید ($p \leq 0.01$). دلیل نتیجه حاصل، هیدرولیز نشاسته توسط آنزیم آلفا آمیلاز و تولید دکسترین‌ها می‌باشد که توسط مخمرها مصرف و گاز دی‌اکسیدکربن بیشتری تولید گردید. لذا در نتیجه تولید حباب‌های گاز بیشتر در خمیر و افزایش سطح در واحد حجم، بافت نان‌ها بهبود یافت (موحد، 1390). عزیزی و همکاران (2003) نیز در تحقیقات خود به نتایج مشابهی دست یافتند (عزیزی و همکاران، 2003).

تاثیر متقابل تیمار* زمان بر میزان بیاتی به روش حسی در
نمونه‌های نان تست
نتایج مقایسه میانگین تاثیر متقابل (مقادیر مختلف آنزیم آلفا آمیلاز)

جدول 7- نتایج مقایسه میانگین تاثیر متقابل تیمار* زمان بر امتیاز بیاتی به روش حسی در نمونه‌های نان تست حاوی مقادیر مختلف خمیر ترش
لاکتیکی و آنزیم آلفا آمیلاز

تیمار*	24 ساعت	48 ساعت	72 ساعت
C	4 ^k	4 ^k	4 ^k
A1	4/3 ^h	4/2 ⁱ	4/2 ^j
A2	4/7 ^f	4/2 ⁱ	4/1 ^k
S1	4/8 ^f	4/5 ^g	4/3 ^h
S2	5 ^e	4/9 ^e	4/7 ^f
M1	5/2 ^d	4/9 ^e	4/7 ^f
M2	5/4 ^c	5/2 ^d	4/8 ^f
M3	5/6 ^b	5/2 ^d	5 ^e
M4	5/8 ^a	5/2 ^d	4/7 ^f

میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

* به جدول 1 مراجعه شود.

خمیر ترش لاکتیکی، میزان رطوبت، فیبر و خاکستر در نمونه‌های حاوی افزودنی‌های مذکور نسبت به نمونه شاهد افزایش و میزان چربی و پروتئین در آنها کاهش یافت ضمن آنکه افزودن این مواد سبب افزایش ویژگی‌های کیفی نان‌های تولیدی شد به نحوی که توانست قابلیت جویدن، تناسب شکل، عطر و بو، بافت و رنگ پوسته را نسبت به نمونه شاهد بهبود بخشد و بیاتی را کاهش دهد. حال با توجه به آزمون‌های انجام شده، تیمار M4 که حاوی بیشترین میزان آنزیم آلفا آمیلاز و خمیر ترش لاکتیکی می‌باشد به عنوان بهترین تیمار معرفی گردید.

طبق جدول 7، تیمار M4 از بیشترین امتیاز تازگی و تیمار C (شاهد) از کمترین امتیاز مذکور در هر سه بازه زمانی در مقایسه با سایر تیمارها برخوردار بودند. ضمن آنکه بین این دو تیمار و سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار وجود داشت ($p \leq 0.01$). علت نتایج حاصل، همان دلایل عنوان شده در بخش مربوط به بیاتی دستگاهی می‌باشد.

نتیجه‌گیری

طی بررسی نتایج به دست آمده، با افزودن آنزیم آلفا آمیلاز و

منابع

- Akbariyan Meymanad, M. J., Khomeiri, M., Sadeghi Mahoonak, A. R., Alami, M., Faraji Kafshgari, S., Vatan Khah, M. and Mahmoodi, E., 2016, Effect of sourdough on the quality of barbari bread. *Journal of Food Science and Technology*. 13 (51), 181-194.
- Anonymous, 2003, Approved methods of the American Association of Cereal Chemists, S't. Paul, MN. USA.
- Anonymous, 1999, Iranian National Standard, No. 2338. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Specification and test methods for volume and semi volume breads.
- Arendt, E. K., Ryan, L. A. M. and Bello, F. D., 2007, Impact of sourdough on the texture of bread. *Food Microbiology*. 24 (2), 165 - 174.
- Azizi, M. H., Rajabzadeh, N. and Riahi, E., 2003, Effect of mono- diglyceride and Lecithin on dough rheological characteristics and quality of flat bread. *LWT-Food Science and Technology*, 36, 189-193.
- Corsetti, A., Gobbetti, M., Balestrieri, F., Paletti, F., Russi, L. and Rossi, J., 1998, Sourdough lactic acid bacteria effects on bread firmness and staling. *Journal of Food Science*, 63, 347-351
- Golshan Tafti, A., Peghambardoust, S. H., Behnam, F., Bahrami, A., Aghagholizadeh, R., Ghamari, M. and Rafat, S. A., 2013, Effects of spray-Dried Sourdough on Flour characteristics and Rheological Properties of dough. *Czech Journal of Food Science*, 31, 361-367.
- Halima, N. B., Borchani, M., Fendri, I., Khemakhem, B., Gosset, D., Baril, P. and Abdelkafi, S., 2015, Optimised amylases extraction from oat seeds and its impact on bread properties. *International Journal of Biological*

Macromolecules, 72, 1213-1221.

Katina, K., Poutanen, K. and Karin, A., 2004, Influence and interactions of processing conditions and starter culture on formation of acids, volatile compounds, and amino acids in wheat sourdoughs. *Cereal Chemistry*, 81(5), 598-610.

Katina, K., Salmenkallio-Marttila, M., Partanen, R., Forssell, P. and Autio, K., 2005, Effects of sourdough and enzymes on staling of high-fibre wheat bread. *LWT-Food Science and Technology*, 39(5), 479-491.

Kim, J. H., Maeda, T. and Morita, N., 2006, Effect of fungal α -amylase on the dough properties and bread quality of wheat flour substituted with polished flours. *Food Research International*, 39(1), 117-126.

Lacaze, G., Wick, M. and Cappelle, S., 2007, Emerging fermentation technologies: Development of novel sourdough. *Food Microbiology*, 24, 155-160.

Lazaridou, A., Duta, D., Papageorgiou, M., Belc, N. and Biliaderis, C. G., 2007, Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. *Journal of Food Engineering*, 79, 1033-1047.

Loponen, J., Mikola, M., Katina, K., Sontag-Strohm T. and Salovaara, H., 2004, Degradation of HMW glutenins during wheat sourdough fermentations. *Cereal Chemistry*, 81, 87-93.

Majzoobi, M., Layegh, B. and Farahnaky, A., 2011, Effect of pectin and cross-linked pectin on characteristics of dough and pan bread. *Journal of Food Research*, 21(2), 141-269.

Mandala, I., Karabela, D. and Kostaropoulos, A., 2007, Physical properties of breads containing hydrocolloids stored at low temperature. *Food Hydrocolloids*, 21(8), 1397-1406.

Mortazavi, S. A., Shahidi, F., Sadeghi, A. and Sadeghi, B., 2015, Modeling of sourdough consistency and evaluation of its effect on Iranian breads properties as a function of specific starter culture fermentation conditions. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 11(4), 296-308.

Movahed, S., Rooshenas, G. H. and Ahmadichenarbon, H., 2011, Evaluation of the effect of liquid sourdough method on dough yield, bread yield and organoleptic properties Iranian Lavash bread. *World Applied Sciences Journal*, 15(7), 1054-1058.

Movahed, S. 2012. Science of Bread. Marze Danesh Publications. Tehran, Iran; 188 pp. (In Farsi).

Movahed, S., Rooshenas, G. H. and Ahmadichenarbon, H., 2012, Evaluation of the effect of yeast- salt method on dough yield, bread yield and organoleptic properties Iranian Lavash bread. *Annals of Biological Research*, 3 (1), 595-600.

Movahhed, S., Mirzaei, N. and Ahmadi Chenarbon, H., 2012, Evaluation of additional barley flour and *Lactobacillus plantarum* (ATCC 43332) on quality properties of Toast Bread. *Journal of Food Science and Technology*, 9(37), 37-46.

Movahhed, S., Mirzaei, M., 2013, Evaluation of staling rate and Quality of Gluten-free Toast breads on rice flour basis. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 5(01), 224-227.

Priscilla Nuernberg, R., Vivian, M. B. and Bordignon-Luiz, M. T., 2012, Effect of microbial transglutaminase on function and rheological properties of ice cream with different fat contents. *LWT-Food Science and Technology*, 48, 224-230.

Rahimi, N., Karimi, M., Pour Azarang, H. and Mortazavi, S. A., 2015, Comparison of influence of acidic the improvers adding with sourdough on "Barbari Bread" staling score. *Journal of Food Science and Technology*, 12(47), 133-140.

Rajabzadeh, N. 2010. Bread Technology. University of Tehran Press, 341P. (In Farsi).

Ravi, R., Manhar, R. and Rao, P. H., 2000, Influence of additives on the rheological characteristics and baking quality of wheat flours. *European Food Research and Technology*, 2(10), 202-208.

Reed, G., 2012, Enzymes in Food Processing. Elsevier Science Publishing. Co. Inc. New York.

Sadeghi, A., Shahidi, F., Mortazavi, S. A., Koocheki, A. and Mohebbi, M., 2007, Evaluation of sourdough effect on Iranian Barbari staling. Department of food Science and Technology, Faculty of Agriculture Ferdowsi University of Mashhad, 490-495.

Salehi Far, M., Shafi Soltani, M. and Hashemi, M., 2014, Effect of using of α - amylase fungal origin enzyme on qualitative characteristics of dough and Toast bread. *Innovation in Science and Food Technology*, 6(2), 43-54.

Wang, M., Vliet, T. V. and Hamer, R. J., 2005, Interaction of water unextractable solid and Xylanase with gluten protein. *Journal of Cereal Science*, 41, 251-258.

Whitenhurst, R. J. and Oort, M. V., 2010, Enzymes in food technology. 2th edi, Indian: John Wiley Sons Publishing, PP 388.



Effect of Sourdough and α -amylase on qualitative properties of toast bread

R. Nejatbakhsh¹, S. Movahhed^{2*}, H. Ahmadi Chenarbon³

Received: 2017.01.13

Accepted: 2017.06.24

Introduction: The quality of breads depends on the baking capability of flour, fermentation time, protein content, and type of additives. An economically important concern of the baking industry is delaying the bread staling. In addition, the staling process changes outer and inner properties, scent, flavor, and chewiness of breads, which in turn leads to staled or, in other words, non-fresh breads. The application of lactic sourdough and/or other techniques such as improved dough making, improved baking quality, packaging, and use of additives and improvers can be highly effective in delaying this process. One of the additives that improve the properties of baked products is the α -amylase enzyme. α -amylase can improve the elastic properties of the texture while delaying staling. This enzyme can also form useful sugars for yeasts and increase gas formation in dough, which in turn improves and increases the bread volume. Against this background, the current study analyzed the effects of sourdough and α -amylase on qualitative characteristics, physicochemical properties, staleness, size and sensory profile of the toast breads.

Materials and methods: The ingredients of the toast bread dough, i.e. 78% wheat flour (1 kg), sugar (1-2 w/w%), salt (1.8-2.2%), oil (3-6%), yeast (1.5-2%), α -amylase (0.01-0.03%), lactic sourdough (4 and 6% of wheat weight), were prepared and weighed to make the dough required for the baking process. The dough samples were spread and then rolled after an initial resting of 10-15 minutes. The rolls (approx. 580 g) were transferred to a cast. The dough samples were finally moved to the fermentation chamber at 35°C and 80% relative humidity for final fermentation and baking. They were analyzed using different physical, chemical, and sensory tests. A completely randomized design with three replications was used to analyze experimental data (except for staleness data of bread samples from sensory and instrumental tests which were analyzed using factorial experiment with a completely randomized design). Means were compared by Duncan's multiple-range test ($\alpha = 1\%$) in SPSS 16.

Results and discussion: According to the results, α -amylase and lactic sourdough caused an increase in bread's MC compared to the control samples. In other words, starch hydrolysis by α -amylase created free water in the dough. Moreover, sourdough increased water absorption of wheat through mechanisms including production of exopolysaccharides and increased production of pentosans. The application of α -amylase and lactic sourdough also increased the ash content of the breads compared to the control samples because they increased the production of dextrins and synthesis of exopolysaccharides. It should be mentioned that these additives decreased the pH of breads compared to the control samples. This is because the sourdough bacteria produced lactic, acetic and other acids that acidified the medium and reduced the pH. This enzyme also produced metabolites like dextrins and increased the amount of fermented active ingredients, which further reduced the pH. The proteolytic activity of lactic bacteria of the acid in sourdough led to decomposition of proteins, particularly gluten, into amino acids. This also reduced the protein content and diluted the gluten in breads. The results showed that the lactic acid bacteria of the sourdough hydrolyzed the fat control of bread samples by their lipase and thus lowered the fat content in bread samples compared to the control. The fiber content of samples was higher than that in the control as a result of enzyme and sourdough application. This is due to the fact that fermentation increases the pentosan content and reduces their molecular size. It also increased solubility of insoluble fibers like beta-glucans. On the other hand, their application led to larger bread size than the control because α -amylase hydrolyzes the starch and breaks the amylose and amylopectin chains to convert them into disaccharide substrates. Accordingly, yeasts could grow better and produce more CO₂ in the dough, increasing the bread size. The application of this enzyme and lactic sourdough gave a brighter appearance to toast bread samples whereas a* and b* were reduced. This is because the bread undergoes changes in its crust color during the baking process, which are mainly caused by Maillard and

1 and 2. M. Sc Student and Associated Professor, Department of Food Science, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.

3. Assistant Professor, Department of Agronomy, Varamin - Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.

(*Corresponding author's email: movahhed@iauvaramin.ac.ir)

caramelization reactions. It is worth noting that these additives reduced the staleness of the samples. With respect to staling, the gluten content and its ratio to starch are highly effective. During the bread shelf life, as its kinetic energy decreases, the cross-linking increases and intensities. In other words, the bread becomes harder and staler. However, using α -amylase and sourdough, the bread hardness and staleness are decreased as the starch swelling is limited and cross-linking between protein and gluten is inhibited. These two additives improved most sensory properties including resistance to breakage and rupture, porosity, kernel color, crumb color, proportionality of shape, back-side uniformity, flavor, taste, texture, chewiness, and larger size of the bread samples. This reason for these improvements can be due to starch hydrolysis by α -amylase and production of dextrins and CO₂. According to the results, the bread sample containing 0.03% α -amylase and 6% lactic sourdough was selected as the best sample.

Keywords: α -amylase, Lactic sourdough, Toast bread, Qualitative properties.

فعالیت ضدباکتریایی و آنالیز فیزیکوشیمیایی چند نوع عسل با منشاء گیاهی مختلف در استان گلستان

سمانه هیزمی شیرجینی¹ - هادی کوهساری^{2*} - سیده زهرا سیدالنگی³

تاریخ دریافت: 1395/09/20

تاریخ پذیرش: 1396/02/30

چکیده

عسل به عنوان یک ماده غذایی مهم با منشاء طبیعی، پتانسیل بالایی برای فعالیت ضد میکروبی دارد. منشاء گیاهی عسل در ویژگی های بیولوژیکی آن بسیار موثر می باشد. لذا این تحقیق به منظور بررسی فعالیت ضدباکتریایی و آنالیز فیزیکوشیمیایی چهار نوع عسل شامل آویشن، زول، پونه و شوید جمع آوری شده از کندوهای زنبور عسل در استان گلستان انجام شد. ارزیابی فعالیت ضدباکتریایی علیه چهار باکتری شامل *استافیلوکوکوس اورئوس*، *شریشیا کلی*، *باسیلوس سرئوس* و *شیگلا دیسانتری* بر اساس انتشار در آگار و با روش چاهک انجام شد. کمترین غلظت مهارکنندگی و کمترین غلظت باکتری کشی نمونه های عسل به وسیله روش ماکرودایلوشن تعیین شد. همچنین ویژگی های فیزیکوشیمیایی شامل رطوبت، pH، اسیدیته، محتوای خاکستر و قندهای احیاءکننده برای نمونه های عسل، مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج حاکی از بیشترین فعالیت ضدباکتریایی برای عسل زول به ترتیب با قطر هاله عدم رشد 14/5، 14 و 11 میلی متر علیه *شیگلا دیسانتری*، *استافیلوکوکوس اورئوس*، *باسیلوس سرئوس* و *شریشیا کلی* در غلظت 50 درصد حجمی / حجمی می باشد. سطوح MIC و MBC به دست آمده برای عسل های مورد آزمون در محدوده 50-6/25 درصد حجمی / حجمی بوده و عسل پونه کمترین فعالیت ضدباکتریایی را نشان داد. به طور کلی نتایج این تحقیق دلالت بر این دارد که فعالیت ضدباکتریایی نمونه های عسل با توجه به منشاء گل عسل متغیر است.

واژه های کلیدی: عسل، فعالیت ضدباکتریایی، ویژگی های فیزیکوشیمیایی، منشاء گیاهی

مقدمه

آنزیم ها، ویتامین ها، مواد معدنی، فلاونوئید ها، اسیدهای فنلی، آنزیم ها و ترکیبات فرار، دیگر ترکیبات موجود در عسل را تشکیل می دهند که خواص عسل به آنها بر می گردد (Guerrini et al., 2002)، استاندارد شماره 92 سازمان استاندارد ملی ایران؛ لکزاده و همکاران، 1392).

ویژگی های بیولوژیک عسل از جمله فعالیت ضد میکروبی، ضدتوموری، ضد التهابی، آنتی اکسیدانی و ضد ویروسی آن به گروهی از ترکیبات ذاتی این ماده غذایی مربوط می شود که به منشاء گیاهی، جغرافیایی و حشره شناسی عسل مربوط می شود (Fidaleo et al., 2011; Tumin et al., 2005; Mollan, 2002).

فاکتورهای متعددی در فعالیت ضدباکتریایی عسل دخیلند. از آن جمله می توانیم به اسیدیته، اسمولاریته، پراکسید هیدروژن (این ماده محصول تجزیه گلوکز به وسیله آنزیم گلوکز اکسیداز است)، ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی اشاره کنیم. همچنین مقادیر کمی از آنزیم های گلوکز اکسیداز، پروتئاز، آمیلاز، کاتالاز و فسفاتاز و وجود ترکیبات شیمیایی همچون متیل گلیوکسال نیز تاثیرگذار می باشند (Amara, 2008; Mavric et al., 2008; Moussa et al., 2011; Paulus

گرایش روزافزون به محصولات طبیعی با کارکردهای درمانی، استفاده از عسل به عنوان یک محصول طبیعی که ویژگی های بیولوژیک متعدد را به آن نسبت می دهند را مطرح می سازد. عسل توسط زنبور عسل از شهد گل ها جمع آوری می شود و پس از فراوری و تخیر رطوبت اضافی، در کندو ذخیره می شود. مهمترین ماده تشکیل دهنده عسل کربوهیدرات می باشد و قندهای فروکتوز و گلوکز حدود 85-95 درصد کربوهیدرات های عسل را تشکیل می دهند. علاوه بر این، سایر قندها، اسیدهای آلی، اسیدهای آمینه، پروتئین ها،

1- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد آزادشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، آزادشهر، ایران.

2- استادیار، گروه میکروبیولوژی، واحد آزادشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، آزادشهر، ایران.

3- دانشیار، گروه شیمی، واحد آزادشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، آزادشهر، ایران.

(*مسئول مکاتبات: Email: hadikoohsari@yahoo.com)

DOI: 10.22067/ifstrj.v0i0.60915

(Odd et al., 1990; Boukraa & et al., 2012).

هدف از مطالعه حاضر ارزیابی فعالیت ضدباکتریایی و آنالیز فیزیکیوشیمیایی چند نوع عسل با منشأ گیاهی مختلف جمع‌آوری شده از کندوهای زنبور عسل در استان گلستان است.

مواد و روش‌ها

4 نمونه عسل با منشأ گیاهی متفاوت شامل آویشن، شوید، زول و پونه در بهمن ماه 1393 از کندوهای زنبور عسل در استان گلستان واقع در شمال ایران جمع‌آوری شدند و تا زمان آزمایش در دمای یخچال و دور از نور و رطوبت نگهداری شدند.

سویه‌های باکتریایی

سویه‌های باکتری‌های مورد آزمون شامل دوگونه باکتری گرم منفی یعنی *اشریشیا کلی* (PTCC 1338)، *شیگلا دیسنتری* (PTCC 1188) و دوگونه باکتری گرم مثبت شامل *استافیلوکوکوس اورئوس* (PTCC 1112) و *باسیلوس سرئوس* (PTCC 1154) به صورت لیوفیلیزه از سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران تهیه شدند و در آزمایشگاه میکروبیولوژی دانشگاه آزاد اسلامی واحد آزادشهر در محیط BHI و به مدت 24 ساعت در دمای 37 درجه سانتی‌گراد احیاء شدند. آزمون‌های میکروبی بر اساس انتشار در آگار و به روش چاهک انجام شد. همچنین کمترین غلظت مهارکنندگی (MIC) و کمترین غلظت باکتری کشی (MBC) هر یک از نمونه‌های عسل به روش ماکرودایلوشن مورد آزمون قرار گرفت.

تهیه محلول استاندارد 0/5 مک‌فارلند

یکی از روش‌های تعیین تعداد باکتری‌ها در محیط مایع، روش شمارش غیرمستقیم است. در روش کدورت‌سنجی که یکی از معمولی‌ترین روش‌های شمارش غیرمستقیم است، کدورت محیط مایع که باکتری در آن رشد کرده است با یک استاندارد که کدورت آن با تعداد معینی باکتری متناسب است، مقایسه می‌شود. کدورت استاندارد را می‌توان به وسیله مخلوط کردن مقادیر مشخصی از مواد شیمیایی ایجاد نمود که یک نمونه از آن سولفات باریوم است که شدت آن توسط مک‌فارلند با تعداد تقریبی باکتری‌ها ارزیابی شده است.

استانداردهای مک‌فارلند با افزودن حجم خاصی از محلول اسید سولفوریک 1% و کلرید باریوم 1/175% برای به دست آوردن یک محلول سولفات باریوم با دانسیته نوری خاص تهیه می‌شوند و معمولاً استاندارد 0/5 مک‌فارلند که از افزودن 9/95 میلی‌لیتر اسید سولفوریک خالص 1% حجم به حجم (0/036 نرمال) به 0/05 میلی‌لیتر کلرید باریوم 1/175% (0/048 مولار) با دانسیته نوری 0/08

تا 0/13 در طول موج 625 نانومتر، حاصل می‌شود بیشتر کاربرد دارد. استاندارد 0/5 مک‌فارلند کدورتی معادل با یک سوسپانسیون باکتریایی معادل $1/5 \times 10^8$ cfu/ml ایجاد می‌کند. (Franklin et al., 2012).

ارزیابی فعالیت ضدباکتریایی به روش چاهک

اثر ضدباکتریایی بر اساس انتشار در آگار و با روش چاهک مورد ارزیابی قرار گرفت. به این منظور رقت‌های 100، 75، 50، 30، 25، 12/5 درصد (حجمی/حجمی) از هر یک از عسل‌ها در آب دوبار تقطیر استریل تهیه شد. از سوسپانسیون معادل 0/5 مک‌فارلند ($1/5 \times 10^8$ cfu/ml) باکتری‌های پاتوژن با سواب استریل در سطح محیط کشت مولر هینتون آگار به طور یکنواخت کشت داده شد. سپس با کمک پیپت پاستور استریل چاهک‌هایی به قطر 8/2 میلی‌متر در محیط حفرشده و از هر یک از رقت‌های عسل‌های مورد آزمون 100 میکرولیتر در چاهک‌ها ریخته و به مدت 24 تا 48 ساعت در دمای 37 درجه سانتی‌گراد گرمخانه‌گذاری شد. پس از این مدت با اندازه‌گیری قطر هاله عدم رشد در اطراف چاهک‌ها حساسیت یا مقاومت باکتری‌های مورد آزمون تعیین شد (Hegazi et al., 2014).

تعیین کمترین غلظت مهارکنندگی (MIC) و کمترین غلظت باکتری کشی (MBC)

تعیین کمترین غلظت مهارکنندگی هر یک از نمونه‌های عسل بر اساس کدورت‌سنجی و با استفاده از روش ماکرودایلوشن انجام شد. به این منظور رقت‌های مختلف نمونه‌های عسل که در محیط کشت مولر هینتون براث تهیه شده‌اند در مجاورت سوسپانسیون میکروبی معادل 5×10^5 CFU/ml از هریک از باکتری‌های پاتوژن مورد آزمون به مدت 24 ساعت و در دمای 37 درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. در کنار این لوله‌ها لوله کنترل مثبت (سوسپانسیون باکتری معادل 5×10^5 CFU/ml) و لوله کنترل منفی (مولر هینتون براث بدون باکتری) نیز قرار داده شد. پس از این مدت نتایج به صورت کدورت میکروبی قابل مشاهده و ثبت گردید. آخرین رقتی که در آن کدورت میکروبی مشاهده نشد به عنوان کمترین غلظت مهارکنندگی (MIC) تعیین شد. به منظور تعیین کمترین غلظت باکتری کشی (MBC) از هر یک از لوله فوق در محیط کشت مولر هینتون آگار کشت داده شد و آخرین رقتی که در آن کلنی مشاهده نشد به عنوان کمترین غلظت باکتری کشی تعیین شد (Franklin et al., 2012).

خصوصیات فیزیکیوشیمیایی

خواص فیزیکیوشیمیایی عسل بر اساس معیارهای کیفی عسل که در راهنما و دستورالعمل اروپا (European Directive) و کمیسیون

اندازه‌گیری قندهای احیاء کننده

جهت تعیین قندهای احیاء کننده از روش لین آینون و مطابق استاندارد شماره 92 موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران استفاده گردید (استاندارد شماره 92 سازمان استاندارد ملی ایران). به‌طور خلاصه 1 گرم نمونه عسل در یک بشر کوچک با آب مقطر حل شده و در یک بالن ژوژه 250 میلی‌لیتری به حجم رسانیده می‌شود و بورت 50 میلی‌لیتری را از آن پر می‌شود. 5 میلی‌لیتر محلول فلهینگ آ و 5 میلی‌لیتر محلول فلهینگ ب را در ارلن مایر 250 میلی‌لیتری ریخته و 15 میلی‌لیتر از محلول بورت به آن اضافه شده و تیترو می‌گردد. درصد قندهای احیاء کننده با توجه به فرمول زیر به دست می‌آید.

$$S = F \times 250 \times 100 / V \times W \times 1000 \quad (1)$$

که در آن:

S = قندهای احیاء کننده در صد گرم نمونه عسل

F = عیار فلهینگ

V = میلی‌لیتر مصرف بورت

W = وزن نمونه عسل (1 گرم)

1000 = تبدیل میلی‌گرم به گرم

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

این پژوهش بر اساس طرح آزمایشی کاملاً تصادفی و در سه تکرار انجام شد. آنالیز واریانس، مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی‌داری ($P < 0/05$) و با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد.

نتایج و بحث

فعالیت ضدباکتریایی نمونه‌های عسل

نتایج مربوط به ارزیابی فعالیت ضدباکتریایی نمونه‌های عسل با روش چاهک در جدول 1 آمده است.

نتایج حاکی از اثرات ضدباکتریایی عسل‌های مورد آزمون بود و تفاوت بین انواع گیاهان مورد استفاده زنبور عسل در تولید محصول در خواص ضدباکتریایی آن موثر است. بیشترین فعالیت ضدباکتریایی با روش چاهک برای عسل زول به ترتیب با قطر هاله عدم رشد 19/66، 14، 11 و 11 میلی‌متر علیه شیگلا دیسانتری، استافیلوکوکوس اورئوس، باسیلوس سرئوس و اشریشیا کلی در غلظت 50 درصد حجمی/حجمی گزارش شد. همچنین در این مطالعه تاثیرگذارترین نمونه عسل علیه باکتری‌های شیگلا دیسانتری، استافیلوکوکوس اورئوس، باسیلوس سرئوس و اشریشیا کلی به ترتیب زول با میانگین قطر هاله عدم رشد 19/66 میلی‌متر، آویشن با میانگین قطر هاله عدم رشد 18/66 میلی‌متر، زول با میانگین قطر هاله عدم رشد 15 میلی‌متر

مواد غذایی کدکس (Codex Alimentarius Commision) تعیین شده است، صورت می‌گیرد. معمولاً استاندارد کدکس برای تجارت عسل در کل دنیا معتبر است. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی مورد مطالعه شامل رطوبت، pH، اسیدیته، محتوای خاکستر و قندهای احیاء کننده بود.

اندازه‌گیری رطوبت

برای این منظور از دستگاه رفاکتومتر در حرارت 20 درجه سانتی‌گراد استفاده گردید. یک قطره عسل بر روی رفاکتومتر قرار داده شد. سپس با استفاده از جدول مرجع از روی اندیکس رفاکسیون به‌دست آمده درصد رطوبت عسل محاسبه شد (استاندارد ایران، شماره 92).

اندازه‌گیری pH

حدود 10 گرم عسل در 75 میلی‌لیتر آب مقطر بدون گاز دی‌اکسیدکربن حل شد و با استفاده از pH متر کالیبره شده در بافر 4 و 7 در 20 درجه سانتی‌گراد pH نمونه عسل ثبت شد (استاندارد ایران، شماره 92).

اندازه‌گیری اسیدیته آزاد

حدود 10 گرم عسل در 75 میلی‌لیتر آب مقطر بدون گاز دی‌اکسیدکربن حل شد. محلول به‌دست آمده در مجاورت شناساگر فنل فتالین، تا رسیدن به pH (8/3) و ایجاد رنگ پوست پیازی با سود یک دهم نرمال تیترو گردید. آزمایش شاهد برای آب مقطر و شناساگر انجام شد. میزان اسیدیته آزاد بر حسب میلی‌اکی‌والان بر کیلوگرم (meq/kg) از حاصلضرب تفاوت سود مصرفی نمونه و شاهد در نرمالیه سود و عدد 1000، تقسیم بر وزن نمونه به گرم به‌دست آمد (استاندارد ایران، شماره 92).

اندازه‌گیری محتوای خاکستر

کروزه‌ها در کوره الکتریکی 500 درجه سلسیوس قرار داده شدند تا به وزن ثابت برسند. بعد از خنک شدن در دیسکاتور، وزن آنها تعیین می‌شود. سپس 5 گرم عسل در داخل کروزه ریخته و به ملایمت حرارت داده می‌شود تا کف کردن آن تمام شده و کاملاً سیاه شود و دیگر دودی از آن متصاعد نشود. این نمونه‌ها در کوره الکتریکی 500 تا 550 درجه سانتی‌گراد قرار داده می‌شود تا کاملاً تبدیل به خاکستر سفید رنگ گردد و به وزن ثابت برسد. تفاوت وزن کروزه خالی و بوته محتوی خاکستر را به وزن نمونه مورد آزمون تقسیم و در عدد 100 ضرب کرده تا درصد خاکستر (مواد معدنی) به‌دست آمد (استاندارد ایران، شماره 92).

و زول با میانگین قطر هاله عدم رشد 13/66 میلی متر بودند (جدول 1). و شیگلا دیسانتری حساس ترین باکتری و اشریشیاکلی مقاوم ترین باکتری مورد آزمون نسبت به نمونه های عسل در این تحقیق بودند ($P < 0/05$).

نتایج به دست آمده از روش چاهک در حقیقت وابستگی معنی داری بین غلظت ها و قطر هاله عدم رشد را نشان داد که با افزایش غلظت، قطر هاله عدم رشد افزایش می یابد، که مشابه نتایج تحقیق Khairy و همکاران (2013) و Sherlock و همکاران (2012) بود.

مقاومت اشریشیاکلی به عنوان یک باکتری گرم منفی در مواجهه با غلظت های مختلف عسل در مطالعات دیگر نیز گزارش شده است (Sherlock et al 2010; Fidaleo et al 2011).
Khairy و همکاران (2013) نیز نشان دادند که سودوموناس

آئروژینوزا، استافیلوکوکوس اورئوس و سالمونلا انتریتیدیس در حضور عسل های شیدر و کوهستان حساس تر از اشریشیاکلی بودند. این مقاومت می تواند به دلیل نفوذپذیری کمتر غشای خارجی این باکتری به عنوان یک باکتری گرم منفی در مقایسه با باکتری های گرم مثبت باشد که ورود عوامل ضد میکروبی را به داخل سلول باکتری محدود می کند (Nikaido, 2003).

با وجود اینکه شیگلا دیسانتری و اشریشیاکلی هر دو گرم منفی و از خانواده انتروباکتریاسه می باشند ولی حساسیت قابل توجه شیگلا دیسانتری نسبت به نمونه های عسل جالب توجه بود. این حساسیت در مطالعات مشابه به تفاوت های اختصاصی هر گونه میکروارگانیسم به فعالیت ضد باکتریایی عسل استفاده شده ارتباط داده شد (Ugur, 2001; Taormina et al. & Hamdi, 2000; Ceyhan 2001; Tumin et al., 2005).

جدول 1- میانگین قطر هاله عدم رشد نمونه های عسل ها در روش چاهک

25				50				100				غلظت (درصد)
پونه	زول	آویشن	شوید	پونه	زول	آویشن	شوید	پونه	زول	آویشن	شوید	عسل باکتری
-	12±1/06 ^C	-	-	-	15/5±0/7 ^{aB}	13±0 ^{bC}	13±0 ^{bB}	15±0 ^{bA}	19/66±1/41 ^{aA}	18±1/41 ^{aA}	18±1/52 ^{aA}	شیگلا دیسانتری
-	11±0 ^{aD}	-	-	-	14±0 ^{bC}	13/5±0/7 ^{bC}	-	13±0 ^{deA}	18±0 ^{aA}	18/66±0/7 ^{aA}	18±0/7 ^{aA}	استافیلوکوکوس اورئوس
-	-	-	-	-	11±1/41 ^{cB}	-	-	13/5±1/06 ^{bc}	15±1/41 ^{bA}	13/33±0/57 ^{bcd}	12/66±0/57 ^{cde}	باسیلوس سرئوس
-	-	-	-	-	11±0 ^{cB}	-	-	13/5±0/7 ^{bcd}	13/66±0/57 ^{bcdA}	12±0 ^{de}	11/33±0/57 ^e	اشریشیاکلی

حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار می باشد.
حروف مشترک در هر ردیف بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار می باشد.

باکتری های اشریشیاکلی، استافیلوکوکوس اورئوس، باسیلوس سرئوس و شیگلا دیسانتری به ترتیب 50%، 25%، 12/5% و 10% بود (جدول 2).

Fidaleo و همکاران (2011) در مطالعه فعالیت ضد میکروبی هفت نمونه عسل ایتالیایی با منشاء گیاهی مختلف کمترین غلظت مهار کنندگی عسل های مورد آزمون را در محدوده 20-5 درصد گزارش کردند. باکتری های گرم مثبت در مطالعه آنها نسبت به باکتری های گرم منفی حساسیت بیشتری نشان دادند.

Yavarpour و همکاران (2014) نیز کمترین غلظت مهاری 12/5 درصد را برای عسل های گشنیز، خرما، یونجه و مرتعی کهگیلویه و بویراحمد و حداقل غلظت مهاری 25% را برای عسل گون گزانگبین گزارش کردند.

Sherlock و همکارانش (2010)، با مطالعه بر روی دو نمونه عسل و مقایسه اثرات ضد باکتریایی آنها با عسل ساخته شده در آزمایشگاه علیه سودوموناس آئروژینوزا، اشریشیاکلی و استافیلوکوکوس اورئوس مقاوم به متی سیلین به این نتیجه رسیدند که سویه های استافیلوکوکوس اورئوس در روش چاهک در مقایسه با اشریشیاکلی و سودوموناس آئروژینوزا حساسیت بیشتری نسبت به

کمترین غلظت مهار کنندگی (MIC) و کمترین غلظت باکتری کشی (MBC) هر یک از نمونه های عسل با روش ماکرودیلوشن مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج این آزمون در جدول 2 آمده است. همانطور که مشاهده می شود کمترین غلظت مهار کنندگی عسل های مورد آزمون در محدوده 6/25 تا 50 حجمی / حجمی درصد است.

فعالیت ضد باکتریایی عسل زول در مهار رشد باکتری های مورد آزمون قابل توجه بود به طوریکه کمترین غلظت مهار کنندگی آن برای شیگلا دیسانتری، استافیلوکوکوس اورئوس، باسیلوس سرئوس و اشریشیاکلی به ترتیب 6/25%، 10%، 10% و 25% بود (جدول 2).

حساسیت شیگلا دیسانتری و مقاومت اشریشیاکلی نسبت به عسل های مورد آزمون در این روش نیز به اثبات رسید به طوریکه کمترین غلظت مهار کنندگی عسل های آویشن، شوید، زول و پونه برای باکتری شیگلا دیسانتری به ترتیب 15%، 15%، 6/25% و 10% و برای باکتری اشریشیاکلی به ترتیب 25%، 30%، 25% و 50% بود (جدول 2).

فعالیت ضد باکتریایی کم عسل پونه در این روش نیز به اثبات رسید به طوریکه کمترین غلظت مهار کنندگی این نمونه عسل برای

تفاوت‌های فعالیّت ضدباکتریایی و آنتی‌اکسیدانی عسل‌های مختلف را مرتبط با تغییرات طبیعی در منشاء گل و گیاه و مکان‌های جغرافیایی عسل دانستند.

تفاوت در فعالیّت ضد میکروبی نمونه‌های عسل به دلیل تغییرات در میزان پراکسید هیدروژن (H_2O_2) و فاکتورهای غیر پراکسیدی همچون ترکیبات فنلی شامل مشتقات سینامیک اسید است که میزان این فاکتورهای پراکسیدی و غیر پراکسیدی به‌طور اساسی به منشاء گیاهی و گرده گل نمونه عسل مرتبط است (Allen et al., 1991; Hamouda and Marzouk, 2011).

به‌طور کلی گونه‌های مختلف گیاه و گرده گل که زنبور عسل از آنها جهت شهد استفاده می‌کند با توجه به شرایط آب و هوایی، ترکیبات خاک و منطقه جغرافیایی منطقه متفاوت است و عسل حاصل از آنها یکسان نخواهد بود لذا اثرات بیولوژیک آنها نیز تحت تاثیر این شرایط متفاوت خواهد بود.

نمونه‌های عسل نشان دادند که با مطالعه حاضر مطابقت داشت. همچنین در مطالعه آنان کمترین غلظت مهارکنندگی برای سوبه‌های /استافیلوکوکوس اورئوس مقاوم به متی‌سیلین در محدوده 3/12% تا 12/5% و برای اش‌ریشیا کلی و سودوموناس آئروژینوزا 12/5% بود که با مطالعه حاضر مطابقت دارد.

Menon و Mullai (2007) کمترین غلظت مهارکنندگی انواع مختلف عسل علیه ایزوله‌های محیطی و کلینیکی سودوموناس آئروژینوزا در محدوده 10-20 درصد گزارش کردند.

به‌طور کلی نتایج نشان داد که با توجه به منشاء گیاهی مختلف نمونه‌های عسل فعالیّت ضدباکتریایی مختلفی را نشان دادند. Al-Waili و همکاران (2005) در مطالعه اثرات مهارتی نمونه‌های عسل‌های مختلف از کشور ترکیه به این نتیجه رسیدند که نمونه‌های عسل با توجه به منشاء گیاهی مختلف فعالیّت مهارتی متنوعی را نشان می‌دهند. Alzahrani و همکاران (2012) نیز در مطالعه خود

جدول 2- کمترین غلظت مهارکنندگی (MIC) و کمترین غلظت باکتری کشی (MBC) هر یک از نمونه‌های عسل

نمونه عسل	آویشن		شوید		زول		پونه	
	MBC	MIC	MBC	MIC	MBC	MIC	MBC	MIC
نام باکتری								
شیگلا دیسانتری	15%	15%	25%	15%	10%	25/6%	10%	12/5%
استافیلوکوکوس اورئوس	15%	12/5%	25%	12/5%	10%	10%	10%	12/5%
باسیلوس سرئوس	15%	25%	25%	12/5%	10%	10%	25%	25%
اش‌ریشیا کلی	25%	50%	30%	30%	25%	25%	25%	50%

محتویات آب به عواملی همچون دمای کندو و عوامل استخراج در عسل بستگی دارد (Molan, 2002).

خاکستر

نتیجه به‌دست آمده از اندازه‌گیری محتوای خاکستر نمونه‌های عسل نشان داد که عسل زول با 0/186 درصد بیشترین محتوای خاکستر را نسبت به سایر عسل‌های مورد آزمون به خود اختصاص داد (جدول 3). مطالعات دیگر نتایج مشابه با محدوده محتوای خاکستر مطالعه حاضر گزارش کرده‌اند (Kamal et al., 2002; Aasima et al., 2008; Akram et al., 2014). خاکستر در واقع نشان‌دهنده تجزیه و تحلیل مواد معدنی در عسل است. مواد معدنی در عسل به نوع گیاه و نوع خاک بستگی دارد همچنین محتوای خاکستر به منشاء گل، میزان گرده گل و مواد جمع‌آوری شده توسط زنبور عسل مربوط می‌شود (Kamal et al., 2002). پایین بودن خاکستر نشانه گیاهی بودن و طبیعی بودن منشاء عسل است و عسل‌های شهد معمولاً میزان خاکستر کمتری دارند (Bogdanov et al., 2002).

خصوصیات فیزیوشیمیایی نمونه‌های عسل

کیفیت عسل تولید شده توسط زنبوردار بستگی به تعدادی از ویژگی‌های فیزیوشیمیایی همچون میزان رطوبت، محتوای خاکستر، pH، اسیدیته، میزان قندهای احیاء‌کننده و... موجود در عسل دارد. به همین جهت استانداردهایی توسط کشورهای مختلف وضع شده است که عسل بایستی آن ویژگی‌ها را داشته باشد. در این ارتباط کمیسیون مواد غذایی کدکس و کمیسیون اروپا معیارهایی برای کنترل کیفیت عسل ارائه نموده‌اند.

رطوبت

نتیجه به‌دست آمده از آزمایشات فیزیوشیمیایی برای اندازه‌گیری میزان رطوبت نمونه‌های عسل در مطالعه حاضر نشان داد که میزان رطوبت عسل‌های مورد آزمون در محدوده 25/36 - 22/56 بوده است و عسل شوید بیشترین میزان رطوبت را نسبت به سایر عسل‌های مورد آزمون داشت (جدول 3). مطالعات مشابه درصد رطوبت نمونه‌های مختلف عسل را در محدوده نمونه‌های مطالعه حاضر گزارش نموده‌اند (Iftikhar et al., 2011; Akram et al., 2014). رطوبت بالا در عسل به میزان رطوبت زمان تولید عسل بستگی دارد. همچنین

اسیدیته

عوامل مختلفی در میزان اسیدیته عسل دخیل هستند. اسیدیته آزاد در عسل به علت وجود اسیدهای آلی مثل اسید سیتریک، اسید گلوکونیک، اسید استیک، اسید لاکتیک و اسید بوتیریک است. فراوانترین اسید موجود در عسل اسید گلوکونیک می باشد که از تجزیه آنزیمی گلوکز توسط گلوکز اکسیداز تولید شده است. گلوکز اکسیداز آنزیمی است که به طور طبیعی در عسل یافت می شود (Oddo and Piro, 2004). اسیدیته نمونه های عسل مورد بررسی در محدوده 12/58-13/92 میلی اکای والان در کیلوگرم است (جدول 3).

در حالیکه حداکثر مجاز استاندارد 40 میلی اکای والان در کیلوگرم ارائه شده است (استاندارد ایران، شماره 92). مطالعات مشابه میانگین اسیدیته کمتر از حد مجاز را گزارش کرده اند (لکزاده و همکاران، 1392، کامکار و همکاران، 1391، جاهد و کامکار، 1384، Rouff et al., 2007).

اسیدیته کمتر نمونه های عسل مورد بررسی در مطالعه حاضر در مقایسه با حداکثر مجاز استاندارد یعنی 40 میلی اکای والان در کیلوگرم می تواند به این دلیل باشد که در این نمونه ها تخمیر ناخواسته در اثر رطوبت بالا که باعث افزایش اسیدیته می شود، اتفاق نیفتاده است.

جدول 3- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه های عسل مورد آزمون

نوع عسل	اسیدیته آزاد (meq/kg)	pH	رطوبت (درصد)	محتوای خاکستر (درصد)	میزان قندهای احیاء کننده (درصد)
شوید	13/92±0/29	4/15±0/015 ^c	25/36±0/15 ^a	0/114±0 ^d	63/8±0/1 ^a
آویشن	12/58±0/87	4/26±0/015 ^a	22/56±0/05 ^d	0/147±0/0005 ^b	63/7±0 ^a
زول	13/18±1/14	4/19±0/011 ^{bc}	24/03±0/05 ^b	0/186±0/0005 ^a	63/7±0/26 ^a
پونه	13/40±2/91	4/24±0/066 ^{ab}	23/76±0/05 ^c	0/121±0/0005 ^c	63/74±0/26 ^a

حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار می باشد.

pH

pH عسل در محدوده اسیدی می باشد و استانداردهای جهانی pH عسل را بین 3/2 تا 4/5 مجاز می دانند و حداقل pH مجاز برای عسل از سوی سازمان ملی استاندارد ایران 3/5 گزارش شده است. pH اسیدی عسل اساساً به دلیل حضور برخی از اسیدها از جمله گلوکونیک اسید که از تخریب گلوکز توسط گلوکز اکسیداز تولید می شود (Oddo and Piro., 2004). pH نمونه های عسل مورد آزمون در محدوده 4/15-4/26 و رابطه معکوس بین pH و اسیدیته عسل مشهود بود (جدول 3).

قندهای احیاء کننده

قندها از اجزای مهم عسل ها هستند که نقش مهمی را در تعیین خواص فیزیکی مانند تبلور، ویسکوزیته ایفا می کند. قندهای احیاء کننده در عسل گلوکز و فروکتوز هستند. میزان قند موجود در عسل بر ویژگی های بیولوژیک عسل تأثیرگذار است. ویژگی هایی مانند رطوبت عسل، انرژی زایی آن، مزه، کریستالی شدن، رنگ تحت تأثیر قند موجود در آن است. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران حداقل مقدار قندهای احیاء کننده را در عسل 65 گرم درصد

مجاز می داند. میزان قندهای احیاء کننده در نمونه های عسل مورد آزمون در محدوده 63/7-63/8 گرم درصد به دست آمد. مطالعات مشابه میزان قندهای احیاء کننده در نمونه های عسل را در محدوده مطالعه حاضر نشان دادند (Anupama et al., 2003; Fahim et al., 2014).

نتیجه گیری

به طور کلی نتایج این مطالعه حاکی از اثرات ضدباکتریایی عسل های مورد آزمون بود و فعالیت ضدباکتریایی عسل با توجه به منشاء گیاهی آن متغیر است. فعالیت ضدباکتریایی عسل زول در مهار رشد باکتری های مورد آزمون قابل توجه بود. شیگلا دیسانتری حساس ترین باکتری و اشرشیاکلی مقاوم ترین باکتری مورد آزمون نسبت به نمونه های عسل در این تحقیق بودند. گونه های مختلف گیاه و گرده گل که زنبور عسل از آنها جهت شهد استفاده می کند با توجه به شرایط آب و هوایی، ترکیبات خاک و منطقه جغرافیایی منطقه متفاوت است و عسل حاصل از آنها یکسان نخواهد بود لذا اثرات بیولوژیک آنها نیز تحت تأثیر این شرایط متفاوت خواهد بود.

منابع

- موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. 1377. عسل، ویژگی ها و روش های آزمون. استاندارد ملی ایران، شماره 92، تجدیدنظر ششم.
- Asima, Z., Safdar, M.N., Siddiqui, N., Mumtaz, A., Hameed, T., & Sial, M.U., 2008, Chemical and analysis and sensory evaluation of standard honey collected from Islamabad and Rawalpindi market. *Pakistan Journal of Agricultural Research*, 21(1): 8691.

- Akram, A., Sohail, A., Masud, T., Latif, A., Tariq, S., Butt, S.G., & Hassan, I., 2014, Physico-chemical and antimicrobial assessment of honey of *Apis dorsata* from different geographical regions of Pakistan. *International Journal of Agricultural Science Research*, 3(2): 025-030.
- Allen, K.L., Molan, P.C., & Reid, G.M., 1991, a survey of the antibacterial activity of some New Zealand honey. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 43(12): 817-22.
- Al-Waili, N.S., 2005, Mixture of honey, beeswax and olive oil inhibits growth of *Staphylococcus aureus* and *Candida albicans*. *Archives of Medical Research*, 36(1): 10-3.
- Anupama, D., Bhat, K.K., & Sapna, V.K., 2003, Sensory and physico-chemical properties of commercial samples of honey. *Food Research International*, 36: 183–191.
- Bogdanov, S., Lüllmann, C., Martin P., Ohe, W., Russmann, H., Vrowohl, G., Oddo, L., Sabatini, A. G., Marcazzan, G. L., Piro, R., Flamini, C., Morlot, M., Lheritier, J., Bornneck, R., Marioleas, P., Tsigouri, A., Kerkvliet, J., Ortiz, A., Ivanov, T., Darcy, B., Mossel, B. & Vit, P., 2002, Honey quality and International honey Commission. Virtual Beekeeping Gallery, Apicervices-Article. Honey quality. Swiss Bee Research Centre, FAM, Liebefeld, Switzerland. PP: 1-3.
- Boukraa, L., & Amara, K., 2008, Synergistic action of starch on the antibacterial activity of honey. *Journal of Medicinal Food*, 11(1): 195-198.
- Ceyhan, N., & Ugur, A., 2001, Investigation of in vitro antimicrobial activity of honey. *Rivista di Biologia*. 94: 363–371.
- Fahim, H., Dasti, G.I., Ali, I., Ahmed, S., & Nadeem, M., 2014, Physico-chemical analysis and antimicrobial potential of *Apis dorsata*, *Apis mellifera* and *ziziphus jujube* honey samples from Pakistan. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 4(8): 633-641
- Fidaleo, M., Zuurro, A., & Lavecchia, R., 2011, Antimicrobial activity of some Italian honeys against pathogenic bacteria. *Chemical Engineering Transactions*, 24: 1015-1020.
- Franklin, R., Cockerill, I.L.L., Matthew, A., Wikler, M.B.A., FIDSA Jeff Alder, & Michael, N., 2012, Methods for Dilution Antimicrobial Susceptibility Tests for Bacteria That Grow Aerobically; Approved Standard—Ninth Edition. *Clinical and Laboratory Standards Institute*, M07-A9 32(2).
- Guerrini, A., Bruni, R., Maietti, S., Poli, F., Rossi, D., Paganetto, G., Muzzoli, M., Scalvenzi, L., & Sacchetti, G., 2009, Ecuadorian stingless bee (*Meliponinae*) honey: A chemical and functional profile of an ancient health product. *Food Chemistry*, 114:1413–1420.
- Hamouda, H.M. & Marzouk, D.S., 2011, Antibacterial Activity of Egyptian Honey from Different Sources. *International Journal of Microbiological Research*, 2: 149-155.
- Hegazi, A., Sherein, I., El-Moez, A.M., Abdou, A., & Abd Allah, F., 2014, Antibacterial Activity of Some Types of Monofloral Honey against *Clostridium acetobutylicum* and *Clostridium perfringens*. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 3(9): 552-565.
- Iftikhar, F., Masood, M.A., & Waghchoure, E.S., 2011, Comparison of *Apis cerana*, *Apis dorsata*, *Apis florea* and *Apis mellifera* from different areas of Pakistan. *Asian Journal of Experimental Biological Sciences*, 2(3): 399-403.
- Jahed Khaniki, Gh.R. & Kamkar, A., 2005, A Survey of Physico-chemical Properties of Produced Honey in Garmsar City in 2003. *Journal of Food Science & Technology*, 1(4): 35-41
- Kamal, A., Saeeda, R., Nouman, N., Tabassum, N., Musarrat, G., Qurehi, M., & Nasim, K., 2002, Comparative study of honey collected from different flora of Pakistan. *Online Journal of Biological Sciences*, 2(9): 626-627.
- Kamkar, A., Jahed Khaniki, Gh.R., & Golestani, M.A., & Zeyghami, M.M 2012, Evaluation of physico- chemical properties of distributed honeys in Tehran city. *Journal of Veterinary Research and Biological Products*, 25(2):10
- Khairy, E.A., Hedia, R.H., Dorgham, S.M., & Effat, M., 2013, Comparative studies on antimicrobial activities (AMA) of different types of honey using bacteria from animal origin. *International Journal of Microbiological Research*, 4(1): 50-5.
- Lakzadeh, L., Gheisaria, H.R., & Mahianeh, A.H., 2013, Comparison microbial and physicochemical characterization of different origin plant honeys in Esfahan province. *Journal of Veterinary Research and Biological Products*, 26(3): 23-30
- Mavric, E., Wittmann, S., Barth, G., & Henle, T., 2008, Identification and quantification of methylglyoxal as the dominant antibacterial constituent of Manuka (*Leptospermum scoparium*) honeys from New Zealand. *Molecular Nutrition & Food Research*, 52: 483-489.
- Molan, P.C., 2002, Re-introducing honey in the management of wounds and ulcers: theory and practice. *Ostomy Wound Manage*, 48: 28-40.
- Moussa, A., Saad, A., Noureddine, D., Aboud, B., Meslem, A., & Baghdad, K., 2011, the influence of starch of ginger on the antibacterial activity of honey of different types from Algeria against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *International Journal of Microbiological Research*, 2(3): 258-262.
- Nikaido, H., 2003, Molecular basis of bacterial outer membrane permeability revisited. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 67(4), 593-656.
- Nzeako, B.C., & Hamdi, J., 2000, Antimicrobial potential of honey on some microbial isolates. *Medical Sciences*, 2:

- 75-79.
- Oddo, L.P., & Piro, R., 2004, Main European unifloral honeys: descriptive sheets. *Apidologie*, 35(1): S38S81.
- Paulus, H., Kwakman, S., Sebastian, A & Zaat, J., 2012, Antibacterial Components of Honey. *IUBMB Life*, 64(1): 48-55.
- Ruoff, K., Luginbühl, W., Bogdanov, S., Bosset, J.O. & Estermann, B., 2007, Quantitative determination of physical and chemical measurands in honey by near-infrared spectrometry. *European Food Research and Technology*, 225(3-4): 415-423.
- Sherlock, O., Dolan, A., Athman, R., Power, A., Gethin, G., Cowman S., & Humphreys, H., 2010, Comparison of the antimicrobial activity of Ulmo honey from Chile and Manuka honey against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* and *Pseudomonas aeruginosa*. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 10(1):47-52.
- Standard No. 92, Honey, features and test methods, Institute of Standards and Industrial Research of Iran, 6nd Ed., 2008.
- Taormina, P.J., Niemira, B.A., & Bauchat, L.R., 2001, Inhibitory activity of honey against foodborne pathogens as influenced by the presence of hydrogen peroxide and level of antioxidant power. *International Journal of Food Microbiology*, 69: 217-225.
- Tumin, N., Halim, N., Shahjahan, M., Noor Izani, N., Sattar, M.A., Khan, A.H., & Mohsin, S.S.J., 2005, Antibacterial activity of local Malaysian honey. *Malaysian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 3(2): 1-10.



Antibacterial activity and physico-chemical analysis of several types of honey with different floral origins in the Golestan province

S. Hizomi Shirejini¹, H. Koohsari^{2*}, S.Z. Seyyed Alangi³

Received: 2017.01.13

Accepted: 2017.06.24

Introduction: Study in order to introduce new antimicrobial agents with natural origin to prevent the antibiotic resistance and eliminating its effects, employing chemical agents is an indispensable necessity. Honey, as an important food with natural origin has high antimicrobial potential. Several factors have contributed to the antibacterial activity of honey. For example, acidity, osmolarity, hydrogen peroxide, phenolic and flavonoid compounds, including these factors. Also, small amounts of glucose oxidase, protease, amylase, catalase and phosphatase enzymes and chemical compounds such as methylglyoxal are also effective. Floral origin of honey is effective on its biological properties including antimicrobial, anti-tumor, anti-inflammatory, antioxidant and antiviral activity. So this study was done to evaluate the antibacterial activity and physico-chemical analysis of four types of honey with different floral origin including: *Thyme*, *Eryngium*, *Pennyroyal* and *Dill* collected from the bee hives in Golestan province.

Materials and methods: Four honey samples with different floral origin including, *Thyme*, *Eryngium*, *Pennyroyal* and *Dill* were collected from the bee hive in the Golestan province in north of Iran. The bacterial strains used in this study, including two species of gram-negative of *Escherichia coli* and *Shigella dysenteriae* and the two species of gram-positive of *Staphylococcus aureus* and *Bacillus cereus* were provided in lyophilized. Bacterial strains in BHI broth were activated and from each of them were prepared bacterial suspensions equivalent to the McFarland 0.5 turbidity standard (1.5×10^8 CFU/ml). Evaluation of antibacterial activity using agar well diffusion method was performed. For this purpose serial dilutions of honey samples were prepared aseptically in sterilized distilled water. Surface of Mueller Hinton agar were uniformly inoculated with bacterial suspension containing of 1.5×10^8 CFU/ml. Then wells of 8 mm in diameter were prepared and these wells were filled with different dilutions of honey samples. After incubation at 37°C for 24 h, antibacterial activity was analyzed by measuring the zones of inhibition. Minimum inhibitory concentration (MIC) and minimum bactericidal concentration (MBC) of honey samples were determined by using broth macro-dilution method. For this purpose, each of the tubes from different dilutions of honey samples were added by 5×10^5 CFU/ml from each of the tested bacteria and incubated for 24 h at 37°C. The results for microbial turbidity of visible were recorded. The last dilution (lowest concentration) in which microbial turbidity was not observed, as the MIC was considered. For the determination of MBC, from the tube that contained honey concentrations higher than the MIC were cultured onto the agar medium. The MBC was defined as the lowest concentration that allowed no visible growth on the agar. Also the studied physico-chemical properties were moisture content, pH, acidity, ash content and reducing sugars that was performed according to the Iranian National Standard No. 92.

Results and Discussion: The results indicated that the antibacterial effects of the tested honeys, and the difference between floral origins honeys is effective in antibacterial properties. MIC and MBC values obtained for the tested honeys were in the range of 6.25-50% (vol/vol). Highest antibacterial activity was recorded for *Eryngium* honey by agar well diffusion method with zone of inhibition of 15.5, 14, 11 and 11 mm against *S. dysenteriae*, *S. aureus*, *B. cereus* and *E. coli* at concentration of 50% v/v respectively and its MIC for this bacteria were, 6.25%, 10%, 10% and 25% respectively. also low antibacterial activity of *Pennyroyal* honey was

1. Graduated student, Department of Food Science and technology, Azadshahr branch, Islamic Azad University, Azadshahr, Golestan province, Iran
 2. Assistant Professor, Department of Microbiology, Azadshahr branch, Islamic Azad University, Azadshahr, Golestan province, Iran
 3. Associate Professor, Department of Chemistry, Azadshahr branch, Islamic Azad University, Azadshahr, Golestan province, Iran
- (Corresponding Author Email: hadikoohsari@yahoo.com)

confirmed so that MIC of the this honey for *E. coli*, *S. aureus*, *B. cereus* and *S.dysenteriae* was, 50%, 25%, 12.5% and 10%, respectively. The quality of honey depends on a number of physico-chemical properties such as moisture, ash content, pH, acidity, the amount of sugars. For this reason, standards for honey have been set by different countries. The physico-chemical analysis of honeys showed moisture contents in the range of 22.56-25.36%, acidity in the range of 12.58-13.59 meq/kg, pH in the range of 4.15-4.26, reducing sugars in the range of 63.7-63.8%. Also the ash content of *Eryngium* honey with 0.183% was higher than the other honey samples. This higher level might be due to the higher pollen count in this region. High ash contents may also depend upon the floral origin of honey and the material collected by bees during foraging. The low acidity of honey samples studied in the present study was due to the fact that there was no unwanted fermentation in these samples. Overall, the results implied that honey samples with different floral origin collected from the bee hive in the Golestan province in north of Iran have variable potential antibacterial activity. The variety of antibacterial effects of different types of honey can be due to differences in plants that honey is obtained from. In other words, different species of plants in different regions have different compounds and their obtained honey will not be the similar and thus its biological effects also will be different.

Keywords: Honey, Antibacterial activity, Physico-chemical properties, Floral origin

بررسی شرایط تولید و خشک کردن شیر موز به روش کف پوشی با مایکروویو و بررسی خصوصیات پودر

فاطمه پورحاجی¹- فریده طباطبایی یزدی^{2*}- سید علی مرتضوی²- محبت محبی²- مصطفی مظاهری تهرانی²

تاریخ دریافت: 1395/09/05

تاریخ پذیرش: 1396/04/15

چکیده

نوشیدنی‌های میوه‌ای بخشی از رژیم غذایی انسان را در بسیاری از مناطق جهان تشکیل می‌دهند. در این میان شیرموز طرفداران زیادی را به خود اختصاص داده است. استفاده از تکنولوژی‌های نوین نظیر استفاده از روش کف پوشی و خشک کردن با مایکروویو برای کاهش میزان صدمات خشک کردن استفاده می‌شود. از این رو در پژوهش حاضر، شرایط بهینه‌یابی تولید کف شیر موز به روش رویه سطح پاسخ بر مبنای سه متغیر سرعت گاز نیتروژن (2- 0/2 لیتر بر دقیقه)، میزان صمغ گزانتان (0/25- 0/15 درصد) و نسبت شیر به موز (1-6 و 1-3) بررسی گردید. همچنین تأثیر سه ولتاژ متفاوت دستگاه مایکروویو (360، 660 و 900 ولت) و دو ضخامت 3 و 5 میلی‌متر بر روی نمونه بهینه ارزیابی شد. براساس نتایج مشخص گردید نمونه تحت تأثیر گاز نیتروژن با سرعت 0/2 لیتر بر دقیقه، 0/22 درصد صمغ گزانتان و 3 درصد موز دارای کمترین دانسیته و بیشترین پایداری بود. از این رو تیمار فوق به‌عنوان نمونه بهینه انتخاب گردید و با انرژی مایکروویو خشک شد. نتایج این بخش به وضوح نشان داد نمونه خشک شده با ضخامت 3 میلی‌متر تحت ولتاژ 900 ولت دارای بالاترین میزان روشنایی L* و بالاترین دمای گذار شیشه‌ای و کمترین میزان رطوبت بود.

واژه‌های کلیدی: بهینه‌سازی، کف شیرموز، دمای گذار شیشه‌ای، روش سطح پاسخ، صمغ گزانتان

مقدمه

که با هدف افزایش ماندگاری صورت می‌گیرد، خشک کردن و حذف آب آن می‌باشد (Haard et al., 1984, Vahideh et al., 2008). آب آن می‌باشد که این امر به‌طور معمول با خشک‌کن‌های هوای گرم صورت می‌پذیرد. هرچند که با این روش می‌توان تا حدودی زیادی از فساد میکروبی ممانعت نمود اما به موجب آن با معضلاتی نظیر تغییر رنگ، مزه و بو و کاهش ارزش تغذیه‌ای رو به رو خواهیم بود. از این رو محققان صنعت غذا، خشک کردن به روش کف پوشی، بهره‌مندی از مزایای انرژی مایکروویو و غیره را به‌عنوان جایگزین خشک نمودن با هوای گرم پیشنهاد می‌کنند. خشک کردن با کف پوشی روشی است که در آن ماده غذایی به‌صورت کف در آمده و سپس خشک می‌شود. در این روش به دلیل افزایش سطح تماس و سرعت بالای انتقال رطوبت از نمونه کف، امکان خشک کردن ماده غذایی در دمای پایین‌تر و مدت زمان کمتر را مهیا می‌سازد. افزون بر این، ساختار متخلخل نمونه کف خشک شده، سبب جذب سریع‌تر آب و افزایش سرعت انحلال ماده غذایی خشک شده، می‌گردد (Tavakolipour, 2009). از سوی دیگر خشک کردن با مایکروویو به دلیل سرعت بالا و صرفه‌جویی در میزان انرژی مصرفی، کیفیت بهتری را برای محصولات ارائه شده در پیش خواهد داشت (Sutar et al., 2007). همچنین حرارت ایجاد

موز به‌عنوان یکی از پرمصرف‌ترین میوه‌ها در جهان است و تقریباً در تمامی کشورهای نواحی گرمسیری کشت می‌شود. این میوه به دلیل داشتن مقادیر بالای نشاسته، قند، ویتامین‌های A و C، پتاسیم، سدیم و منیزیم از ارزش تغذیه‌ای بالایی برخوردار است و منبع مناسبی از انرژی محسوب می‌گردد (Fernandes et al., 2008). این میوه رده چهارم مهمترین محصولات غذایی (پس از برنج، گندم و ذرت) در کشورهای در حال توسعه را به‌خود اختصاص داده است (Andre et al., 2004). موز در حالت رسیده پس از برداشت بسیار آسیب‌پذیر بوده و به دلیل محتوای رطوبتی بالا در معرض فساد میکروبی می‌باشد که همین امر فروش و صادرات آن را با مشکل مواجه نموده است. از این رو راهکارهای مختلفی برای غلبه بر این مشکلات میوه تازه وجود دارد. یکی از روش‌های نگهداری و ذخیره‌سازی موز پس از برداشت

1 و 2- به ترتیب دانش‌آموخته دکتری و استاد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

(*مسئول مکاتبات: Email: tabatabai@um.ac.ir)

شیر (3-1 و 6-1) مورد بررسی قرار گرفت. همچنین پس از تعیین تیمار بهینه، تأثیر سه ولتاژ متفاوت دستگاه مایکروویو (360، 660 و 900 ولت) و دو ضخامت 3 و 5 میلی‌متر بر روی نمونه بهینه ارزیابی شد.

مواد و روش‌ها

موز تازه واریته کاوندیش از بازار محلی مشهد خریداری و به صورت یک‌جا در دمای یخچال (4 درجه سانتی‌گراد) نگهداری شد. صمغ گزانتان با نام تجاری Rhodigel™ (Xanthan) Gum (E415) و شیر خشک بدون چربی به ترتیب از شرکت رودیا فرانسه و پالود نیشابور خریداری گردیدند.

آماده‌سازی کف شیر موز

موزه تازه پس از پوست‌گیری به قطعات کوچک به قطر 1 میلی‌متر تبدیل شد. جهت جلوگیری از قهوه‌ای شدن آنزیمی نمونه‌ها، عمل آنزیم‌بری با آب در حال جوش (100 درجه سانتی‌گراد) به صورت غوطه‌وری و در مدت زمان 3 دقیقه انجام گردید. به منظور سرد کردن قطعات موز برش خورده، نمونه‌ها در ظرف حاوی آب 10 درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. در ادامه به منظور تولید پالپ از مخلوط‌کن خانگی (بوش، CNSM.30EW، 600w، اسلوانی) با سرعت 1500 دور بر دقیقه و مدت زمان 1 دقیقه استفاده شد. پس از تهیه پالپ، با شیر خشک بدون چربی در سطوح مختلف (3-6 درصد وزنی / وزنی) مخلوط و توسط اولتراتوراکس (IKA® Labortechnik) با توان 10000 دور بر دقیقه در مدت زمان 5 دقیقه هموژنیزه گردید. همچنین صمغ گزانتان آماده شده در سطوح 0/15 و 0/25 درصد به مخلوط قبلی افزوده گردید. لازم به ذکر است جهت تهیه صمغ گزانتان، 1 گرم از صمغ با 100 میلی‌لیتر آب توسط همزن مغناطیسی آزمایشگاهی مخلوط و به مدت 24 ساعت تا آبگیری کامل در یخچال (4 درجه سانتی‌گراد) نگهداری گردید. در انتها نمونه به دستگاه کف‌ساز طراحی شده توسط گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد انتقال یافت و دستگاه مورد نظر به مخزن گاز نیتروژن با سرعت‌های مختلف (2-0/2 لیتر بر دقیقه) متصل گردید. دور همزن دستگاه 1600 دور بر دقیقه و مدت زمان انتخابی 5 دقیقه در نظر گرفته شد. پس از تولید کف شیر موز و انتخاب نمونه بهینه براساس کمترین دانسیته و بیشترین پایداری این نمونه مورد بررسی قرار گرفت. سپس کف شیر موز در پلیت شیشه‌ای با ضخامت 3 و 5 میلی‌متر در مایکروویو در 3 ولتاژ (360، 660 و 900 ولت) تا رسیدن به وزن ثابت خشک گردید.

شده تحت تأثیر انرژی مایکروویو سبب تعامل دوقطبی آب در داخل مواد غذایی می‌شود و مولکول‌های آب به دلیل قطبی بودن ذاتی هنگامی که در برابر حرارت قرار می‌گیرند، نوساناتی ایجاد می‌نمایند که این نوسانات سبب افزایش خروج آب می‌گردد (Datta et al., 1995, Prabhanjan., 2001). علاوه بر این در منابع آمده است که انرژی مایکروویو این قابلیت را دارد که به صورت مستقیم به داخل کف نفوذ کند و قبل از به هم پیوسته شدن حباب‌ها، آب توزیع شده در سطح آن تبخیر و سبب خروج آب از داخل کف شود (Kadam et al., 2010). از این رو به نظر می‌رسد خشک کردن کف میوه‌ها با مایکروویو در تولید محصولی مطلوب و بازارپسند کارایی بیشتری نسبت به خشک‌کن‌های هوای گرم داشته باشد. در این زمینه مطالعات چندی صورت گرفته است که به برخی مختصراً اشاره می‌گردد. جیتانی و همکاران (2010) میزان جذب رطوبت و دمای انتقال شیشه‌ای پودر آناناس خشک شده به روش کف‌پوشی را مورد بررسی قرار دادند. لازم به ذکر است در تولید کف پوره سیب از 25 درصد آلومین تخم‌مرغ و 0/5 درصد متیل سلولز استفاده شد. همچنین در این پژوهش خشک کردن نمونه با خشک‌کن هوای همرفتی و انجمادی و مایکروویو صورت گرفت. علاوه بر این باید گفت که در نمونه خشک‌شده به روش انجمادی سطوح متفاوت مالتودکسترین (صفر، 0/6 و 1/5 درصد) وجود داشت. براساس نتایج تحقیق مشخص گردید که روش خشک کردن هیچگونه تأثیری بر روی جذب رطوبت و دمای انتقال شیشه‌ای نداشت. این در حالی بود که افزودن مالتودکسترین به فرمولاسیون کف پوره آناناس باعث افزایش دمای انتقال شیشه‌ای به میزان 10-30 درجه سانتی‌گراد و کاهش رطوبت گردید (Jittanti et al., 2010). از سوی دیگر زائین و همکاران (2011) جهت خشک نمودن کف انگور سیاه از دستگاه مایکروویو استفاده نمودند. در این پژوهش حجم پالپ، زمان خشک کردن و ضخامت و وزن پالپ متغیر قرار داده شد. براساس نتایج مشخص گردید افزایش قدرت مایکروویو و کاهش ضخامت پالپ، زمان خشک کردن را به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش داد. همچنین نتایج به وضوح نشان داد افزایش ضخامت پالپ در حفظ اسید آسکوربیک و میزان آنتوسیانین مؤثر بود. در نهایت یافته‌های این پژوهش حاکی از آن بود که جهت تولید یک نمونه مطلوب باید به ترتیب بهترین ضخامت و وزن نمونه 4/46 میلی‌متر و 56 گرم باشد. همچنین ولتاژ مناسب دستگاه مایکروویو 560 ولت و مدت زمان خشک کردن 8 دقیقه گزارش گردید (Xian-Zhe et al., 2011).

از این رو با توجه به نیاز جامعه در تولید محصولات متنوع با ماندگاری بالا و در عین با کیفیت مطلوب و بازارپسند به‌ویژه از نظر ظاهری، در پژوهش پیش‌رو شرایط بهینه‌سازی تولید کف شیر موز به روش سطح پاسخ بر مبنای سه متغیر سرعت گاز نیتروژن (2-0/2 لیتر بر دقیقه)، میزان صمغ گزانتان (0/15-0/25 درصد) و نسبت موز به

$$(3) \quad \text{وزن نمونه خشک شده} - \text{وزن نمونه اولیه} = \text{رطوبت (درصد)} \times \text{وزن نمونه اولیه}$$

دمای گذار شیشه‌ای

برای اندازه‌گیری دمای گذار شیشه‌ای از دستگاه کالریمتر روبشی افتراقی (DSC, model OIT-500 Sanaf Electronics Co) استفاده شد. ابتدا دستگاه توسط اینیدیوم در یک پن آلومینیوم کالیبره گردید. پس از کالیبراسیون حدود 10-12 میلی گرم از نمونه در داخل پن نمونه ریخته شد. یک پن آلومینیوم خالی به عنوان مرجع مورد استفاده قرار گرفت. از نیتروژن مایع با میزان دبی 20 میلی لیتر بر دقیقه جهت رساندن دمای نمونه‌ها از دمای محیط به دمای 10 درجه سانتی گراد استفاده شد. تمام آزمایش‌ها با نرخ گرمایشی یکسان 10 درجه سانتی گراد بر دقیقه و بازه دمایی 10 تا 100 درجه سانتی گراد انجام شد. در نهایت از ترموگرام به دست آمده برای اندازه‌گیری دمای گذار شیشه‌ای استفاده شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

روش سطح پاسخ (RSM) مجموعه‌ای از تکنیک‌های ریاضی و کاربردهای آماری است که برای مدل‌سازی و تجزیه و تحلیل مسائل، فرمولاسیون و بهینه‌سازی فرایندها با به حداقل رساندن تعداد آزمایشات به کار می‌رود. در واقع در روش سطح پاسخ برای هر متغیر وابسته به‌طور جداگانه مدلی تعریف می‌شود که اثر اصلی و متقابل فاکتورها را بر روی هر متغیر به صورت مجزا بیان می‌کند. برای آزمایشی که هدف آن بهینه‌سازی است، طرح مرکب مرکزی ارجحیت دارد (Qiu et al., 2010).

در فاز اول این تحقیق طرح مرکب مرکزی متمرکز شده¹ (FCCD) با 3 متغیر مستقل و شش تکرار در نقطه مرکزی طرح به منظور یافتن اثر متغیرهای مستقل (غلظت صمغ، نسبت موز به شیر و میزان گاز ورودی) بر خصوصیات کف شامل دانسیته و پایداری کف مورد استفاده قرار گرفت. سطوح متغیرهای مستقل به صورت حقیقی و کد شده برای متغیرهای ثابت در جدول 1 و 2 ارائه شده است. مدل‌های مختلفی بر داده‌های حاصل از آزمایش‌ها برازش داده شد و با توجه به نتایج آنالیز واریانس بهترین مدل انتخاب گردید. سپس بهینه‌سازی به روش سطح پاسخ با استفاده از نرم‌افزار Design Expert نسخه 6/02 (Stat-Ease Inc., Minneapolis, Minn., USA) صورت گرفت.

در فاز دوم تحقیق پیش رو که به بررسی خشک شدن نمونه بهینه با استفاده از انرژی مایکروویو پرداخته شد، ولتاژ دستگاه مایکروویو به صورت متغیر (360، 660 و 900 ولت) در نظر گرفته شد.

دانسیته کف

دانسیته کف مطابق با فرمول زیر و روش زائین و همکاران (2011) محاسبه گردید. لازم به ذکر است که کف تولیدی خیلی با دقت از دستگاه کف‌ساز خارج گردید که این امر با هدف حفظ ساختار کف بود (Xian-Zhe et al., 2010).

$$(1) \quad \text{کف دانسیته} = \frac{\text{وزن کف (گرم)}}{\text{حجم کف (متر مکعب سانتی)}}$$

پایداری کف

پایداری کف به این معناست که کف‌ها باید ساختار باز خودشان را طی فرایند خشک کردن حفظ کنند. این ساختار برای خشک کردن سریع تر و همچنین سهولت کار مطلوب است. بدین منظور مقدار 50 گرم کف بلافاصله پس از تولید درون قیف بوخنر با قطر 80 میلی متر که درون آن یک توری پلاستیکی با مش 40 برای جلوگیری از خروج کف قرار داده شده بود، ریخته شد و روی استوانه مدرج 50 میلی لیتر قرار گرفت. مایعی که در طول زمان به سبب نیروی گرانشی از کف جدا شده بود، در استوانه جمع گردید. حجم مایع جدا شده به ازاء میلی لیتر پس از 1 ساعت، مستقیماً از روی استوانه خوانده و ثبت شد (Stauffer, 1999 و Bag et al., 2011).

رنگ

رنگ نمونه‌های تولید شده توسط دستگاه هانتربل به روشی که توسط لی و همکاران (2008) صورت پذیرفت. برای این منظور ابتدا نمونه‌ها پودر و در کاپ مخصوص ریخته شد تا سطح آن کاملاً پوشانده شود. در این آزمون مقادیر L^*a^*b تعیین گردید. مقادیر L که بین صفر تا 100 (سیاه تا سفید) متغیر است شاخص روشنایی، مقادیر مثبت a شاخص قرمزی و مقادیر منفی آن شاخص سبزی محصول می‌باشد. هم چنین مقادیر مثبت b شاخص زردی و مقادیر منفی آن میزان آبی بودن محصول را نشان می‌دهد و هیو (Hue) براساس فرمول زیر محاسبه می‌شود (Stauffer, C. E. 1999).

$$(2) \quad \text{Hue} = \tan^{-1}(b^*/a^*)$$

رطوبت

2 گرم نمونه در پلیتهایی که از قبل با قرار دادن در آون به وزن ثابت رسیده و توزین شده‌اند، ریخته شد و سپس پلیت‌ها در آون در دمای 105 درجه سانتی گراد به مدت 6 ساعت تا رسیدن به وزن ثابت قرار گرفت. پس از آن نمونه‌ها تا سرد شدن در داخل دسیکاتور قرار گرفتند. در ادامه نمونه‌ها وزن شدند و محتوی رطوبتی از روی اختلاف وزن بین نمونه قبل و بعد از فرایند خشک کردن محاسبه و بر حسب ماده خشک بیان شد. میزان رطوبت نمونه‌ها طبق فرمول به دست آمد (AACC, 2000).

دومین متغیر این فاز، ضخامت کف (3 و 5 میلی متر) بود. به منظور آنالیز داده‌ها فاکتوریل از نرم افزار spss16 استفاده گردید

جدول 1- سطوح متغیرهای مستقل و کدهای مربوطه.

متغیر مستقل	نماد ریاضی	+1	صفر	-1
صمغ گزانتان (درصد)	X_1	0/25	0/2	0/15
نسبت موز به شیر خشک بدون چربی	X_2	1-3	1-4/5	1-6
گاز نیتروژن ورودی (لیتر بر دقیقه)	X_3	2	1/1	0/2

جدول 2- سطوح متغیرهای مستقل شرایط تولید کف شیر موز.

درصد موز به شیر خشک بدون چربی	گاز ورودی	صمغ زانتان	ردیف
3	2	0/25	1
3	0/2	0/25	2
4/5	2	0/2	3
4/5	1/1	0/15	4
6	2	0/25	5
6	2	0/15	6
4/5	1/1	0/2	7
6	0/2	0/25	8
6	1/1	0/2	9
3	2	0/15	10
3	0/2	0/15	11
4/5	1/1	0/2	12
4/5	1/1	0/2	13
4/5	1/1	0/25	14
4/5	0/2	0/2	15
3	1/1	0/2	16
4/5	1/1	0/2	17
6	0/2	0/15	18
4/5	1/1	0/2	19
4/5	1/1	0/2	20

نتایج و بحث

اثر متغیرهای مستقل بر دانسیته کف

دانسیته کف یکی از پارامترهای مهم در سیستم کف می باشد که بیانگر میزان هوای محبوس شده، طی فرایند همزدن درون کف و بیان کننده توانایی کف است. میزان بالای هوای محبوس شده توسط زدن سبب گسترش تولید بالای کف تولید می گردد. (Falade, 2010)

به منظور بررسی روند تغییر متغیرهای پاسخ با متغیرهای مستقل و پیش بینی پاسخ دانسیته، مدل های مختلفی بر داده های حاصل از آزمون های طراحی شده، برازش گردید. تجزیه آنالیز واریانس (جدول 3) نشان داد که غلظت صمغ گزانتان و هوای ورودی به صورت خطی اثر معنی داری ($P < 0/05$) بر دانسیته کف داشتند. این در حالی بود که

هرچند افزایش میزان موز سبب افزایش دانسیته گردید اما این افزایش معنی دار نبود. همچنین نتایج مدل چند جمله ای درجه دوم صمغ گزانتان، هوای ورودی و میزان موز بیانگر اثر معنی دار ($P < 0/05$) بود. همچنین با قرار دادن مدل چند جمله ای درجه دوم در معرض الگوریتم حذف مدل تجربی نهایی در قالب فاکتورهای کدگذاری شده که اثر معنی داری روی دانسیته کف داشتند، معادله زیر ارائه گردید.

$$Fd = 0/47 + 0/028 X_1 - 0/012 X_2 - 0/018 X_1^2 + 0/022 X_2^2 - 0/18 X_3^2 - 0/02 X_1 X_2 + 0/028 X_1 X_3 - 0/02 X_2 X_3 \quad (4)$$

در این رابطه X_1 مقدار غلظت صمغ (درصد)، X_2 میزان هوای ورودی (لیتر بر دقیقه) و X_3 میزان شیر خشک بدون چربی به موز (درصد) بود. با توجه به مدل ارائه گردیده، افزایش میزان غلظت صمغ سبب افزایش دانسیته شد. همچنین میزان هوای ورودی در یک

ناپایدار باشد (Maskan, 2002). علاوه بر این سطح در دسترس، ساینز حبابها، توزیع اندازه ذرات و کشش سطحی در پایداری کف نقش سازندهای دارند (Devries, 1958). بنابراین علاوه بر دقت در روش تولید کف، استفاده از عامل کفزا و پایدارکننده آن نقش به سزایی در این امر دارد که در این تحقیق به آن پرداخته شده است. تجزیه آنالیز واریانس (جدول 3) به وضوح بیانگر آن بود که غلظت صمغ، سرعت گاز ورودی و میزان سطح مصرفی موز بر میزان پایداری کف اثر معنی داری ($P < 0/01$) داشت. همچنین معادله درجه دوم غلظت صمغ گزانتان اثری غیرمعنی دار از خود نشان داد. در حالیکه سرعت گاز ورودی و میزان موز مصرفی به ترتیب دارای اثر معنی دار در سطح ($P < 0/01$) و ($P < 0/05$) بودند. لازم به ذکر است که عبارت حجم زهکشی در ارتباط با پایداری کف است. بدین معنی که هرچه حجم زهکشی یا همان آب اندازی کمتر باشد، کف از پایداری بیشتری برخوردارست.

با قرار دادن مدل چند جمله ای درجه دوم در معرض الگوریتم حذف مدل تجربی نهایی در قالب فاکتورهای کد گذاری شده که اثر معنی داری روی دانسیته کف داشتند، معادله زیر ارائه گردید.

$$Dv = 8/86 - 26/17 x_1 + 3/17 x_2 - 3/11 x_3 + 10/9 x_1^2 - 0/538 x_2^2 + 0/34 x_3^2 - 9/4 x_1x_2 + 0/4 x_1x_3 + 0/18 x_2x_3 \quad (5)$$

در این رابطه x_1 مقدار غلظت صمغ (درصد)، x_2 میزان هوای ورودی (لیتر بر دقیقه) و x_3 میزان موز (درصد) بود. با توجه به مدل ارائه گردیده افزایش صمغ گزانتان در یک ضریب منفی سبب کاهش آباندازی (افزایش پایداری) شد. این در حالی بود که میزان هوای ورودی و سطح مصرفی موز با ضریب مثبت سبب افزایش آباندازی (کاهش پایداری) گردید.

از سوی دیگر تغییرات میزان پایداری تحت تأثیر میزان گاز ورودی، غلظت صمغ گزانتان و میزان موز به صورت سه بعدی در شکل 3 و 4 آورده شده است. همانطور شکل 3 نشان می دهد صمغ گزانتان نقش اساسی و مهم در پایداری کف داشت. به طوری که افزایش میزان آن می تواند با افزایش ویسکوزیته فاز پیوسته سبب افزایش مقاومت دیواره حبابهای هوا گردد و از فروپاشی آنها مانع نماید (Prins, 1988).

از سوی دیگر بگ و همکاران (2011)، پاسبان (1391)، عطاردی (1394) و صلاحی (1394) در مطالعه خود به ترتیب در زمینه تولید بکرایی، قارچ دکمه ای کف ریز جلبک اسپروولینا و طالبی بیان نمودند که افزایش ویسکوزیته فاز مایع سبب ایجاد یک ساختار شبکه ای در فاز پیوسته شده که به موجب آن دیواره فصل مشترک حبابها از شکسته شدن حفظ می گردد و از این طریق شرایط بهبود پایداری کف مهیا می گردد (Bag et al., 2011, Paseban, 2011, Atarodi, 2014, Salah. 2015). در ارتباط با میزان گاز ورودی باید گفت که

ضریب منفی افزایش دانسیته را نشان داد. لازم به ذکر است که دانسیته کف شیر موز بین 0/39 و 0/57 بود.

از سوی دیگر تغییرات میزان دانسیته تحت تأثیر میزان گاز ورودی، غلظت صمغ گزانتان و میزان موز به صورت سه بعدی در شکل 1 و 2 آورده شده است. همانطور شکل 1 نشان می دهد با افزایش سطح صمغ گزانتان، دانسیته کف افزایش یافت. علت این امر را چنین می توان، توجیه نمود که صمغ از طریق افزایش ویسکوزیته، از ورود هوا به داخل مایع ممانعت نمود و حداکثر هوای محبوس شده در کف را کاهش داد. از این رو افزایش دانسیته مشاهده گردید (Karim, 1999). نتایج پیش رو با نتایج بگ و همکاران (2011)، عزیزپور و همکاران (2013)، پاسبان (1392) و صلاحی (1394) که به ترتیب به تولید کف پالپ میوه bael، میگو، قارچ و طالبی پرداختند، مشابهت داشت (Azizpour et al., 2013, Bag et al., 2011, Salahi, m. 2015). از سوی دیگر بر اساس نتایج ارائه شده در شکل 2 می توان گفت که افزایش میزان گاز ورودی تا سطح 1/1 لیتر بر دقیقه میزان دانسیته کاهش و پس از آن افزایش این پارامتر مشاهده گردید. به نظر می رسد در بالاترین سطح نسبت موز به شیر خشک (3:1 درصد وزنی / وزنی) در ابتدای فرآیند تولید کف با ورود میزان گاز به سیستم، به دام انداختن حبابهای هوا در سطح بالایی اتفاق افتاد که به موجب آن دانسیته کاهش یافت. همچنین افزایش میزان دنا تورا سیون پروتئین ها و غیرطبیعی شدن آنها با اثرگذاری بر کاهش کشش سطحی در کاهش میزان دانسیته مؤثر بود (Raharitsif, 2006). اما در سطوح بیش از 1/1 لیتر بر دقیقه با افزایش میزان گاز ورودی، گویچه های هوا در داخل مایع با یکدیگر ادغام شده و اندازه حباب ها افزایش یافت که این امر به نوبه خود افزایش دانسیته را به دنبال داشت. در ارتباط با افزایش درصد موز نسبت به شیر دانسیته کف تا حدودی افزایش یافت هر چند این افزایش معنی دار نبود. به احتمال زیاد علت این امر کاهش رقت کف شیر موز و افزایش ویسکوزیته فاز پیوسته ناشی از افزایش غلظت مواد جامد و ممانعت از ورود هوا به درون سیستم طی فرایند هم زدن می باشد (Karim, 1999, Bag et al., 2011).

بررسی اثر متغیرهای مستقل بر پایداری کف

اندازه گیری میزان پایداری کف نقش مهمی را در ساختار کف بازی می کند. کف ایجاد شده در روش خشک کردن کف پوشی باید پایدار باشد و در طول فرایند خشک کردن، ساختار حبابها را حفظ نماید. چنانچه ساختار کف متلاشی شود زمان خشک کردن افزایش خواهد یافت و در نتیجه کیفیت محصول خشک شده، کاهش می یابد (Falade, 2010). انرژی بالای موجود در سطح مشترک هوا-مایع و اختلاف دانسیته بین فاز باعث می شود که کف از نظر ترمودینامیکی

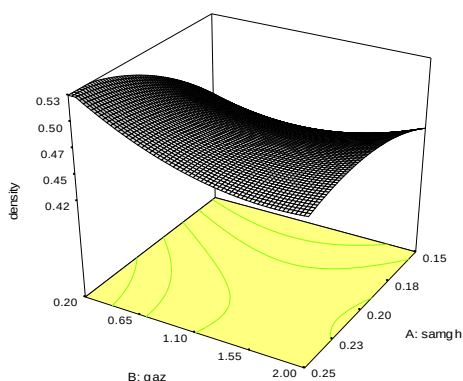
کمترین پایداری کف در بالاترین سرعت هوای ورودی بود. در این زمینه جرمیک و همکاران (1994) بیان نمودند اگر سائز حباب‌های هوا در سوسپانسون کوچکتر از حد معمول گردد، پایداری کف نسبت به زمانی که حباب‌های بزرگتر در نمونه موجود است به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد (Germick *et al.*, 1994). این امر به دلیل گرادیان بردار پلانتر (برخلاف جاذبه زمین) است که در حباب‌های بزرگتر، کمتر می‌باشد. به عبارت دیگر، میزان بالایی از آب در داخل کف همگن سبب کاهش پلانتر و افزایش آب اندازی می‌گردد (Falade *et al.*, 2010).

در پایین‌ترین میزان صمغ با افزایش گاز نیتروژن افزایش میزان آب‌اندازی و کاهش پایداری می‌گردد. علت این امر را می‌توان به فروپاشی حباب‌های گازی نسبت داد.

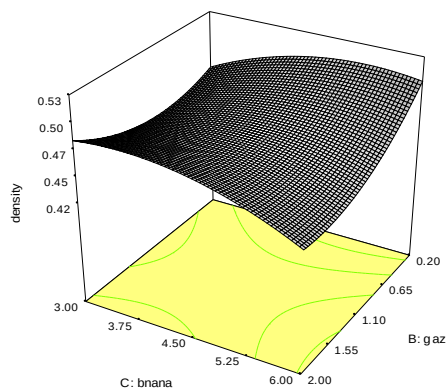
همچنین شکل 4 بیانگر آن است که افزایش سطح مصرفی موز، مقدار مایع جدا شده کاهش (آب اندازی کاهش) و پایداری کف شیر موز افزایش یافت. فالاده و همکاران (2003) در مطالعه خود به نتایج مشابهی دست یافتند و بیان نمودند که افزایش مواد جامد در سوسپانسیون از طریق افزایش ویسکوزیته بر بهبود پایداری کف نقش داشت (Falade *et al.*, 2010). علاوه بر این براساس نتایج به‌دست آمده (شکل 4) مشخص گردید که بیشترین میزان آب‌اندازی یا

جدول 3- نتایج تجزیه آنالیز واریانس مدل‌ها تحت اثر متغیرهای مستقل بر میزان دانسیته و پایداری کف به‌منظور انتخاب مدل مناسب برای پاسخ‌های اندازه‌گیری شده

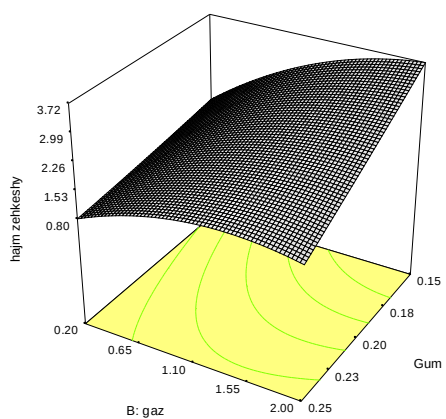
Source	df	Draining volum			df	foam density		
		coeff	sum square	p value		coeff	sum square	p value
model	9	2.279	37.818	< 0.0001	9	0.4712	0.024	< 0.0001
x ₁	1	-0.71	5.041	< 0.0001	1	0.028	0.00784	< 0.0001
x ₂	1	0.75	5.62	< 0.0001	1	-0.012	0.00144	0.0094
x ₃	1	1.5	22.5	< 0.0001	1	-0.002	0.00004	0.6048
X ₁ ²	1	0.027	0.00204	0.8813	1	-0.0181	0.000909	0.0290
X ₂ ²	1	-0.472	0.61	0.0241	1	0.0218	0.0013	0.0121
X ₃ ²	1	0.7772	1.66	0.0014	1	-0.0181	0.0009	0.0290
x ₁ x ₂	1	-0.425	1.445	0.0022	1	-0.02	0.0032	0.0007
x ₂ x ₃	1	0.3	0.72	0.0165	1	0.0275	0.006	< 0.0001
X ₂ x ₃	1	0.25	0.5	0.0376	1	-0.02	0.0032	0.0007
residual	10		0.871		10			
lack-of-fit	5		0.14	4.176958	5			0.5398
Pure error	5		0.0336		5			
Total	19				19			
R ²		0.97				0.946		
Adj-R		0.95				0.897		
Pre-R		0.83				0.657		
Adeq-Precision		28.3				20.90		



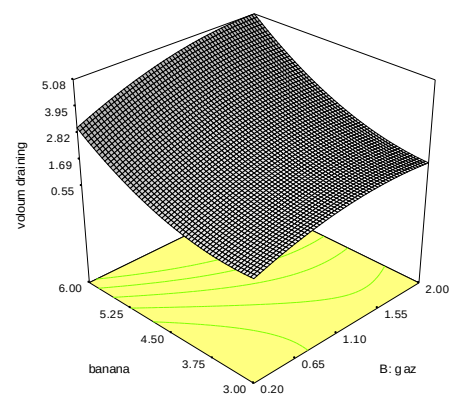
شکل 1- سطح پاسخ اثر صمغ گزانتان و گاز نیتروژن بر میزان دانسیته کف شیر موز.



شکل 2- سطح پاسخ اثر میزان موز و سرعت گاز نیتروژن بر میزان دانسیته کف شیر موز.



شکل 3- سطح پاسخ اثر صمغ گزانتان و گاز نیتروژن بر حجم زهکشی کف شیر موز (*حجم زهکشی یا میزان آباندازی با پایداری رابطه عکس دارد).



شکل 4- سطح پاسخ اثر میزان موز و گاز نیتروژن بر حجم زهکشی کف شیر موز (*حجم زهکشی یا میزان آباندازی با پایداری رابطه عکس دارد).

بهینه‌سازی

در این بخش (جدول 4) هدف از بهینه‌یابی بهبود خصوصیات فیزیکوشیمیایی کف شیر موز بود. تنظیمات انجام شده جهت بهینه‌یابی، شامل متغیرهای فرآیند (سرعت گاز نیتروژن ورودی برحسب لیتر بر دقیقه) در محدوده آزمایش و متغیرهای فرمولاسیون (غلظت صمغ گزانتان و موز برحسب درصد) در محدوده فرآیند بود.

جدول 4- بهینه‌سازی تولید کف شیر موز

Independent variable	Minimum	Maximum	Optimal value
نسبت موز به شیر	1-3	1-6	1-3
درصد صمغ (درصد)	0/15	0/25	0/25
گاز ورودی نیتروژن (لیتر بر دقیقه)	0/2	2	0/2

همچنین خصوصیات تولید کف براساس کمینه دانسیته و بیشینه پایداری تنظیم گردید. نتایج این بخش به وضوح نشان داد زمانی که میزان صمغ گزانتان 0/22 درصد، سرعت هوای ورودی 0/2 لیتر بر دقیقه و میزان موز 3 درصد بود، کمترین میزان دانسیته و بیشترین میزان پایداری کف شیر موز حاصل گردید. از این رو نمونه مذکور به‌عنوان نمونه بهینه جهت خشک شدن با مایکروویو انتخاب گردید.

مؤلفه‌های رنگی

نتایج ارزیابی مؤلفه‌های رنگی (L^*a^*b) و شدت رنگ (Hue) به‌ترتیب در جدول 5 و شکل 5 آورده شده است. همانگونه که نتایج نشان می‌دهد، ولتاژ متفاوت مایکروویو و ضخامت کف شیر موز اثر معنی‌داری در سطح 5 درصد بر میزان مؤلفه‌های رنگی محصول تولیدی و شدت رنگ آن داشت. به‌طوری که بالاترین میزان مؤلفه رنگی L^* مربوط به نمونه خشک‌شده با ضخامت 3 میلی‌متر و ولتاژ 660 مایکروویو بود. در حالی که کمترین میزان آن در نمونه خشک‌شده با ضخامت 5 میلی‌متر و ولتاژ 360 مایکروویو مشاهده گردید. کاهش این مؤلفه رنگی به معنی تیره شدن رنگ نمونه‌ها می‌باشد که این امر در ارتباط مستقیم با افزایش ضخامت محصول و ولتاژ دستگاه مایکروویو بود. البته لازم به ذکر است که نوع خشک‌کن و افزایش دمای خشک کردن نیز می‌تواند بر این مهم اثرگذار باشد و مرغوبیت محصول نهایی را کاهش دهد. در این راستا ارسلان و همکاران (2010) با مطالعه خود در زمینه خشک کردن برگ‌های نعنا فلفلی به این نتیجه دست یافتند که با افزایش درجه حرارت خشک کن و طولانی شدن زمان آن، مؤلفه رنگی L^* به‌طور چشمگیری کاهش یافت و نمونه‌ها تیره‌تر شدند. از این رو به احتمال زیاد تیره شدن نمونه‌های تولیدی (در پژوهش پیش رو) با افزایش ولتاژ مایکروویو و ضخامت کف شیر موز به‌ترتیب به دلیل افزایش میزان حرارت تولید شده در اثر انرژی مایکروویو و افزایش زمان خشک کردن باشد (Arslan et al., 2010). سیسال و همکاران (2006) از مایکروویو با توان 900 وات برای خشک کردن جعفری استفاده کردند. براساس نتایج این محققان مشخص گردید که هرچه مقدار نمونه گیاهی قرار گرفته شده در خشک‌کن افزایش یافت، هرچند که از مدت زمان خشک کردن کاسته شد اما به دلیل افزایش ضخامت محصول، کیفیت ظاهری نمونه‌ها به‌خصوص رنگ تقلیل یافت و تیرگی رنگ و کاهش مؤلفه رنگی L^* مشاهده گردید (Soysal et

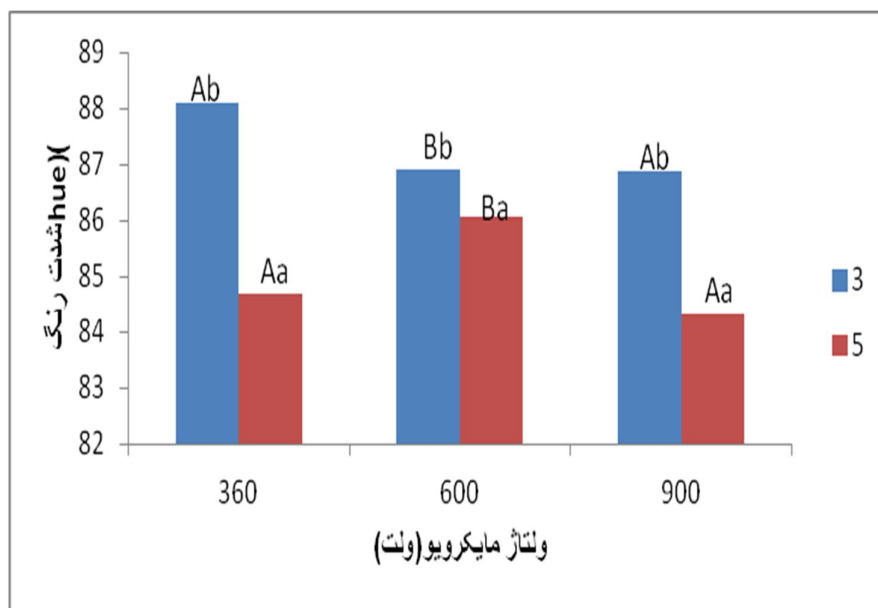
al., 2006) از سوی دیگر باید گفت که یافته‌های پیش رو به وضوح نشان داد که بیش‌ترین میزان مؤلفه رنگی a^* به نمونه با ضخامت 5 میلی‌متر و خشک شده با ولتاژ 900 ولت و کم‌ترین مقدار این شاخص متعلق به نمونه با ضخامت 3 میلی‌متر و خشک شده با ولتاژ 600 ولت دستگاه مایکروویو بود. از این رو به‌نظر می‌رسد افزایش ضخامت کف شیر موز به دلیل اثرگذاری بر افزایش زمان خشک شدن موجبات افزایش قرمزی یا مؤلفه رنگی a^* را فراهم نمود. همچنین نتایج حاکی از بالاترین میزان مؤلفه رنگی b^* در نمونه با ضخامت 3 میلی‌متر و خشک شده با ولتاژ 600 ولت بود که این امر نشان‌دهنده حفظ بهتر رنگدانه‌های طبیعی و زرد رنگ موجود در موز می‌باشد. در این راستا جوکار و همکاران (1391) بیان کردند که با افزایش سرعت جریان هوا و ضخامت محصول (انار) مؤلفه رنگی L^* کاهش یافت که علت تیرگی نمونه‌ها را افزایش مدت زمان خشک شدن دانستند. این محققان نیز گزارش کردند که با افزایش ضخامت محصول و سرعت جریان هوای داخل خشک‌کن مؤلفه رنگی a^* کاهش مؤلفه رنگی b^* افزایش یافت (Jokar et al., 2011).

علاوه بر این نتایج ارزیابی شدت رنگ که با عنوان شاخص هیو (Hue) نیز بیان می‌شود، نشان داد که نمونه با ضخامت 3 میلی‌متر و خشک شده با ولتاژ 600 ولت دستگاه مایکروویو از بالاترین میزان این پارامتر برخوردار بود. هالارد و همکاران (2006) بیان کردند که پایین بودن مقدار شاخص هیو رنگ نشان‌دهنده افزایش مقدار رنگ قهوه‌ای ناشی از واکنش‌های قهوه‌ای شدن است. بنابراین این احتمال وجود دارد که در ولتاژ 900 ولت دستگاه مایکروویو و نمونه‌های خشک شده با ضخامت 5 میلی‌متر بیشترین میزان واکنش‌های قهوه‌ای شدن اتفاق افتاده است که تحت تأثیر آن شدت رنگ یا شاخص هیو افزایش یافته است (Hawlder et al., 2006). واجدیلو و همکاران (2007) اثر سطوح متفاوت دمای خشک کردن بر رنگ نمونه‌های فلفل قرمز را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که با

افزایش دما از میزان مؤلفه رنگی مؤلفه رنگی L^* کاهش کاسته شد و نمونه‌های خشک شده در دمای 90 درجه سانتی‌گراد نسبت به سایر

جدول 5- اثر ضخامت و ولتاژ مایکروویو بر شاخص‌های رنگی (bad)

ضخامت	ولتاژ مایکروویو (ولت)	L^*	a^*	b^*
3	300	75/29	1/01	18/64
	600	77/68	0/71	21/37
	900	77/64	1/05	19/63
5	300	74/73	1/62	17/54
	600	76/36	1/37	20/10
	900	77/58	1/81	18/22



شکل 5- اثر ضخامت و ولتاژ مایکروویو بر شاخص شدت رنگ پودر شیر موز

کف از خروج رطوبت جلوگیری می‌شود. از سوی دیگر ذکر این نکته الزامی است که افزایش میزان ولتاژ مایکروویو به دلیل حرارت بالاتری که ایجاد می‌کند به عنوان یک عامل جهت خروج رطوبت از مواد غذایی می‌باشد. بنابراین قابل پیش‌بینی بود که با افزایش ولتاژ دستگاه از میزان رطوبت کاسته شود.

همچنین باید گفت که دامنه مطلوب رطوبت برای نمونه‌های پودری کمتر از 5 درصد می‌باشد. در صورت بالا بودن رطوبت پودرهای غذایی (به طور معمول بیش از 5 درصد)، امکان تغییرات فیزیکی نامطلوب افزایش می‌یابد و به موجب آن افزایش دانسیته و کاهش جریان‌پذیری و حلالیت پودرها حاصل می‌گردد (Taufiq et al., 2015). در این راستا کولاول و همکاران (2010)، کادام و بلاسوبرامانیان (2011) و صلاحی (1394) به ترتیب با خشک کردن

رطوبت

نتایج ارزیابی میزان رطوبت نمونه‌های تولیدی در جدول 6 آورده شده است. همانگونه که نتایج نشان می‌دهد، سطوح متفاوت ولتاژ مایکروویو بر میزان رطوبت دارای اثر معنی‌داری ($P < 0.01$) بود. به طوری که با افزایش ولتاژ دستگاه از میزان رطوبت کاسته شد و به ترتیب کمترین و بیشترین میزان رطوبت در نمونه‌های خشک‌شده با ولتاژ 900 و 360 ولت مشاهده گردید. این در حالی بود که ضخامت 3 و 5 میلی‌متر اثر قابل ملاحظه‌ای بر میزان رطوبت کف شیر موز نداشت. هرچند که این انتظار وجود داشت که نمونه‌های دارای ضخامت 5 میلی‌متر در مقایسه با نمونه‌های دارای ضخامت 3 میلی‌متر از رطوبت بالاتری برخوردار باشند. زیرا به دلیل پایین بودن نرخ انتقال حرارت در ضخامت‌های بالا و احتمالاً فروپاشی ساختار

کف موز، آب گوجه‌فرنگی و طالبی نتایج مشابهی را گزارش نمودند (Kadam et al., 2011، Kolawole et al., 2010 و (Salahi, 2015).

دمای گذار شیشه‌ای

تعیین شرایط نگهداری پودر میوه‌ها جهت دستیابی به پایداری بالا در طول انبارداری با ارزیابی دمای گذار شیشه‌ای امکان‌پذیر است که

می‌توان با نگهداری محصول در دمای پایین‌تر از دمای گذار شیشه‌ای و به‌کارگیری درب‌بندی هرمتیک جهت ممانعت از تبادل رطوبت با محیط از وقوع واکنش‌های مخرب جلوگیری کرد. در واقع با استفاده از تئوری دمای گذار شیشه‌ای می‌توان درک درستی از خواص سیستم‌های غذایی داشت و تغییراتی که طی فرایند نگهداری اتفاق می‌افتد را بررسی نمود.

جدول 6- بررسی اثر ضخامت و ولتاژ مایکروویو بر رطوبت و دمای گذار شیشه‌ای

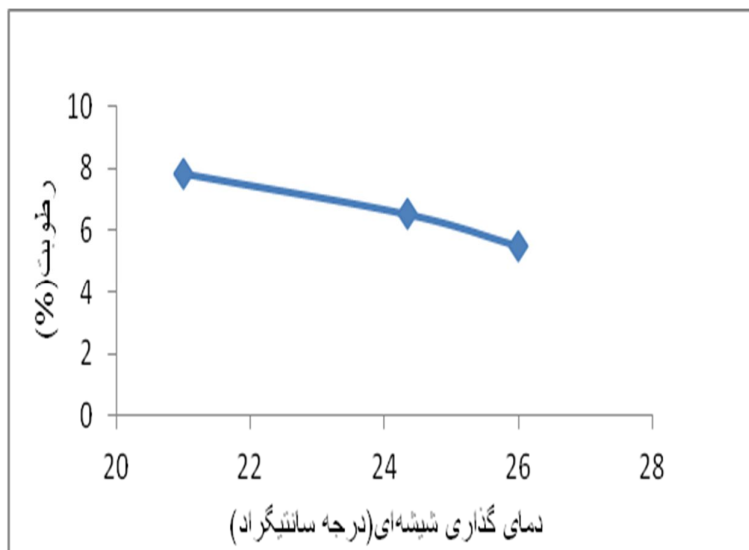
ضخامت (mm)	ولتاژ مایکروویو (v)	رطوبت (%)	دمای گذار شیشه‌ای (c)
	360	7/86Aa	30Ca
3	650	6/54Ba	32/33Ba
	900	5/44Ca	33/66Aa
	360	7/80 Aa	21Cb
5	650	6/51Ba	24/33Bb
	900	5/49Ca	26Ab

در جدول 5 مقادیر دمای گذار شیشه‌ای پودر شیر موز در شرایط مختلف خشک کردن (ولتاژ متفاوت مایکروویو و ضخامت‌های مختلف نمونه تولیدی) نشان داده شده است. نتایج به وضوح نشان داد ولتاژ بیشتر خشک‌کن سبب افزایش و بالا رفتن ضخامت کف شیر موز موجب کاهش دمای گذار شیشه‌ای شد. دلیل پایین بودن دمای گذار شیشه‌ای کف شیر موز در ولتاژ پایین‌تر مایکروویو ناشی از حضور قند فروکتوز، گلوکز، ساکارز و اسیدهای موجود در پودر (نظیر اسید سیتریک) در نمونه می‌باشد. لازم به ذکر است که این قندها و اسیدها دمای گذار شیشه‌ای پایینی دارند و به دلیل وزن مولکولی پایین اجزاء،

تحرك مولکولی زیادی هنگامی که دما اندکی بالاتر از دمای گذار شیشه‌ای می‌رسد، از خود نشان می‌دهند (Jay S. And Das, H., 2004). از سوی دیگر این انتظار وجود داشت که با افزایش ضخامت کف شیر موز به دلیل مشکل انتقال حرارت و در نتیجه بالاتر بودن محتوی رطوبتی، مقدار دمای گذار شیشه‌ای در پودرهای تولیدی کاهش یابد. همچنین در شکل 6 و 7 ارتباط بین محتوی رطوبتی و دمای گذار شیشه‌ای را در ضخامت‌های مختلف نشان می‌دهد که با افزایش محتوی رطوبتی، دمای گذار شیشه‌ای در هر دو ضخامت 3 و 5 میلی‌متر کاهش یافت.



شکل 6- اثر دمای گذار شیشه‌ای بر رطوبت در ضخامت 3 میلی‌متر



شکل 7- اثر دمای گذار شیشه‌ای بر رطوبت در ضخامت 5 میلی‌متر

نتیجه‌گیری

در این پژوهش استفاده از تکنولوژی‌های نوین نظیر استفاده از روش کف پوشی و خشک کردن با مایکروویو برای کاهش میزان صدمات خشک کردن استفاده شد و برای کنترل کف در طی تشکیل از گاز نیتروژن و برای پایداری از صمغ زانتان استفاده گردید شرایط بهینه‌یابی تولید کف شیر موز به روش رویه سطح پاسخ بر مبنای سه متغیر سرعت گاز نیتروژن (2- 0/2 لیتر بر دقیقه)، میزان صمغ زانتان (0/15- 0/25 درصد) و نسبت شیر به موز (1-6 و 1-3) بررسی گردید. بهینه‌سازی در این پژوهش بر مبنای بالاترین پایداری و کمترین دانسیته کف برای نرم افزار تعریف گردید و تیمار پیشنهادی

گاز نیتروژن با سرعت 0/2 لیتر بر دقیقه، 0/22 درصد صمغ زانتان و 3 درصد موز دارای دانسیته 0/39 و بیشترین پایداری (میزان آب‌اندازی صفر میلی‌لیتر بعد از یک ساعت) بود. برای فرایند خشک کردن تأثیر سه ولتاژ متفاوت دستگاه مایکروویو (360، 660 و 900 ولت) و دو ضخامت 3 و 5 میلی‌متر بر روی نمونه بهینه ارزیابی شد. براساس نتایج مشخص گردید از این رو تیمار فوق به عنوان نمونه بهینه انتخاب گردید و با انرژی مایکروویو خشک شد. نتایج این بخش به وضوح نشان داد نمونه خشک شده با ضخامت 3 میلی‌متر تحت ولتاژ 900 ولت دارای بالاترین میزان روشنایی L^* و بالاترین دمای گذار شیشه‌ای و کمترین میزان رطوبت بود.

منابع

- صلاحی، م. 1394. بهینه سازی شرایط تولید فرایند کف پوشی طالبی (*Cucumis melo*) و بررسی خصوصیات فیزیکیوشیمیایی آن، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.
- AACC (American Association of Cereal Chemists)., 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th ed. Method 14-50. The Association. Inc., St. Paul, MN, USA.
- Andre, Rodolph, T.J., Puiggali, w. and Jannot.Y. 2004. Shrinkage and density evolution during drying of tropical fruits: application to banana. *Journal of food engineering*, 64: 103-709.
- Arslan D., Ozcan M.M. and Okyay Menges H. 2010. Evaluation of drying methods with respect to drying parameters, some nutritional and colour characteristics of peppermint (*Mentha x piperita* L.). *Energy Conver and Manage*, 51: 2769- 2775.
- Atarodi, m. 2014. Foam mat drying spirulina (spirulina platensis): optimization of foaming conditions and investigation of powder properties, MSc Thesis ferdowsi university of Mashhad, [in Persian].
- Azizpour, M., Mohebbi, M., KHodaparast, M.H.H. and Varidi, M. 2013. Foam-mat drying of shrimp: Characterization and drying kinetics of foam. *CIGR J*, 15: 159-165.
- Bag, S.K., Srivastav, P.P., and Mishra, H.N. 2011. Optimization of process parameters for foaming of Bael (*Aegle marmelos* L.) fruit pulp. *Food and Bioprocess Technology*, 4(8): 1450-1458.
- Datta, A. K. and Anantheswaran, R. C. (2001). *Handbook of microwave technology for food applications*. New York: Marcel Dekker.

- Devries, A.J. 1958. Foam stability: A fundamental investigation of the factors controlling the stability of foam. *Rubber Chem. Technol*, 31: 1142–1205.
- Falade, K.O. and SOLADEMI, J.S. 2010. Modeling of air drying of fresh and blanched sweet potato slices. *Int. J. Food Sci. Technol*, 45: 278–288.
- Fernandes, F.A.N., Gallo, M.I. and Rodrigues, S. 2008. Effect of osmotic dehydration and ultrasound pre-treatment on cell structure: Melon dehydration. *LWT–Food Science and Technology*, 41: 604–610.
- Germick, R.J., Rehill, A.S. and Narsimhan, G. 1994. Experimental investigation of static drainage of protein stabilized foams – comparison with model. *J. Food Eng*, 23: 555–578.
- Haard, N.F. 1984. Postharvest physiology and biochemistry of fruits and vegetables. *Journal of Chemical Education*, 61: 277–283.
- Hawladar, M.N.A., Perera, C.O., and Tian, M. 2006. Properties of modified atmosphere heat pump dried foods. *Journal of Food Engineering*, 47: 704–296.
- Jaya, S. and Das, H. 2004. Effect of maltodextrin, glycerol monostearate and tri calcium phosphate on vacuum dried mango powder properties. *Journal of Food Engineering*, 63: 125–134.
- Jittanti, W., Niti-Att, S. and Techanunatachikul, O. 2010. Study of spray drying of pineapple juice using maltextrin and adjunct.chiang Mai. *Journal of food science*, 37: 498–506.
- Jokar, A., Zomorrodian, A., Maftoon Azad, N. and Jokar, L. 2011. Using of RSM to determine of dried pomegranate conditions in sun drier. *Journal of agricultural and engineering research*, 1: 57–72.
- Kadam, D.M. and Balasubramanian, S. 2010. Foam mat drying of tomato juice. *Journal of Food Processing and Preservation*, 1745–4549.
- Kadam, D.M., Rai, D.R., Patil, R.T., Wilson, R.A., Kaur, S. and Kumar, R. 2011. Quality of fresh and stored foam mat dried mandarin powder. *International Journal of Food Science and Technology*, 46(4): 793–799.
- Karim, A.A. and Wai, C.C. 1999. Characteristics of foam prepared from star fruit (*Averrhoa carambola* L.) puree by using methyl cellulose. *Food Hydrocolloids*, 13: 203–210.
- Kolawole, O. F. and Okocha, O. J. 2010. Foam-mat drying of plantain and cooking banana (*Musa* spp.). *Food Bioprocess Technology*, 5 (4): 1173–1180.
- Li, Y., Xu, S.Y. and Sun, D.W. 2007. Preparation of garlic powder with high allicin content by using combined microwave–vacuum and vacuum drying as well as microencapsulation. *Journal of Food Engineering*, 83: 76–83.
- Maskan, A., Kaya, S. and Maskan, M. 2002. Hot air and sun drying of grape leather (*pestil*). *J. Food Eng*, 54: 81–88.
- Paseban, a. 2011. Optimization of processes parameters for foam mat drying of mushroom. Msc thesis of ferdowsi university Mashhad, [in Persian].
- Prabhanjan, D.G., Ramaswamy, H.S. and Raghavan, G.S.V. 1995. Microwave assisted convective air drying of thin layer carrots. *Journal of Food Engineering*, 25(2): 283–293.
- Prins, A. 1988. Principles of foam stability. In *Advances in Food Emulsions and Foams* (E. Dickinson and G. Stainsby, eds.) pp. 91–122, Elsevier Applied Science, New York, NY.
- Qiu, L., Zhao, G., Wu, H., Jiang, L., Li, X., and Liu, J. 2010. Investigation of combined effects of independent variables on extraction of pectin from banana peel using response surface methodology. *Carbohydrate Polymer*, DOI: 10.1016/j. carbpol. 2010. 01.018.
- Raharitsif, N., Genovese, D.B. and Ratti, C. 2006. Characterization of apple juice foams for foam-mat drying prepared with egg white protein and methylcellulose. *Int. J. Food Sci*, 71: 142–151.
- Soysal Y., Oztekin S. and Eren O. 2006. Microwave drying of parsley: modelling, kinetics, and energy aspects. *Biosystems Engineer*, 93(4): 403–413.
- Stauffer, C. E. 1999. *Emulsifiers*. St. Paul, Minnesota: Eagan Press.
- Sutar, P.P. and Prasad, S. 2007. Modeling microwave vacuum drying kinetics and moisture diffusivity of carrot slices. *Drying Technology*, 25(10): 1695–1702.
- Taufiq, A.M., Yusof, Y.A., Chin, N.L., Othman, S.H., Serikbaeva, A. and Aziz, M.G. 2015. Physicochemical properties of tamarind and pineapple fruit pulps and power. *International Food Research Journal*, 707–712.
- Tavakolipour, H. 2009. Drying of food and agricultural productions, [in Persian].
- Vahideh, R.R.N., Narendra, J. and Gabriel, F. 2008. Effect of osmotic pre-dehydration on drying characteristics of banana Fruits. *Journal of Food Technology*, 28(2):269–273.
- Wojdyło, A., Oszmianski, J. and Czemerys R. 2007. Antioxidant activity and phenolic compounds in 32 selected herbs. *Food Chemistry*, 105: 940–949.
- Xian-Zhe Zheng, Cheng-Hai Liu and He Zhou. 2011. Optimization of Parameters for Microwave-Assisted Foam Mat Drying of Blackcurrant Pulp. *Drying Technology*, 29: 230–238.



Foam mat drying of banana milk using microwave and evaluation of resulting powders's properties

F. Pourhaji¹, F. Tabatabaei Yazdi^{2*}, S. A. Mortazavi², M. Mohebbi², M. Mazaheri Tehrani²

Received: 2016.11.25

Accepted: 2017.07.06

Introduction: Banana is one of the most consumed fruit in the world and is cultivated almost in all tropical countries. This fruit has a high nutritional value and is a suitable source of energy due to the presence of high amount of starch, sugar, vitamin A and C, potassium, sodium, and magnesium. Banana is highly vulnerable after harvesting and is subject to the microbial spoilage due to the high moisture content which makes difficult its sales and exports. Therefore, several methods have been used to overcome these problems. Drying and dehydration are methods to extend the shelf life of banana which usually carries out by hot air. This method can prevent some degree of microbial spoilage, but it has some disadvantages such as changing color, taste, flavor and reducing the nutritional value.

Foam-mat drying as a substitute for hot air drying introduces some advantages such as using the microwave energy. In this method, food products are whipped to form stable foam and then dehydrated by thermal means. Due to the larger surface area and accelerated moisture transfer from foam, food products can be dried at lower temperature and time by this method of drying. Moreover, the porous structure of dried foam results in a faster rehydration and solubility of dried food samples. Additionally, microwave-assisted drying results in a product with better quality because of faster rate and saving energy.

Materials and methods: The fresh banana was cut into small pieces with a diameter of 1.0 mm after peeling. To prevent the enzymatic browning of samples, blanching was carried out by boiling water (100 °C) for 3 min. After that, the banana cuts were placed in a container containing 10°C water in order to cool. To produce pulps, the homemade Bosch mixer (model w600, CNSM, 30EW, Slovenia) at a speed of 1500 rpm and 1.0 min was used. Then, the pulps were mixed with skim milk at different concentrations (3-6 % w/w) and homogenized by ultra-turrax (IKA® Labortechnik) at 10000 rpm for 5.0 min. Moreover; the prepared xanthan gum was added to the mixture at concentrations of 0.15 and 0.25%. Xanthan gum was prepared by adding 1.0 g gum into 100 mL water and mixing by magnet stirrer. Afterwards, the gum solution was kept overnight at 4 °C for complete hydration. Finally, the sample transferred into the foam-maker device which was connected to a nitrogen gas tank with different flow rate (0.2-2 L min⁻¹). The speed and time were adjusted to 16000 rpm and 5.0 min, respectively. After the producing of banana milk foam and selecting optimum sample based on the lowest density and the highest stability, the drying kinetic of this sample was studied. Then the banana milk foam was dried using microwave (360, 660 and 900 V) in a glass plate with diameter of 3.0 and 5.0 mm. Foam density and stability were determined by the methods of Xian-Zheetal (2010), Stauffer (1999) and Bag et al. (2010). The color of samples was studied by hunterlab. Moisture content also was measured based on the AACC standard method (AACC, 2000). Glass transition temperature also was determined by differential scanning calorimetry (DSC, model OIT-500 Sanaf Electronics Co, Iran).

Results and Discussion: In the present study, foam-mat method and microwave drying were used to reduce the drying damages. Nitrogen gas and xanthan gum also were used respectively to control foam generation and improve the stability of foams. Optimization of the banana milk production was carried out using response surface methodology based on three variables including the rate of nitrogen gas (0.2-2 L min⁻¹), concentration of xanthan gum (0.15-0.25 %) and milk to banana ratio (1:6 and 1:3). Optimization was done based on the highest stability and lowest foam density. The optimum condition was proposed as the nitrogen gas rate of 0.2 L min⁻¹, xanthan gum of 0.22 % and 3% banana which showed the density of 0.39 and the highest stability (0 mL after 1.0 h). After that, the optimum sample was dried by microwave. The effects of three levels of microwave voltage

1 and 2. Ph.D Student and Professor, Department of Food and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad.

(*Corresponding Author Email: tabatabai@um.ac.ir)

(360, 660 and 900 V) and two diameters (3 and 5 mm) were evaluated for drying of optimum sample. The results showed that the sample dried with diameter of 3 mm and voltage of 900 V had the highest L^* , highest glass transition temperature and the lowest moisture content.

Keywords: Optimization, banana milk foam, glass transition temperature, response surface methodology, xanthan gum.

بررسی اثرات آنتی اکسیدانی عصاره معمولی و انکپسوله گیاه اسفرزه (*Plantago ovate*) بر پایداری اکسیداتیو سیستم مدل غذایی (روغن آفتابگردان)

مهشید شاملوفر^{1*} - زهرا غیاثوند¹ - الهام پایندان²

تاریخ دریافت: 1395/11/11

تاریخ پذیرش: 1396/04/10

چکیده

رادیکال‌های آزاد باعث ایجاد بیماری‌های زیادی در انسان می‌شوند. آنتی‌اکسیدان‌های فنولی قادر به جلوگیری از تأثیر مخرب رادیکال‌های آزاد و جهش‌های حاصل بر ساختارهای سلولی می‌باشد. این مطالعه فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره گیاه اسفرزه و تأثیرات این آنتی‌اکسیدان طبیعی را بر پایداری اکسیداتیو روغن آفتابگردان بررسی می‌کند. در این مطالعه سنجش محتوی فنولی عصاره گیاه اسفرزه به‌وسیله آزمون فولین - سیوکالتو و فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن توسط دو آزمون DPPH و قدرت احیاءکنندگی آهن مورد بررسی قرار گرفت. همچنین سنجش عدد پر اکسید و شاخص تیوباریوتیک اسید بر روغن آفتابگردان با آزمون آون گذاری در دمای 70 درجه سانتی‌گراد انجام شد. نتایج این آزمایش نشان دادند که غلظت‌های مختلفی از این عصاره قادرند تا حد زیادی روند اکسیداسیون را در 65 درجه سانتی‌گراد کند نمایند. در بین تیمارها، غلظت 1000 پی‌پی‌ام انکپسوله گیاه اسفرزه در طول زمان نگهداری دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری نسبت به سایر تیمارها بود ($p < 0/05$). نتایج نشان داد که عصاره‌های معمولی و انکپسوله اسفرزه دارای اثر آنتی‌اکسیدانی خوبی می‌باشد و می‌تواند به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان طبیعی در دسترس صنایع غذایی و دارویی قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: گیاه اسفرزه (*Plantago ovate*)، روغن آفتابگردان، انکپسوله کردن، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، زمان ماندگاری.

مقدمه

آنتی‌اکسیدان‌ها در غلظت پایین به‌طور قابل توجهی اکسیداسیون سوبسترهای قابل اکسید را به تأخیر انداخته یا ممانعت می‌نمایند (Arabshahi-Delouee and Urooj, 2007). مطالعات اپیدمیولوژیکی حاکی از آن است که مصرف مواد غذایی حاوی ترکیبات فیتوشیمیایی نقش بسیار مهمی در حفظ سلامت بدن دارد. در میان ترکیبات فیتوشیمیایی، پلی‌فنول‌ها دارای اثرات سلامت‌بخش قابل توجهی در بدن می‌باشند. این ترکیبات، به‌واسطه فعالیت آنتی‌اکسیدانی خود می‌توانند در شرایط استرس اکسیداتیو شدت اکسیداسیون ماکرومولکول‌ها در سلول‌های بدن و در نتیجه خطر ابتلا به بیماری‌های ناشی از استرس اکسیداتیو از قبیل سرطان، بیماری‌های قلبی - عروقی و دیابت را کاهش دهند (Arabshahi-Delouee and Urooj, 2007). ترکیبات فنولی علاوه بر نقش خود در سامانه‌های زیستی، ضمن جلوگیری از فرایند اکسیداسیون مانع از تغییر در طعم، رنگ و کاهش ارزش تغذیه‌ای و ایمنی روغن‌ها و چربی‌ها و همچنین فرآورده‌های حاوی ترکیبات لیپیدی می‌گردند (Shahidi and Han, 1993). در سال‌های اخیر با افزایش آگاهی نسبت به فواید مصرف ترکیبات دارای ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی و تمایل تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان به محصولات طبیعی،

رادیکال‌های آزاد دارای نقش مهمی در پیدایش و تداوم حیات می‌باشند، به‌عنوان مثال رادیکال‌های اکسیژن‌دار در زمینه انتقال سیگنال‌ها، بیان ژن و تنظیم فعالیت گوانیلات سیکلاز در سلول‌ها نقش اساسی دارند. البته رادیکال‌های آزاد و سایر گونه‌های وابسته باعث اکسیداسیون بیومولکول‌هایی نظیر پروتئین‌ها، اسیدهای آمینه، لیپیدها و اسیدهای نوکلئیک می‌شوند که این مسئله باعث وارد آمدن صدمه به سلول و مرگ آن می‌شود (Ayoughi et al., 2009). اکسیداسیون قابلیت مصرف مواد غذایی را از طریق تولید ترکیبات بد طعم با وزن مولکولی پایین، تخریب مواد مغذی ضروری و نیز تولید ترکیبات سمی کاهش می‌دهد. بنابراین امروزه به‌طور فزاینده‌ای از آنتی‌اکسیدان‌ها جهت حفظ کیفیت مواد غذایی استفاده می‌شود.

1- استادیار، گروه شیلات، واحد آزادشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، آزادشهر، ایران.

2- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، عضو باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد آزادشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، آزادشهر، ایران.

(Email: Shamloofar@gmail.com) (*مستول مکاتبات)

DOI: 10.22067/iftstr.v0i0.60551

پژوهش‌های فراوانی در زمینه یافتن منابع غنی از آنتی‌اکسیدان صورت گرفته است (Gülçin et al., 2003). مطالعات حاکی از آن است که گیاهان به‌عنوان منابع غنی از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، حاوی مقادیر قابل توجهی از انواع ترکیبات فنولی می‌باشند (Shahidi et al., 1997). از بین گیاهان دارای ترکیبات فنولی اسفرزه با نام علمی (*Plantago ovate*) نوعی گیاه دارویی متعلق به خانواده (*Plantaginaceae*) گیاه آن یکساله علفی و کوتاه است و بلندی آن به 40 – 10 سانتی‌متر می‌رسد. این گیاه در نواحی گسترده‌ای در شمال ایران در دشت گرگان، گیلان و بختیاری، اصفهان، ایلام، نیز دیده می‌شود. استفاده از تکنیک انکپسولاسیون سبب کاربرد عصاره‌ها در غلظت‌های پایین می‌شود. انکپسولاسیون شامل قرارگیری ترکیبات غذایی، آنزیمی و یا مواد دیگر در کپسول‌های کوچک می‌باشد. کپسول‌هایی که می‌توانند محتویات خود را تحت شرایط خاصی آزاد کنند (Gouin, 2004) در سال 2014، vega and roos و همکاران این روش را برای انکپسوله کردن ترکیبات غذایی در صنعت لبنیات به‌منظور حفاظت از عطر و طعم ماده غذایی به‌کار گرفتند (Vega and Roos, 2014)، همچنین مقالات مروری از سایر محققان مانند، (Arshady, 1993) Shahidi and Han, Arshady (1997)، در ارتباط با انکپسولاسیون منتشر شده است. از طرفی دیگر، یکی از سامانه‌های غذایی روغن‌ها می‌باشند که مصرف بسیار زیادی در زندگی روزمره دارند. روغن آفتابگردان، جزء مهم‌ترین روغن‌های نباتی است که این اهمیت به دلیل فراوانی، ارزانی، کیفیت خوب و بازده بالای آن است. در ضمن به دلیل وجود مقدار نسبتاً زیاد اسیدهای چرب غیراشباع در این روغن، پایداری زیادی در برابر اکسیداسیون ندارد. هدف از این مطالعه در ابتدا تهیه عصاره معمولی و انکپسوله اسفرزه به‌منظور تأثیرگذاری هرچه بیشتر عوامل گروه‌های هیدروکسیل (ترکیبات فنولیک) گیاه مذکور بر روی شدت اکسیداسیون روغن آفتابگردان بود. سپس خاصیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها با 3 آزمون قدرت احیاکنندگی یون آهن سه ظرفیتی، مهار رادیکال‌های DPPH، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل مورد بررسی قرار گرفت و در ادامه با آنتی‌اکسیدان سنتزی BHT مقایسه گردید، همچنین عدد پراکسید و تیوباربیتریک اسید به‌عنوان شاخص مهار اکسیداسیون مورد ارزیابی قرار گرفتند.

مواد و روش‌ها

روغن آفتابگردان خالص تصفیه شده و عاری از آنتی‌اکسیدان از شرکت عالیا گلستان واقع در شهرستان کردکوی (استان گلستان) تهیه گردید. اندام‌های هوایی اسفرزه پس از تهیه، در محیطی تاریک و خشک نگهداری شدند. برای استخراج عصاره، اندام‌های هوایی اسفرزه با آسیاب (IKA، مدل ALL) خرد شده و از الک با مش 35

عبور داده شدند. سپس 25 گرم از پودر حاصل با نسبت 4:1 با حلال متانول مخلوط شده و توسط کلونجر در دمای 75 درجه سانتی‌گراد به مدت 300 دقیقه عصاره اسفرزه استخراج شد و پس از آن عصاره‌ها توسط کاغذ صافی واتمن 1 فیلتر شدند. سپس حلال‌زدایی توسط تبخیرکننده دوار (Buchi، مدل B-169) انجام گرفت. عصاره‌ها تا زمان انجام آزمایشات در محیطی تاریک و در دمای یخچال نگهداری شد (Barros et al., 2009). به‌منظور تهیه عصاره انکپسوله، ابتدا مالتودکسترین در آب مقطر حل شد که این فرآیند بر روی دستگاه هیتر مگنت (به مدت 45 دقیقه) انجام گرفت، نمونه عصاره نیز به‌طور مجزا با آب مخلوط و شیک شد. این کار با حرارت نسبتاً پائین به مدت 30 دقیقه انجام شد. پس از حل شدن کامل عصاره در آب مقطر، نمونه مخلوط شده و تحت تأثیر دستگاه اولتراسوند قرار گرفت (5 کیلو هرتز به مدت 5 تا 10 دقیقه)، پس از اتمام این مرحله نمونه‌ها در دستگاه فریز درایر خشک شد. در روش فریز درایر عصاره را در حد چند هزارم میکرون وارد محفظه‌ای که دارای دمای زیر صفر بوده 50- درجه و تحت خلاء به شکل انجماد در آورده و بلافاصله این ذرات منجمد فریز و تحت تأثیر هوای نسبتاً گرم 50 درجه سانتی‌گراد خشک شد، که در این شرایط ترکیبات عصاره کمتر تغییر می‌کند. این روش تلفیقی از روش‌های مختلف بوده و به نوعی بهینه‌سازی روش صورت گرفته است (Jafari et al., 2008). در این تحقیق عصاره گیاه اسفرزه در غلظت‌های 200، 500، 700 و 1000 میلی‌گرم در لیتر (در دو فرم معمولی با علامت اختصاری G و انکپسوله با علامت اختصاری E) به روغن آفتابگردان اضافه شد.

بررسی فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های اسفرزه با آزمون‌های مختلف

ترکیبات فنولی

میزان کل ترکیبات فنولی با روش رنگ‌سنجی فولین - سیوکالتو ارزیابی (Arabshahi-Delouee and Urooj, 2007) و نتایج بر حسب میلی‌گرم تانیک اسید در هر گرم عصاره خشک بیان شد.

فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها

ابتدا غلظت‌های مختلف از عصاره تهیه و سپس توانایی مهار رادیکال آزاد 2 و 2 دی فنیل 1- پیکروهیدرازیل (DPPH) (Japón-Arabshahi-Delouee, 2006) (Luján et al., 2006)، نیروی احیاکنندگی (Prieto et al., 2007) و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل (Urooj, 2007) (1999) سنجش قرار گرفت.

در سه تکرار اندازه گیری شد. در این روش، احیای معرف فولین سیو کالته توسط ترکیبات فنولی شامل برهمکنش این ترکیبات با مخلوطی از فسفومولیبیدیک و فسفوتنگستیک اسید در محیط قلیایی می باشد که در نهایت منجر به تشکیل کمپلکس های آبی رنگ با حداکثر جذب در طول موج 760 نانومتر می گردد (Japón-Luján et al., 2006). معرف فولین سیو کالته به صورت غیراختصاصی با ترکیبات فنولی واکنش می دهد. گستره غلظت مورد آزمون 200-1000 میلی گرم در لیتر بود. براساس نتایج آنالیز آماری تجزیه واریانس مقدار کل ترکیبات فنولی در مقدار نسبتاً مناسبی قرار داشت و اختلاف معنی دار بین تیمارهای مختلف عصاره گیاه معمولی و انکپسوله اسفرزه مشاهده شد ($P > 0/05$). طبق جدول 1 با افزایش غلظت، مقدار ترکیبات فنولی در عصاره های معمولی و انکپسوله زیاد شد. روند افزایش به کاهش ترکیبات فنولی به صورت زیر می باشد:

$EN > 200BHT < 500 < EN1000G > 700G > 500G > 200EN > 200G$
 $EN > 700$ میلی گرم در لیتر می باشد. بالاترین و کمترین میزان ترکیبات فنولی به ترتیب مربوط به غلظت 200 میلی گرم اسید تانیک در گرم از آنتی اکسیدان سنتزی و غلظت 200 میلی گرم اسید تانیک در گرم از عصاره معمولی اسفرزه بود، به طور کلی عصاره ها به شکل انکپسوله میزان ترکیبات فنولی بیشتری نسبت به شکل معمولی دارا هستند. در آنالیز آماری مشاهده شد، تفاوت معنی داری بین غلظت 200 از عصاره معمولی و انکپسوله اسفرزه به ترتیب با میزان ترکیبات فنولی (0/378 و 0/456 میلی گرم اسید تانیک در گرم) با سایر تیمارها هستند ($P < 0/05$)، اما انکپسوله کردن باعث تفاوت ناچیزی در اثرگذاری هرچه بهتر ترکیبات فنولی در غلظت پایین می شود. از طرفی استفاده از آنتی اکسیدان سنتزی سبب اثرات نامطلوب همچون اثر جهش زایی و سرطان در بدن را به همراه دارند که به تدریج از لیست آنتی اکسیدان های مصرفی حذف می شوند، لذا تهیه و تولید آنتی اکسیدان های طبیعی به عنوان جانشین ضروری می باشد. در بررسی انجام شده توسط راکیک و همکاران (2007)، مقدار ترکیبات فنولی کل عصاره متانولی میوه بلوط گونه کوئرکوس روبور و کوئرکوس سوبور به ترتیب 0/229 و 0/223 میلی گرم معادل اسید تانیک در گرم عصاره بود که پایین تر از تحقیق حاضر بود (Rakić et al., 2007). قادری قهفرخی در سال 1390 اثر آنتی اکسیدانی، ضد رادیکالی و همچنین اندازه گیری فنول و فنول تام را در گیاه داروئی موره با حلال های متفاوت مورد بررسی قرار داد و نتایج حاصل از این بررسی را به این شکل بیان نمود، ترکیبات فنولیک قادرند یک اتم هیدروژن به رادیکال های آزاد بدهند و بدین ترتیب باعث توقف پیش روی واکنش های زنجیری در طی فرآیند اکسیداسیون چربی شوند. همچنین با افزایش ترکیبات فنول تام خاصیت آنتی اکسیدانی بیشتر می شود. استفاده از حلال های مختلف در میزان استخراج عوامل پلی فنولی تأثیر گذار است (Ghaderi Ghahfarokhi et al., 2011).

اثرات آنتی اکسیدانی عصاره های اسفرزه در به تأخیر انداختن اکسیداسیون روغن آفتابگردان

جهت بررسی اثرات آنتی اکسیدانی عصاره های اسفرزه در به تأخیر انداختن اکسیداسیون روغن آفتابگردان، عصاره متانولی گیاه اسفرزه که به روش غوطه وری استخراج شده بود در چهار سطح (200، 500، 700 و 1000 پی پی ام) و آنتی اکسیدان سنتزی BHT در یک سطح (200 پی پی ام) به روغن آفتابگردان تصفیه شده و بدون آنتی اکسیدان و اسید سیتریک اضافه و به مدت 12 روز در در دمای 60 درجه سانتی گراد قرار داده شد. در طی این مدت زمان در روزهای 2، 4، 6، 8، 10 و 12 عدد پراکسید (Chemists, 2012) و تیوباریتوریک اسید (Goli et al., 2005) تعیین شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده ها

مقایسه میانگین های به دست آمده از سه تکرار بر پایه طرح کاملاً تصادفی با آزمون دانکن ($p < 0/05$) و آنالیز آماری با نرم افزار SAS صورت گرفت.

نتایج و بحث

مقدار کل ترکیبات فنولی

میزان ترکیبات فنولی عصاره ها در جدول 1 ارائه شده است.

جدول 1- میزان ترکیبات فنولی عصاره های معمولی و انکپسوله اسفرزه و کنترل مثبت BHT (میلی گرم اسید تانیک در گرم عصاره)

در روغن آفتابگردان		
EN	G	تیمار غلظت
0/024±1/063 ^a	0/024±1/063 ^a	200BHT(ppm)
0/017±0/456 ^b	0/01±0/378 ^c	200 ppm
0/015±1/06 ^a	0/017±1/021 ^a	500 ppm
0/013±1/065 ^a	0/022±1/038 ^a	700 ppm
0/021±1/079 ^a	0/018±1/054 ^a	1000ppm

میانگین ± انحراف معیار، حروف کوچک مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار می باشد

فعالیت آنتی اکسیدانی ترکیبات فنولی اصولاً مربوط به ویژگی های احیاء کنندگی آن ها می باشد. این ترکیبات قادرند به واسطه قدرت احیاء کنندگی خود به عنوان یک عامل اهداء کننده هیدروژن یا الکترون و یا غیرفعال کننده اکسیژن یگانه عمل کرده و از این طریق مانع از انجام فرایندهای اکسیداسیون شوند. فلاونوئیدها دارای خاصیت ضد میکروبی، ضد التهابی، ضد تب، ضد آلرژی و خواص ضد اکسیدان می باشند. مصرف فلاونوئیدها باعث کاهش ابتلا به بیماری قلبی و عروقی می شود (Shahidi, 1997). در این مطالعه، مقدار کل ترکیبات فنولی اسانس استخراج شده از گیاه اسفرزه به روش فولین سیو کالته

همچنین استفاده از روش آنکپسوله کردن ممکن است باعث تأثیرات هرچه بیشتر عوامل پلی فنولیکی شود.

قدرت مهار رادیکال‌های DPPH

مهار رادیکال‌های آزاد یکی از شناخته شده‌ترین مکانیسم‌هایی است که به واسطه آن ترکیبات آنتی‌اکسیدانی می‌توانند اکسیداسیون چربی‌ها را مهار نمایند. DPPH نوعی رادیکال آزاد هیدروفیل پایدار است که به‌عنوان سوپسترا در تعیین فعالیت آنتی‌اکسیدانی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Ferrerres *et al.*, 2007). جدول 2، میزان مهار رادیکال‌های آزاد توسط غلظت‌های مختلف (200-1000 میکروگرم در میلی‌لیتر) عصاره‌های حاصل از گیاه اسفرزه به دو فرم معمولی و آنکپسوله و آنتی‌اکسیدانی سنتزی BHT را نشان می‌دهد.

جدول 2- میزان قدرت مهار رادیکال‌های DPPH (میکروگرم در میلی‌لیتر) عصاره‌های معمولی و آنکپسوله اسفرزه و کنترل مثبت

BHT در روغن آفتابگردان		
EN	G	تیمار غلظت
1/12±48/24 ^b	1/12±48/24 ^b	200BHT(ppm)
1/3±25/82 ^c	0/65±22/25 ^c	200 ppm
1/46±48/18 ^b	1/08±46/18 ^b	500 ppm
1/62±50/88 ^b	2/24±48/32 ^b	700 ppm
2/78±59/86 ^a	0/85±50/9 ^b	1000 ppm

میانگین±انحراف معیار، حروف کوچک مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

نتایج آنالیز و واریانس نشان داد، فرم و افزایش غلظت عصاره‌ها و آنتی‌اکسیدان سنتزی تأثیر معنی‌داری بر میزان مهار رادیکال آزاد داشتند ($p \geq 0/05$)، همچنین می‌توانیم بیان کنیم، در غلظت‌های بالاتر ترکیبات فنولی به دلیل تعداد گروه‌های هیدروکسیل موجود در محیط واکنش، احتمال اهداء هیدروژن به رادیکال‌های آزاد و به دنبال آن قدرت مهارکنندگی عصاره افزایش می‌یابد (Ferrerres *et al.*, 2007). در بررسی اولیه از نتایج این تحقیق به این موضوع دست پیدا کردیم که میزان مهار رادیکال‌های آزاد در فرم آنکپسوله نسبت به فرم معمولی بیشتر است، آنتی‌اکسیدان سنتزی نیز با میزان مهارکنندگی (48/24) میلی‌گرم اسید تانیک در گرم) همچنان در حال رقابت با سایر تیمارها به‌جز غلظت 200 PPM است. در این تحقیق، غلظت 1000EN و 1000G با میزان مهار رادیکال آزاد به‌ترتیب 59/86 و 50/90 میکروگرم در میلی‌لیتر، بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی را به‌خود اختصاص داد. نتایج مشابهی نیز در سایر تحقیقات در هنگام استفاده از اشکال مختلف آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی مشاهده شده است. به‌عنوان مثال، میزان فعالیت آنتی‌اکسیدان و مهار رادیکال آزاد توسط غلظت‌های مختلفی از اسانس شوید، چای سبز و رزماری بر

پایداری روغن سویا را مورد بررسی قرار گرفته (Lapornik *et al.*, 2015) و در نهایت نتایج به‌دست آمده نشان داد که DPPH که یک رادیکال آزاد پایدار است واکنش داده و به α و α دی فنیل β پیکروهیدرازین تبدیل می‌شود. درجه بی‌رنگ شدن نشان‌دهنده پتانسیل مهار آنتی‌اکسیدان‌ها است (Choe *et al.*, 2014). عصاره گیاه اسفرزه نیز سرشار از ترکیبات فنولی می‌باشد. این ترکیبات به دلیل داشتن گروه‌های هیدروکسیل، توانایی خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد را داشته و می‌توانند به‌عنوان دهنده الکترون یا هیدروژن عمل کنند.

قدرت احیاءکنندگی

در این روش توانایی عصاره‌ها برای احیاء آهن سه ظرفیتی و تبدیل آن به آهن دو ظرفیتی سنجیده می‌شود. حضور عوامل احیاءکننده (آنتی‌اکسیدان‌ها) منجر به احیاء کمپلکس فری سیانید و تبدیل آن‌ها به فرم فروس می‌گردد که بسته به ظرفیت احیاءکنندگی عصاره‌ها مورد بررسی با تغییر رنگ محلول از زرد به درجات مختلفی از رنگ‌های سبز - آبی همراه است (Soares *et al.*, 2009). در این آزمون، قدرت احیاءکنندگی یون آهن (III) توسط غلظت‌های مختلف از عصاره اسفرزه (200، 500، 700 ppm) به‌عنوان شاخصی از فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج آنالیز و واریانس موجود در جدول 3 حاکی از آن بود که سهم هر یک از تیمارها برای احیاء آهن به‌صورت: 200EN > 1000G > 700EN > 700G > 500EN > 500G > 200BHT > 200G > 1000EN می‌باشد.

جدول 3- میزان قدرت احیاءکنندگی (میکروگرم در میلی‌لیتر) عصاره‌های معمولی و آنکپسوله اسفرزه و کنترل مثبت BHT در روغن آفتابگردان

EN	G	تیمار غلظت
0/62±111 ^g	0/62±111 ^g	200 BHT(ppm)
0/12±8/89 ^h	1/35±92 ^h	200 ppm
0/51±152/7 ^e	0/56±132/92 ^f	500 ppm
0/64±250/17 ^c	0/6±220/12 ^d	700 ppm
0/83±349/31 ^a	0/73±330/29 ^b	1000 ppm

میانگین±انحراف معیار، حروف کوچک مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد

همانطور که از نتایج بر می‌آید، گروه EN در رقابت با گروه G تقریباً توان احیاءکنندگی بیشتری را دارند. بر طبق نتایج در یک غلظت مشخص بین تیمارهای معمولی و آنکپسوله تفاوت معنی‌داری وجود دارد ($p \geq 0/05$)، با افزایش غلظت میزان جذب محلول‌های حاوی عصاره به‌طور قابل توجهی افزایش یافت و دارای اختلاف معنی‌دار با

یکدیگر هستند ($p \geq 0/05$). همچنین در تحقیقی فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره‌های فنولی گیاه گل مغربی (500-25 میکروگرم در لیتر) توسط حلال‌های مختلف را مورد بررسی قرار دادند، متناسب با افزایش میزان ترکیبات فنولی در عصاره‌ها میزان توان احیاء کنندگی آن افزایش می‌یابد (Mardani et al., 2013). و در مقایسه این آنتی اکسیدان طبیعی با آنتی اکسیدان سنتزی BHT به این نتیجه رسیدند که میزان فعالیت آنتی اکسیدان طبیعی بالاتر از آنتی اکسیدان سنتزی می‌باشد (Esmaeilzadeh Kenari et al., 2014).

ظرفیت آنتی اکسیدانی کل

آزمون اندازه‌گیری ظرفیت آنتی اکسیدانی کل به منظور کمی‌سازی ظرفیت آنتی اکسیدانی ترکیبات آنتی اکسیدانی محلول در آب و چربی انجام شد. نتایج حاصل از مقایسه ظرفیت آنتی اکسیدانی کل عصاره‌ها نشان داد که در تمامی غلظت‌ها (200-1000) بهتر از آنتی اکسیدان BHT عمل نموده، دو عصاره 1000 پی‌پی‌ام به فرم معمولی و انکپسوله به ترتیب با میزان 312/73 و 329/87 (میکروگرم در میلی لیتر) توانایی بیشتری در الکترون دهی داشته و می‌تواند به عنوان پایان دهنده زنجیره الکترون عمل و اشکال فعال رادیکال آزاد را به انواع غیر رادیکالی پایدارتر تبدیل کنند (Dorman et al., 2003). همچنین ظرفیت آنتی اکسیدانی کل این عصاره‌ها وابستگی زیادی به غلظت نشان دادند، به طوری که با افزایش غلظت، ظرفیت آنتی اکسیدان کل آن‌ها به طور معنی داری افزایش یافت ($p \geq 0/05$). البته توجه به این نکته هم ضروری است که آنتی اکسیدان مصنوعی همچنان در حال رقابت با آنتی اکسیدان طبیعی است. از نتایج این 3 آزمون به این موضوع پی می‌بریم که استفاده از عصاره‌های طبیعی خصوصاً در فرم انکپسوله می‌تواند اثر بخشی بهتری داشته باشد. در تحقیقی فنول کل هفت واریته قارچ خوراکی وحشی مورد بررسی قرار گرفت، نتایج حاکی از آن بود که با افزایش غلظت عصاره‌ها، فعالیت آنتی اکسیدانی کل افزایش یافت (Elmastas et al., 2007). بنابراین باید ارتباط و همبستگی نزدیکی بین مقدار ترکیبات فنولی و فعالیت آنتی اکسیدانی وجود داشته باشد. در این راستا Raghu و همکاران (2011) اظهار داشتند که فعالیت آنتی اکسیدانی گیاهان مختلف ممکن است به دلیل تفاوت ساختاری ترکیبات فنلی یا الگوی هیدروکسیلاسیون و متیلاسیون آن‌ها باشد. عصاره‌های گیاهی ممکن است حاوی سایر ترکیبات آنتی اکسیدان مانند پروتئین‌ها، آلفا توکوفرول و... باشند که در افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی کل نقش دارند (Raghu et al., 2011).

عدد پراکسید در روغن آفتابگردان

طی یک دوره زمانی 12 روزه، نتایج حاصل از اندازه‌گیری عدد پراکسید نمونه‌ها در فاصله 2 روز گرمخانه‌گذاری با دمای 65 درجه

سانتی‌گراد (جدول 5) نشان‌دهنده توانایی نمونه‌های مورد آزمون در جلوگیری از تولید محصولات اولیه حاصل از اکسیداسیون روغن آفتابگردان بود، به طور کلی بین تمامی نمونه‌ها تیمار شاهد دارای بالاترین مقدار عدد پراکسید بود و بین تیمارها در تمامی روزها اختلاف معنی داری وجود دارد ($p \leq 0/05$). با گذشت زمان متوجه اختلاف هرچه بیشتر بین تیمار 1000EN و تیمار شاهد و آنتی اکسیدان سنتزی می‌شویم. تیمار 700 EN در به تأخیر انداختن واکنش اکسیداسیون مانند 1000EN ولی دارای اختلاف معنی داری با آن است ($p \leq 0/05$)، همچنین اختلاف معنی داری بین تیمارهای آنتی اکسیدان سنتزی، 200G و 200EN مشاهده می‌کنیم ($p \leq 0/05$). در روزهای ابتدایی بین تمامی تیمارها اختلاف معنی داری داریم ($p \leq 0/05$)، از روز ششم به بعد میزان عدد پراکسید از میزان 20 میلی‌اکی والان پراکسید بر کیلوگرم (با توجه به اصل عمومی فساد روغن در این نقطه) تجاوز کرد (Economou et al., 1991). بر طبق نتایج این تحقیق، با افزایش غلظت عصاره‌ها مهار اکسیداسیون بهتر صورت گرفت و با افزایش زمان نگهداری نمونه‌ها در شرایط اکسیداسیون، اعداد پراکسید افزایش یافت. در واقع عدد پراکسید بیانگر اکسیداسیون اولیه است، زیرا آنتی اکسیدان‌ها طی مدت زمان خاصی فعال باقی مانده و با گذشت زمان به تدریج از درجه تأثیر آن‌ها کاسته می‌شود که دلیل آن می‌تواند نگه داشتن نمونه‌ها در شرایط اکسیداسیون و حرارت باشد. بنابراین در روزهای پایانی شاهد بالا رفتن واکنش‌های اکسیداسیون هستیم و تفاوت بین نمونه‌ها کاملاً مشهود است. در ارتباط با این موضوع عربستانی و همکاران، فعالیت آنتی اکسیدانی فیلم پروتئینی دانه گاو دانه را مورد بررسی قرار دادند و تأثیر آن را بر شاخص‌های اکسیداسیون شامل: اندازه‌گیری عدد اسیدی، پراکسید، عدد تیوباریتوریک اسید در روغن آفتابگردان سنجیدند و به این نتیجه دست یافتند که فیلم تهیه شده در این تحقیق (با فعالیت آنتی اکسیدانی 22/56%) فعالیت آنتی اکسیدانی قابل مقایسه و حتی بهتری را نسبت به فیلم‌های زیست تخریب پذیر دیگر نشان داد و در صورت بهبود برخی نقاط ضعف آن به ویژه میزان نفوذپذیری به رطوبت می‌تواند گزینه مناسبی جهت استفاده در بسته بندی مواد غذایی باشد (Arabestani et al., 2015). همچنین استفاده از روش انکپسوله کردن در طی زمان به دلیل اثرگذاری هرچه بیشتر ترکیبات مؤثره همانند روش پوشش دهی که بارزترین مشخصه آن‌ها ممانعت کنندگی در برابر عوامل خارجی بوده در این باره بی‌ربط نمی‌باشد و باعث تأخیر در فساد اکسیداتیو و افزایش پایداری روغن آفتابگردان و سایر محصولات غذایی خصوصاً در محصولاتی که زمان نگهداری آنها حائز اهمیت است، می‌تواند اثرات مطلوب تری را به همراه داشته باشد. همچنین جعفری و همکاران (2008) در صنعت روغن به منظور حفاظت از عطر و طعم ماده غذایی از روش انکپسوله کردن استفاده نمودند (Jafari et al., 2008).

جدول 4- میزان ظرفیت آنتی اکسیدانی عصاره‌های معمولی و انکپسوله اسفرزه و کنترل مثبت BHT (میکروگرم در میلی لیتر) در روغن آفتابگردان

تیمار غلظت	G	EN
200BHT	218±5/11 ^c	218±5/11 ^c
200ppm	141/89±4/16 ^d	144/97±7/27 ^d
500ppm	263/7±11/28 ^b	277/68±5/56 ^b
700ppm	289/69±3/54 ^b	282/74±6/85 ^b
1000ppm	312/73±12/92 ^a	329/87±3/82 ^a

میانگین ± انحراف معیار، حروف کوچک مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار می باشد

جدول 5- میزان عدد پراکسید عصاره های معمولی و انکپسوله اسفرزه و کنترل مثبت BHT (میلی اکی والان پراکسید بر کیلوگرم) روغن آفتابگردان در طی زمان ماندگاری

تیمار غلظت	روز دوم	روز چهارم	روز ششم	روز هشتم	روز دهم	روز دوازدهم
شاهد	0/14±7/69 ^a	0/42±12/07 ^a	0/52±24/29 ^a	2/49±59/15 ^a	4/23±85/53 ^a	4/45±125/85 ^a
200G	0/32±5/88 ^b	0/27±12/23 ^b	0/13±18/84 ^b	1/83±45 ^b	1/85±60/31 ^b	3/2±96/47 ^b
200EN	0/09±5/88 ^b	0/27±13/3 ^b	0/38±17/52 ^b	0/68±42/46 ^c	2/7±57/33 ^c	1/4±93/51 ^b
500G	0/09±3/84 ^c	0/2±12/8 ^c	0/31±17/68 ^c	1/1±43/2 ^c	2/13±52/62 ^d	3/4±85 ^c
500EN	0/17±2/94 ^d	0/32±11/2 ^d	0/3±17/76 ^c	0/57±40/33 ^d	2/12±53/07 ^d	2/34±80/78 ^d
700 G	0/14±2/94 ^d	0/12±11/84 ^d	0/27±16/6 ^d	0/82±39/3 ^d	1/54±55/4 ^d	2/6±82 ^d
700EN	0/06±1/94 ^e	0/16±9/88 ^e	0/16±16/84 ^d	0/16±40/49 ^d	1/34±45/09 ^f	2/28±78/94 ^d
1000G	0/15±1/16 ^e	0/17±8/84 ^f	0/42±16/52 ^d	0/27±37/4 ^e	1/74±48/01 ^e	2±80/4 ^e
1000EN	0/2±1/44 ^e	0/1±7 ^g	0/24±15/88 ^d	0/35±35/51 ^f	1/49±49/21 ^e	1/5±71/07 ^f
200BHT	0/31±5/84 ^b	0/22±12/84 ^b	0/65±19/52 ^b	0/73±46 ^b	2/38±62 ^b	3/6±100/66 ^b

میانگین ± انحراف معیار، حروف کوچک مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار می باشد. حروف بزرگ مشترک در هر ردیف بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار می باشد.

عدد اسید تیوباربیتوریک در روغن آفتابگردان

طبق اطلاعات جدول 6، در تمامی روزها میزان عدد تیوباربیتوریک اسید در نمونه شاهد در بالاترین میزان و اختلاف معنی دار با سایر تیمارها دارد ($p \leq 0/05$). بررسی نتایج آنالیز واریانس و نیز مقایسه میانگین تیمارهای مختلف نشان داد که اثر تیمار و زمان بر عدد اسید تیوباربیتوریک (میلی گرم مالون آلدئید در کیلوگرم) در سطح پنج درصد بین عصاره معمولی و انکپسوله دارای اختلاف معنی دار است ($p \leq 0/05$). تیمارهای دارای علامت اختصاری EN در برخی از غلظت‌ها بهتر از تیمارهای دارای علامت اختصاری G عمل نمودند اما در بیشتر غلظت‌ها تفاوت معنی داری بین تیمارهای EN و G در زمان‌های یکسان مشاهده نشد و همچنین با افزایش غلظت، تیمارها عملکرد بهتری را داشتند (شکل 2)، به دلیل اینکه مالون آلدئید از محصولات ثانویه اکسایش بوده و از تجزیه محصولات اولیه از جمله پراکسیدها به دست می آید، عکس عدد پراکسید با سرعت کمتری افزایش یافت و این افزایش در روزهای پایانی بیشتر مشهود است. اثر آنتی اکسیدانی عصاره‌ها در مورد عدد پراکسید و تیوباربیتوریک در تمام روزها مشابه یکدیگر نبود. دلیل این امر این است که یکسری از ترکیبات آنتی اکسیدانی از شروع واکنش اکسایش

و تشکیل پراکسیدها و تشکیل محصولات ثانویه را به تعویق می‌اندازد. این شاخص نیز با افزایش غلظت عصاره‌ها در چهار روز آخر کاهش می‌یابد. این اثر آنتی اکسیدانی را علاوه بر شرایط انکپسوله کردن، به محتوی فنولی عصاره‌ها نیز می‌توان نسبت داد. در واقع با افزایش غلظت مقدار ترکیبات فنولی افزایش یافته که منجر به افزایش گروه‌های فعال برای مهار رادیکال آزاد می‌گردد. این ترکیبات به دلیل داشتن گروه‌های هیدروکسیل توانایی خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد را دارند (Samadloiy et al., 2007). به طوری که عصاره اسفرزه به عنوان منبعی از آنتی اکسیدان‌های طبیعی، توانایی واکنش با رادیکال‌های حاصل از اکسیداسیون لیپیدها را دارد. صمدلویی و همکاران (2007) و همچنین جعفری و همکاران (2008) در کاری مشابه به ترتیب اثرات آنتی اکسیدانی ترکیبات فنولیک هسته انار بر روغن سویا و ویژگی آنتی اکسیدانی عصاره برگ زیتون و کاربرد آن در روغن آفتابگردان را در طول 12 روز مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد تیمار 350ppm دارای ترکیبات فنولیک استخراج شده از هسته انار، بیشترین اثر آنتی اکسیدانی را دارد. از آنجایی که عصاره اسفرزه در این مطالعه دارای مقادیر بالای ترکیبات اکسیژن دار و ترکیبات فنولیک نظیر: اسید بنزوئیک، اسید کافئیک، اسید فوماریک،

زمان اکسیداسیون کند و کاهش سرعت اکسیداسیون خودبه خودی می شود و می توان عصاره اسفرزه را پس از آزمایش های تکمیلی به مواد غذایی اضافه کرد، خصوصاً در شرایطی که نگهداری محصول در طول زمان مدنظر است استفاده از عصاره انکپسوله شده بهتر به نظر می رسد.

اسید آسکوربیک، آلکالوئیدها، آمینواسیدها، قندها و ترکیبات پلی ساکارییدی هستند (Sharifi et al., 2011) و نیز همه آزمون ها خاصیت آنتی اکسیدانی عصاره را تصدیق کرد، می توان نتیجه گرفت که عصاره اسفرزه به عنوان آنتی اکسیدان طبیعی، توانایی واکنش با رادیکال های حاصل از اکسیداسیون لیپیدها ($\bullet\text{LO}$, $\bullet\text{LOO}$, $\bullet\text{L}$)، $\text{O}_2\bullet$, $\bullet\text{OH}$ را داشته و موجب قطع واکنش های زنجیری و افزایش

جدول 6- میزان تیوباربتوریک اسید عصاره های معمولی و انکپسوله اسفرزه و کنترل مثبت BHT (میلی گرم مالون آلدهید در کیلوگرم) در روغن آفتابگردان طی زمان ماندگاری

غلظت تیمار	روز دوم	روز چهارم	روز ششم	روز هشتم	روز دهم	روز دوازدهم
شاهد	0/004±0/072 ^a	0/021±0/241 ^a	0/011±0/225 ^a	0/02±0/846 ^a	0/042±1/337 ^a	0/054±1/84 ^a
200G	0/005±0/052 ^b	0/008±0/083 ^b	0/02±0/177 ^b	0/016±0/224 ^{bc}	0/028±0/342 ^b	0/018±0/432 ^b
200EN	0/024±0/042 ^b	0/007±0/081 ^b	0/009±0/164 ^c	0/012±0/209 ^{bc}	0/032±0/339 ^b	0/041±0/429 ^{bc}
500G	0/007±0/042 ^b	0/006±0/074 ^{bc}	0/008±0/156 ^c	0/014±0/199 ^c	0/024±0/313 ^{bc}	0/031±0/414 ^{bc}
500EN	0/011±0/034 ^{bc}	0/005±0/066 ^{bc}	0/011±0/139 ^{cd}	0/024±0/191 ^c	0/016±0/307 ^{bc}	0/024±0/386 ^c
700G	0/006±0/032 ^{bc}	0/012±0/057 ^c	0/004±0/147 ^c	0/023±0/187 ^c	0/017±0/281 ^c	0/016±0/340 ^d
700EN	0/007±0/030 ^{bc}	0/018±0/057 ^c	0/017±0/136 ^{cd}	0/027±0/178 ^c	0/021±0/292 ^{bc}	0/031±0/329 ^d
1000G	0/003±0/027 ^{bc}	0/009±0/043 ^c	0/019±0/128 ^{cd}	0/008±0/170 ^c	0/015±0/253 ^c	0/025±0/302 ^d
1000EN	0/002±0/010 ^c	0/021±0/033 ^c	0/01±0/108 ^d	0/018±0/161 ^c	0/014±0/235 ^c	0/012±0/285 ^{de}
200BHT	0/015±0/040 ^b	0/012±0/091 ^b	0/015±0/189 ^b	0/009±0/245 ^b	0/023±0/346 ^b	0/017±0/456 ^b

میانگین ± انحراف معیار، حروف کوچک مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار می باشد. حروف بزرگ مشترک در هر ردیف بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار می باشد.

مشابه هم بوده ولی با افزایش زمان نگهداری نمونه ها در شرایط اکسایش و همچنین با افزایش غلظت عصاره ها افزایش یافت. در بین تیمارها، شاهد بیشترین اثر آنتی اکسیدانی در سطح 1000 پی پی ام انکپسوله هستیم و این عصاره قابل رقابت با BHT می باشد. بنابراین می تواند جایگزین این ترکیبات در روغن های خوراکی شود.

نتیجه گیری

تیمارهای دارای عصاره معمولی و انکپسوله گیاه اسفرزه دارای میزان ترکیبات فنولی مشابه هم هستند. همچنین با بررسی اولیه در میزان فعالیت آنتی اکسیدانی و استفاده سه روش (DPPH - نیروی احیاء کنندگی - ظرفیت آنتی اکسیدانی کل) نیز تقریباً مشابه عمل کردند. نتایج داده های پایداری اکسایشی در روزهای ابتدایی تقریباً

منابع

- Arabestani, A., Kadivar, M., Shahedi, M. & Hossein Goli, S. A. 2015. Preparation and determination of some physicochemical properties of biodegradable proteinous film from bitter vetch (*Vicia ervilia*) seed. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 48, 129-138.
- Arabshahi-Delouee, S. & Urooj, A. 2007. Antioxidant properties of various solvent extracts of mulberry (*Morus indica* L.) leaves. *Food Chemistry*, 102, 1233-1240.
- Arshady, R. 1993. Microcapsules for food. *Journal of Microencapsulation*, 10, 413-435.
- Ayoughi, F., Barzegar, M., Sahari, M. & Naghdi Badi, H. 2009. Antioxidant Effect of Dill (*Anethum graveolens* Boiss.) Oil in Crude Soybean Oil and Comparison with Chemical Antioxidants. *Journal of Medicinal Plants*, 2, 71-83.
- Barros, L., Heleno, S. A., Carvalho, A. M. & Ferreira, I. C. F. R. 2009. Systematic evaluation of the antioxidant potential of different parts of *Foeniculum vulgare* Mill. from Portugal. *Food and Chemical Toxicology*, 47, 2458-2464.
- Chemists, A. O. O. 2012. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*, General Books.
- Choe, J.-H., Kim, H.-Y., Kim, Y.-J., Yeo, E.-J. & Kim, C.-J. 2014. Antioxidant Activity and Phenolic Content of Persimmon Peel Extracted with Different Levels of Ethanol. *International Journal of Food Properties*, 17, 1779-1790.

- Dorman, H. J. D., Koşar, M., Kahlos, K., Holm, Y. & Hiltunen, R. 2003. Antioxidant Properties and Composition of Aqueous Extracts from Mentha Species, Hybrids, Varieties, and Cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 4563-4569.
- Economou, K. D., Oreopoulou, V. & Thomopoulos, C. D. 1991. Antioxidant activity of some plant extracts of the family labiatae. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 68, 109-113.
- Elmastas, M., Isildak, O., Turkecul, I. & Temur, N. 2007. Determination of antioxidant activity and antioxidant compounds in wild edible mushrooms. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20, 337-345.
- Esmailzadeh Kenari, R., Mohsenzadeh, F. & Amiri, Z. R. 2014. Antioxidant activity and total phenolic compounds of Dezful sesame cake extracts obtained by classical and ultrasound-assisted extraction methods. *Food Science & Nutrition*, 2, 426-435.
- Ferreres, F., Sousa, C., Valentão, P., Seabra, R. M., Pereira, J. A. & Andrade, P. B. 2007. Tronchuda cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *costata* DC) seeds: Phytochemical characterization and antioxidant potential. *Food Chemistry*, 101, 549-558.
- Ghaderi Ghahfarokhi, M., Mamashloo, S., Sadeghi Mahoonak, A. R. & Alami, M. 2011. Evaluation of antioxidant activity, reducing power and free radical scavenging of different extract of *Artemisia annua* L. *Journal on Plant Science Researches*, 21, 46-57.
- Goli, A. H., Barzegar, M. & Sahari, M. A. 2005. Antioxidant activity and total phenolic compounds of pistachio (*Pistachia vera*) hull extracts. *Food Chemistry*, 92, 521-525.
- Gouin, S. 2004. Microencapsulation: industrial appraisal of existing technologies and trends. *Trends in Food Science & Technology*, 15, 330-347.
- Gülçin, İ., Oktay, M., Kireççi, E. & Küfrevioğlu, Ö. İ. 2003. Screening of antioxidant and antimicrobial activities of anise (*Pimpinella anisum* L.) seed extracts. *Food Chemistry*, 83, 371-382.
- Jafari, S. M., Assadpoor, E., He, Y. & Bhandari, B. 2008. Encapsulation Efficiency of Food Flavours and Oils during Spray Drying. *Drying Technology*, 26, 816-835.
- Japón-Luján, R., Luque-Rodríguez, J. M. & Luque de Castro, M. D. 2006. Dynamic ultrasound-assisted extraction of oleuropein and related biophenols from olive leaves. *Journal of Chromatography A*, 1108, 76-82.
- Lapornik, B., Prošek, M. & Golc Wondra, A. 2005. Comparison of extracts prepared from plant by-products using different solvents and extraction time. *Journal of Food Engineering*, 71, 214-222.
- Mardani, V., Alami, M., Arabshahi-Delouee, S., khodabakhshi, R. & Ghaderi Ghahfarokhi, M. 2013. Evaluation of antioxidant activity and antimicrobial activity of phenolic extracts of Evening Primrose flowers. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 9, 182-189.
- Prieto, P., Pineda, M. & Aguilar, M. 1999. Spectrophotometric Quantitation of Antioxidant Capacity through the Formation of a Phosphomolybdenum Complex: Specific Application to the Determination of Vitamin E. *Analytical Biochemistry*, 269, 337-341.
- Raghu, K., Ramesh, C., Srinivasa, T. & Jamuna, K. 2011. Total Antioxidant Capacity in Aqueous Extracts of Some Common Vegetables. *ASIAN J. EXP. BIOL. SCI.*, 2, 58-62.
- Rakić, S., Petrović, S., Kukić, J., Jadranin, M., Tešević, V., Povrenović, D. & Šiler-Marinković, S. 2007. Influence of thermal treatment on phenolic compounds and antioxidant properties of oak acorns from Serbia. *Food Chemistry*, 104, 830-834.
- Ranjbar Nedamani, E., Sadeghi Mahoonak, A., Ghorbani, M. & Kashaninejad, M. 2015. Evaluation of antioxidant interactions in combined extracts of green tea (*Camellia sinensis*), rosemary (*Rosmarinus officinalis*) and oak fruit (*Quercus branti*). *Journal of Food Science and Technology*, 52, 4565-4571.
- Samadloiy, H. R., Azizi, M. H. & Barzegar, M. 2007. Antioxidative effect of pomegranate seed phenolic componends on soybean oil. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 14, 1-8.
- Shahidi, F. 1997. *Natural Antioxidants: Chemistry, Health Effects, and Applications*, AOCS Press.
- Shahidi, F., Amarowicz, R., He, Y. & Wettasinghe, M. 1997. Antioxidant activity of phenolic extracts of evening primrose (*Oenothera Biennis*): a preliminary study. *Journal of Food Lipids*, 4, 75-86.
- Shahidi, F. & Han, X. Q. 1993. Encapsulation of food ingredients. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 33, 501-547.
- Sharifi, A., Naghmach, M., Jahedi, S. & Khosravani, S. 2011. A Study on Antimicrobial Effects of Plantago Psyllium. *Armaghane danesh*, 16, 191-199.
- Soares, A. A., de Souza, C. G. M., Daniel, F. M., Ferrari, G. P., da Costa, S. M. G. & Peralta, R. M. 2009. Antioxidant activity and total phenolic content of *Agaricus brasiliensis* (*Agaricus blazei* Murril) in two stages of maturity. *Food Chemistry*, 112, 775-781.
- Vega, C. & Roos, Y. H. 2014. Invited Review: Spray-Dried Dairy and Dairy-Like Emulsions; Compositional Considerations. *Journal of Dairy Science*, 89, 383-401.



Anti-oxidative effects of normal and encapsulated extract of Fleawort (*Plantago ovate*) on the oxidative stability of a food model system (sunflower oil)

M. Shamloofar, Z. Ghasvand², E. Payandan³

Received: 2017.01.30

Accepted: 2017.07.01

Introduction: Free radicals may cause lots of diseases in humans and oxidative degradation of lipids is a major factor limiting the shelf life of foods. The free radical reaction of lipid peroxidation is generally responsible for the deterioration of lipid-containing foods. Use of antioxidants during the manufacturing process can minimize the extent of lipid peroxidation. Phenolic antioxidant compounds can prevent the destructive effect of free radicals and their resulting mutation. Sunflower oil is widely used in nutrition as a source of essential linoleic (9-cis, 12-cis-octadecadienoic) acid. The present study explored the chemical constitution and antioxidant activity of Fleawort (*Plantago ovate*) extract and the effect of these natural antioxidants on sunflower oil. It is well known that edible oils used as cooking medium at high temperatures in the presence of oxygen are subject to therm-oxidation, polymerization, and hydrolysis, and the resulting decomposition products not only produce undesirable off-flavors, but can also decrease the nutritional quality of the fried product.

Material and methods: The present study was carried out in refined sunflower oil, free of additives, supplemented by pure concentration levels of normal and encapsulated extract of Fleawort (i.e., 200, 500, 700 and 1000 ppm) and one level of BHT (200) ppm. The doses of Fleawort extract were chosen in agreement with previous studies that have proved that the inhibitory effect on lipid oxidation increased with the antioxidant concentration. In this research the phenolic content of the ethanol extract of Fleawort was determined by Folin-Ciocalteu method. The antioxidant activity of this extract was evaluated using DPPH• and ABTS methods. Furthermore, the oven tests including peroxide and thiobarbituric acid values were done at 65° C in sunflower oil.

Results and discussion: The results showed that different concentrations of this extract were effective in retarding the oil oxidation at 65°C. Among the treatments, the 1000 ppm Concentration of encapsulated extract has higher antioxidant activity than other treatments during storage time. Based on the evaluation results of phenolic compounds in *Plantago ovata* extract, the amount of phenolic compounds of this extract will be increased according to the concentration of the extract. Although this index was the highest in treatment of EN 1000, there was no significant difference between the ordinary and encapsulated treatments ($p>0/05$). According to DPPH Evaluation Test for determining the antioxidant capacity of the samples, the highest amount of DPPH was seen in treatment of EN 1000 ($p<0/05$) and no meaningful difference was found in other treatments ($p>0/05$). Also, based on the Restoration Power Test, treatment of EN 1000 had the most meaningful restoration power and in all concentrations of the extract and treatment showed the most meaningful restoration power ($p<0/05$). Treatments with concentration of 1000 ml/l had the maximum total antioxidant capacity and this treatment showed higher total antioxidant capacity compared to BHT treatment and numerically the total antioxidant capacity of all treatments of BHT was allocated to the treatments with concentration of 200 to 500 ml/l of fleawort extract. Peroxide value was used as indicators for the primary oxidation of sunflower oil. Hydroperoxides are the primary products of lipid oxidation. They are odorless and colorless, but are labile species that can undergo both enzymatic and non-enzymatic degradation to produce a complex array of secondary products. Determination of peroxides can be used as oxidation index for the early stages of lipid oxidation. During the test time, both normal and encapsulated 1000 treatments had lower peroxide value through incubation time compared to all other treatments and 1000 EN treatment showed the lowest meaningful level of peroxide value ($p<0/05$) compared to the other treatments on 12th day. On the basis of preservation time according to the 20 (meq/kg) for proxide value, between the 4 and 6th day for the control treatment, between

1 and 2. Department of fisheries, Azadshahr Branch, Islamic Azad University, Azadshahr, Iran

3. Department of food science and technology, Azadshahr Branch, Islamic Azad University, Azadshahr, Iran

(*Corresponding Author Email: Shamloofar@gmail.com)

the 6 and 8th day for the 1000 EN and at day 6 was the unacceptable limit for consumption the oil. In association with TBA indicator both normal and encapsulated 1000 treatments of fleawort extract showed the lowest TBA content through the preservation time ($p<0/05$). Since the extract of fleawort contains high concentration of oxygenated and fenolic compounds such as fumaric acid, Benzoic acid, caffeine acid, alkaloids, Polysaccharides and Amino acids and all the tests had authenticated the antioxidant properties of the extract, it can be concluded that *Plantago ovata* as a natural antioxidant can react with radicals lipids oxidations radicals, interrupt chain reactions, increase the time of slow oxidation and reduce the speed of auto-oxidation. On the basis of the results of this study, it is clearly indicated that encapsulated and non-capsulated extract of fleawort has noticeable antioxidant ability, this extract can be used as an accessible source of natural antioxidants in possible food supplement or in pharmaceutical industry.

Keywords: Fleawort, sunflower oil, encapsulation, Antioxidant activities, Shelf Life.

اثر پوشش‌های خوراکی چیتوزان، آلژینات سدیم و کنسانتره پروتئین آب پنیر بر ماندگاری زردآلوی رقم رجبعلی

میشم عابدیان¹- سید حمیدرضا ضیاءالحق^{2*}- علی نجفی³

تاریخ دریافت: 1395/04/23

تاریخ پذیرش: 1396/06/20

چکیده

زردآلو، میوه‌ای است نرم که معمولاً مقاومتی در برابر ضربه و شرایط نامناسب حمل و نقل و نگهداری ندارد و در نتیجه امکان صادرات این محصول با کیفیت خوب و ضایعات کم وجود ندارد یا بسیار محدود است. این تحقیق با هدف مطالعه تغییرات کمی و کیفی در فرآیند رسیدگی و نگهداری میوه زردآلو با استفاده از پوشش‌های چیتوزان، آلژینات سدیم و کنسانتره پروتئین آب پنیر با درصدهای متفاوت صورت گرفت. میوه رقم رجبعلی برداشت و پس از غوطه‌وری در محلول‌های پوشش‌دهنده، به مدت 35 روز در دمای 2 درجه سانتی‌گراد نگهداری شده و در زمان صفر و 35 روز پس از برداشت برخی خصوصیات کمی و کیفی میوه مانند افت وزن، اسیدیته، بار میکروبی، رنگ، بافت، چروکیدگی، قهوه‌ای شدن و ویتامین ث مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل از تجزیه تحلیل داده‌ها با استفاده از طرح مرکب مرکزی (CCD) نشان داد غلظت پروتئین آب پنیر اثر معناداری بر کاهش وزن در طول نگهداری نداشت و چیتوزان و آلژینات سدیم نقش مهمی در حفظ سفتی بافت داشتند. افزایش غلظت چیتوزان و کاهش آلژینات سدیم سبب افزایش b* (رنگ زرد) و L* (روشنایی) شد. همچنین افزایش آلژینات و کاهش چیتوزان، سبب حفظ بهتر اسیدیته میوه در پایان دوره نگهداری گردید. در مورد قهوه‌ای شدن نیز نشان داده شد که با افزایش غلظت چیتوزان تا حدود یک درصد بر میزان قهوه‌ای شدن زردآلوهای پوشش داده شده افزوده شد. چروکیدگی زردآلوها با افزایش غلظت آلژینات سدیم، در غلظت‌های پایین پروتئین آب پنیر افزایش و در غلظت‌های بالای پروتئین آب پنیر، کاهش یافت. علاوه بر این نشان داده شد که با افزایش غلظت چیتوزان بار میکروبی کاهش می‌یابد. با توجه به بهینه‌سازی انجام شده توسط نرم‌افزار Design expert، مشخص گردید که بهترین فرمولاسیون پوشش خوراکی برای زردآلو شامل 1/25 درصد آلژینات، 1/45 درصد چیتوزان و صفر درصد پروتئین آب پنیر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آلژینات سدیم، پوشش خوراکی، چیتوزان، زردآلو، کنسانتره پروتئین آب پنیر، ماندگاری

مقدمه

است. امروزه تقاضای مصرف‌کنندگان برای میوه تازه رو به افزایش است و یکی از اهداف تولیدکنندگان عرضه محصول در مدت طولانی و استفاده از روش‌هایی جهت طولانی نمودن عمر پس از برداشت محصول می‌باشد (Arzani & Imani, 1998). با توجه به زنده بودن محصول در زمان پس از برداشت، برخی محصولات دستخوش تغییرات سریعی می‌گردند و ممکن است کیفیت محصول عرضه شده در بازار علی‌رغم ظاهر مناسب کاهش چشم‌گیری پیدا کرده باشد (Puerta-Gomez & Cisneros-Zevallos, 2011). زردآلو از جمله محصولات فرازگرا است و در زمان رسیدگی، تولید اتیلن و سرعت تنفس به شدت افزایش می‌یابد و به همین دلیل درجه فسادپذیری بالایی دارد با توجه به این ویژگی‌ها، نگهداری این محصول در شرایط کنترل شده اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. استفاده از دمای پایین روش متداولی جهت این منظور می‌باشد، اما آگاهی از تغییرات کیفی میوه در طول دوره نگهداری اهمیت ویژه‌ای داشته و نیازمند پژوهش‌هایی در این

زردآلو (*prunus armeniaca*) میوه‌ای نرم است که معمولاً مقاومتی در برابر ضربه و شرایط نامناسب حمل و نقل و نگهداری ندارد و در نتیجه امکان صادرات این محصول با کیفیت خوب و ضایعات کم وجود نداشته یا بسیار محدود است. یکی از روش‌های مناسب برای افزایش ماندگاری زردآلو و جلوگیری از گسترش صدمه‌دیدگی حاصل از ضربه، استفاده از واکس‌ها و پوشش‌های با پایه پلی‌مرهای طبیعی

1 و 3- به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی دامغان، دامغان، ایران.

2- استادیار، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان (شاهرود)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شاهرود، ایران.

(*مستول مکاتبات: Email: hziolhagh@gmail.com)

زمینه است (Roussos et al., 2011).

مواد و روش‌ها

زردآلوه‌های رقم رجبعلی در مرحله‌ای که برای تازه‌خوری مناسب‌اند، از یکی از باغات شهرستان شاهرود تهیه گردید و سعی شد تا حد امکان از زردآلوه‌های یکسان و هم‌اندازه برای پژوهش استفاده شود. ضمن این که میوه‌های آسیب دیده و زخم شده جدا و زردآلوه‌های سالم انتخاب شدند. از زردآلوه‌های آماده شده برای هر آزمایش، تعداد 20 عدد به‌طور تصادفی انتخاب و برای تعیین خصوصیات اولیه فیزیکی و شیمیایی تحت آزمایش قرار گرفتند. کلیه مواد شیمیایی مورد استفاده از شرکت مرک تهیه شدند، به‌جز کنسانتره پروتئین آب‌پنیر (به‌تام پودر) که خریداری شد.

آماده‌سازی محلول‌های پوشش‌دهنده زردآلو

برای تهیه محلول 2/5 درصد کنسانتره پروتئین آب‌پنیر، مقدار 12/5 گرم و برای تهیه محلول 5 درصد کنسانتره پروتئینی آب‌پنیر مقدار 25 گرم کنسانتره پروتئین آب‌پنیر به 500 میلی‌لیتر آب مقطر درون ارلن اضافه شده و روی شیکر ارلن با دور 180 دور در دقیقه به مدت یک ساعت قرار داده شد. بعد از گذشت این زمان محلول در بن‌ماری در دمای 90 درجه سانتی‌گراد به مدت 30 دقیقه قرار داده شد. سپس 25 گرم گلیسرول به محلول اضافه شد و مجدداً به مدت 10 دقیقه در شیکر ارلن با دور 140 دور در دقیقه قرار داده شد. محلول برای جداسازی لخته‌های پروتئینی از صافی عبور داده شد (بلقیسی، 1387).

برای تهیه محلول 1 و 2 درصد آلزینات سدیم به ترتیب مقادیر 4 و 8 گرم آلزینات سدیم به 400 میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شده و محلول روی هیتر در دمای 70 درجه سانتی‌گراد قرار گرفت تا محلول شفاف به‌دست آید. سپس 6 گرم گلیسرول و 0/2 گرم روغن آفتاب گردان به محلول اضافه گردید (Denavi et al., 2009).

برای تهیه محلول‌های 1 و 2 درصد چیتوزان، به ترتیب 5 و 10 گرم چیتوزان به 500 میلی‌لیتر آب مقطر حاوی 2/5 درصد حجمی/حجمی استیک اسید در دمای 40 درجه سانتی‌گراد افزوده شد. این محلول به مدت 8 ساعت روی همزن مغناطیسی قرار گرفت. pH محلول توسط هیدرواکسیدسدیم بر روی 5/1 تنظیم و پس از آن به محلول 0/5 میلی‌لیتر گلیسرول به‌عنوان پلاستیسایزر جهت بهبود انعطاف‌پذیری اضافه گردید. سپس این محلول در دمای اتاق و توسط همزن مغناطیسی تا یکنواختی کامل هم‌زده شد (Ali et al., 2011). سپس محلول‌های آماده شده طبق جدول 1 با درصدهای مختلف با یکدیگر مخلوط گردید.

برای پوشش‌دهی، نمونه‌های زردآلو در هر یک از محلول‌های تهیه شده غوطه‌ور گردیدند. بعد از مدت 5 دقیقه زردآلوه‌ها از محلول خارج شده و حدود یک ساعت در مقابل جریان هوا قرار گرفتند تا

پوشش‌های خوراکی، لایه‌ای نازک و یکپارچه از یک ماده خوراکی هستند که بر روی سطح ماده غذایی به‌عنوان پوشش و یا در لایه‌لای اجزای ماده غذایی قرار می‌گیرند. همچنین می‌توانند با ممانعت از ورود رطوبت، گازها، بو و چربی باعث حفظ کیفیت ماده غذایی شوند. در واقع نقش ایجاد یک سد در برابر ورود و خروج مواد (آب، گاز، چربی‌ها)، حفظ ترکیبات مواد غذایی، انتقال افزودنی‌ها (رنگ، طعم‌دهنده، آنتی‌اکسیدان‌ها، مواد ضد میکروبی و نظایر آن)، جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌ها در سطح مواد غذایی و حفاظت مکانیکی را بر عهده دارند. خواص کاربردی پوشش‌های خوراکی به میزان زیادی متأثر از پارامترهایی مانند: فرمولاسیون، تکنولوژی تهیه فیلم، ویژگی‌های حلال و خواص افزودنی‌هاست (Chien & Yang, 2007). پژوهش‌گران زیادی اثر پوشش‌های خوراکی متعددی را بر کیفیت ماندگاری محصولات مختلف مورد بررسی قرار داده‌اند. Arnon و همکاران (2014) اثر ترکیب پوشش‌های خوراکی چیتوزان و کربوکسی‌متیل سلولز را بر کیفیت پس از برداشت مرکبات بررسی نمودند. Ali و همکاران (2011) اثر پوشش خوراکی چیتوزان بر خواص فیزیکوشیمیایی میوه پاپایا را بررسی کرده و نشان دادند که می‌توان از چیتوزان برای افزایش زمان ماندگاری میوه‌ها استفاده نمود. مهرزاد و همکاران (1390) تاثیر پوشش چیتوزان بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی، میکروبی و ارگانولپتیکی توت‌فرنگی را مورد بررسی قرار داده و نشان دادند که چیتوزان رسیدگی میوه را کند کرده و باعث حفظ سفتی بافت و رنگ میوه می‌شود، همچنین پوسیدگی قارچی کپک خاکستری را کاهش می‌دهد. Perez-Gago و همکاران (2006) نشان دادند که سیب‌های پوشش داده شده با پوشش خوراکی کنسانتره پروتئین آب‌پنیر درخشندگی بیشتری داشته و کمتر دچار واکنش‌های قهوه‌ای شدن گردیده‌اند. مستوفی و همکاران (1390) تاثیر چیتوزان بر افزایش زمان ماندگاری پس از برداشت و حفظ کیفیت انگور را مورد بررسی قرار داده و نشان دادند که میزان کاهش وزن، فساد، قهوه‌ای شدن، ترک‌خوردگی و ریزش حبه‌ها با محلول چیتوزان 0/5 و 0/1 درصد که به مدت 90 روز نگهداری شده بودند، کاهش یافت.

بیشتر تحقیقاتی که در مورد اثر پوشش‌های خوراکی بر کیفیت ماندگاری میوه‌ها انجام شده است، اثر هر نوع پوشش به‌طور جداگانه بررسی گردیده است، لذا در این پژوهش سعی شده است تا امکان افزایش عمر ماندگاری زردآلو با استفاده از ترکیب مناسبی از پوشش‌های خوراکی چیتوزان، آلزینات سدیم و کنسانتره پروتئین آب‌پنیر مورد بررسی قرار گیرد.

رطوبت سطحی آن‌ها خشک شود. سپس نمونه‌ها در ظروف یکبار مصرف بسته‌بندی و به سردخانه دمای 2 درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی 70 درصد انتقال داده شدند. آزمایشات شامل درصد کاهش

جدول 1- تیمارها و درصد محلول‌های ترکیب شده

تیمارها	چیتوزان	کنسانتره آب پنیر	آلژینات سدیم
1	1	0	1
2	0	5	0
3	2	0	0
4	1	2/5	1
5	1	2/5	1
6	2	2/5	1
7	1	2/5	1
8	2	5	2
9	1	2/5	1
10	0	2/5	1
11	0	5	2
12	1	2/5	0
13	1	2/5	2
14	1	2/5	1
15	1	2/5	1
16	0	0	0
17	0	0	2
18	2	0	2
19	2	5	0
20	1	5	1

$$\text{Acidity} = \frac{V \times 0.0067 \times 100}{m} \quad (2)$$

V ، حجم سود 0/1 نرمال مصرفی برحسب میلی‌لیتر، m وزن نمونه برحسب گرم

ویتامین ث

ابتدا آب‌میوه با اسیدمتافسفریک رقیق می‌گردد تا مانع اکسیداسیون اسیداسکوربیک شود. سپس مقدار ویتامین ث ضمن احیای ماده رنگی (2-6-دی کلروفنل) به‌وسیله محلول اسیداسکوربیک تعیین می‌گردد. برای استاندارد کردن محلول دی کلروفنل اندوفنل، 10 میلی‌لیتر از محلول استاندارد اسید اسکوربیک در یک ارلن 100 میلی‌لیتری ریخته و با محلول دی کلروفنل اندوفنل توسط بورت تا ظهور رنگ صورتی کم‌رنگ تیتروگردد، مقدار میلی‌لیتر دی کلروفنل اندوفنل برای خنثی کردن 2 میلی گرم ویتامین ث را b می‌نامیم. 50 گرم آب زردآلو را به یک بالن مدرج 100 میلی‌لیتری اضافه کرده و 25 میلی‌لیتر محلول اسید متافسفریک 20 درصد به آن اضافه شده و با آب به حجم رسانده شد. پس از مخلوط کردن، 10

اندازه‌گیری پارامترهای کیفی

درصد افت وزن

نمونه‌های زردآلو در روز صفر و در پایان هر بازه زمانی نگهداری (5 روز یک بار)، توزین گردیدند. تفاوت وزن نهایی در هر مرحله به عنوان درصد افت وزن منظور گردید و از رابطه 1 محاسبه شد (Ali et al., 2011).

$$\text{weight loss} = \frac{w_0 - w_t}{w_0} \quad (1)$$

w_0 = وزن اولیه نمونه زردآلو، w_t = وزن نمونه‌های زردآلو در بازه زمانی

اسیدیته (TA)¹

برای تعیین اسیدیته، آب زردآلو در حضور معرف فنل فثالین با سود 0/1 نرمال تیرشد و برحسب اسیدمالیک بر طبق رابطه 2 محاسبه گردید (استاندارد ملی ایران به شماره 2685).

1 Titratable Acidity

چین) زردآلوه‌ها اسکن شده و تصاویر با رزولوشن 300dpi به دست آمد. سپس تصاویر حاصله در محیط نرم افزار ImageJ ویرایش 19 مورد پردازش قرار گرفته و مؤلفه‌های L^* (روشنایی)، a^* (قرمزی) و b^* (زردی) تعیین گردید (ضیاءالحق، 1395)

آزمون بافت

بافت میوه‌های زردآلو با استفاده از دستگاه LFRA 4500 (Brookfield، آمریکا) اندازه‌گیری شد. در این پژوهش از تحلیل‌گر بافت بروکفیلد و پروپ استوانه‌ای با قطر 5 میلی‌متر، عمق هدف در تست مورد نظر 2 میلی‌متر، زمان نگهداری پروپ در نمونه صفر و سرعت وارد شده توسط دستگاه 0/8 mm/s انتخاب شد. مقدار حداکثر نیروی لازم برای نفوذ به بافت میوه بر حسب نیوتن اندازه‌گیری و به عنوان سفتی بافت محصول بر حسب N/mm^2 در نظر گرفته شد (صادقی‌پور و همکاران، 1391).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

جهت تجزیه و تحلیل آماری و آنالیز واریانس و به دست آوردن بهترین فرمولاسیون پوشش خوراکی از روش آماری سطح پاسخ و طرح مرکب مرکزی (Central Composite Design) به کمک نرم افزار Design expert 8.0.7.1 استفاده شد. هدف از انجام این روش آزمون رسیدن به یک فرمولاسیون بهینه از پوشش‌های خوراکی کنسانتره پروتئین آب پنیر، آلزینات سدیم و چیتوزان بود. طبق درصدهای پیشنهاد شده توسط نرم افزار، مقدار کنسانتره پروتئین آب پنیر، آلزینات سدیم و چیتوزان در فرمولاسیون به ترتیب بین صفر تا 5، صفر تا 2 و صفر تا 2 درصد و با شش تکرار در نقطه مرکزی آن تعیین شد. تیمارهای به دست آمده توسط نرم افزار مطابق جدول 1 می‌باشند.

نتایج و بحث

درصد افت وزن

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اثر ساده و درجه دوم آلزینات سدیم، اثر درجه دوم چیتوزان، اثر متقابل درجه دوم پروتئین آب پنیر در آلزینات و اثر متقابل درجه دوم پروتئین آب پنیر در چیتوزان بر درصد افت وزن معنی‌دار می‌باشند ($P < 0.05$). همانگونه که در شکل 1 مشاهده می‌شود، در غلظت‌های پایین پروتئین آب پنیر (کمتر از 0/5 درصد)، با افزایش غلظت آلزینات سدیم درصد کاهش وزن کاهش می‌یابد (از حدود 0/2 درصد در نمونه شاهد تا حدود 0/14 درصد در نمونه حاوی 2 درصد آلزینات سدیم) ولی در غلظت‌های بالاتر پروتئین آب پنیر با افزایش غلظت آلزینات درصد کاهش وزن هم افزایش یافته است. همچنین مشاهده می‌شود که در غلظت‌های بالای آلزینات، با افزایش غلظت پروتئین آب پنیر، درصد کاهش وزن

میلی‌لیتر از آن در یک ارلن 100 میلی‌لیتری ریخته شده و با محلول دی کلروفل اندوفل تا ظهور رنگ صورتی کمرنگ تیر شد. مقدار میلی‌لیتر دی کلروفل مصرفی را a می‌نامیم. آزمون شاهد را بروی 10 میلی‌لیتر اسید متافسفریک مطابق نمونه انجام شد و مقدار میلی‌لیتر دی کلروفل اندوفل (c) نامیده شد. مقدار ویتامین ث از رابطه 3 به دست آمد (استاندارد ملی ایران به شماره 2-14617)

$$(3) \quad \text{میلی گرم ویتامین ث در صد گرم نمونه} = \frac{2 \times (a-c) \times 100 \times 100}{b \times 10 \times \text{نمونه وزن}}$$

a ، میلی‌لیتر دی کلروفل مصرفی برای نمونه، b ، میلی‌لیتر دی کلروفل برای استاندارد، c ، میلی‌لیتر دی کلروفل برای شاهد.

آزمون قهوه‌ای شدن

این آزمون بر مبنای استخراج رنگدانه‌های قهوه‌ای توسط 50 میلی‌لیتر محلول آبی اسیداستیک - فرمالدئید با نسبت حجمی 2 به 1 و اندازه‌گیری جذب در 420 و 600 نانومتر استوار است. برای این کار 5 گرم از هر نمونه وزن شده و داخل ارلن ریخته شد. سپس 50 میلی‌لیتر از محلول آبی اسیداستیک - فرمالدئید بر روی نمونه‌ها ریخته و همزده شد. آنگاه ارلن‌ها به مدت 72 ساعت در کمد آزمایشگاه قرار داده شدند تا رنگدانه‌های قهوه‌ای کاملاً استخراج گردند. با استفاده از اسپکتروفتومتر (Jenway 6800، آلمان) مقدار جذب در 420 و 600 نانومتر اندازه‌گیری شد. طول موج 420 نانومتر ناحیه زرد و 600 نانومتر ناحیه قهوه‌ای است. اختلاف جذب در این دو طول موج به عنوان شاخص قهوه‌ای شدن در نظر گرفته شد (Ebrahimi et al. 2013).

اندازه‌گیری چروکیدگی

برای تعیین میزان چروکیدگی، ابعاد زردآلوه‌ها قبل و بعد از نگهداری با استفاده از کولیس از سه جهت، قطربزرگ و کوچک و عمق اندازه‌گیری، و میانگین هندسی ابعاد تعیین گردید. درصد چروکیدگی از رابطه 4 به دست آمد (Shakouri et al. 2015):

$$(4) \quad \%shrinkage = \frac{M1 - M2}{M1} \times 100$$

که $M1$ میانگین هندسی ابعاد در شروع نگهداری و $M2$ میانگین هندسی ابعاد در پایان زمان نگهداری می‌باشند.

شمارش بار میکروبی

برای شمارش بار میکروبی در زردآلو از محیط کشت پلیت کانت آگار، در شرایط کاملاً استریل و طبق استاندارد 1-5272 انجام شد.

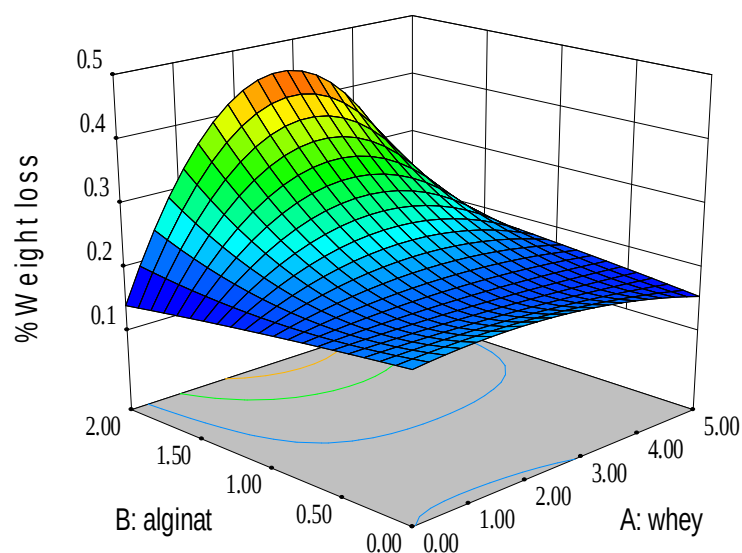
آزمون رنگ

جهت تعیین رنگ نمونه‌های نگهداری شده از روش پردازش تصویر با کمک نرم افزار ImageJ ویرایش 19 استفاده شد. برای این منظور ابتدا با استفاده از یک دستگاه اسکنر (Genius HRX slim،

پوشش‌های خوراکی به‌عنوان مانعی عمل کرده و در نتیجه انتقال آب را محدود کرده و از پوست میوه در برابر صدمات مکانیکی حفاظت می‌کنند. با رسیده‌تر شدن محصول بافت کوتیکولی محصول تخریب شده و رطوبت بیشتری از آن تبخیر می‌شود و لذا درصد افت وزن افزایش می‌یابد (Seymour et al., 1993). در غلظت‌های پایین پروتئین آب پنیر احتمالاً پوشش آلژینات با پوشاندن منافذ ناشی از تخریب کوتیکول از کاهش وزن جلوگیری می‌کند، ولی در غلظت‌های بالا، احتمالاً پروتئین آب پنیر مانع از پوشش یکنواخت منافذ توسط آلژینات سدیم می‌شود و به همین دلیل در غلظت‌های بالای پروتئین آب پنیر درصد افت وزن افزایش یافته است (Seymour et al., 1993).

بیشتر می‌شود. در مورد غلظت چیتوزان نیز نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش غلظت آن تا 0/5 درصد، میزان افت وزن کاهش و بعد از آن با افزایش غلظت تا 2 درصد، میزان افت وزنی افزایش می‌یابد. Yang و Chien (2007) نیز نشان دادند که پوشش چیتوزان، تغییر وزن ناشی از دست دادن آب و افت کیفیت حسی در قطعات انبه را به تاخیر می‌اندازد. Ali و همکاران (2011) نیز بر خلاف نتایج این تحقیق در مورد زردآلو، نشان دادند که در مورد میوه پاپایا پوشش داده شده با چیتوزان، درصد افت وزن در نمونه‌های پوشش داده شده با غلظت‌های بالاتر چیتوزان کمتر است.

کاهش وزن میوه عمدتاً با تنفس و تبخیر رطوبت از طریق پوست در ارتباط است. پوست نازک زردآلو، آن را برای ازدست دادن سریع آب مستعد می‌کند و در نتیجه باعث چروکیدگی آن می‌شود.



شکل 1- اثر متقابل غلظت آلژینات سدیم و کنسانتره پروتئین آب پنیر بر درصد کاهش وزن زردآلو

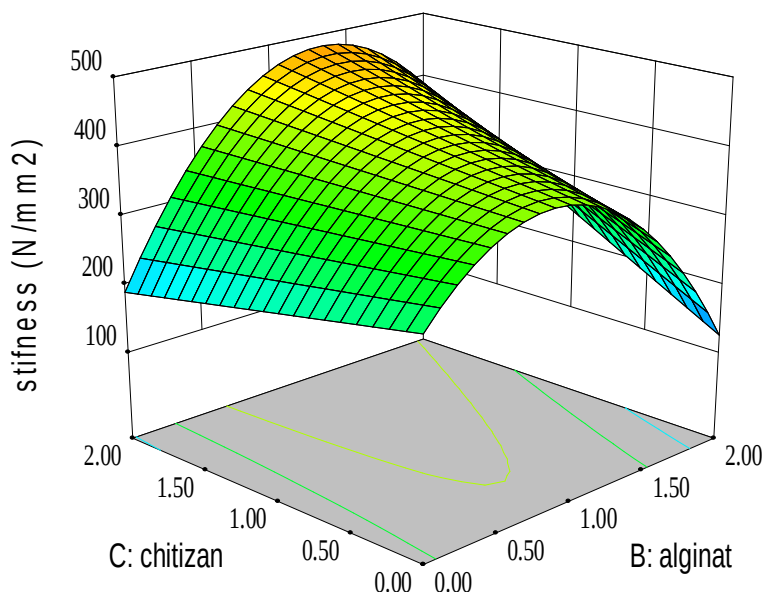
تایید کیفیت برای میوه و سبزیجات تازه است. زردآلو یک میوه نرم است که سریع استحکام بافت خود را ازدست داده، تا حد زیادی عمر پس از برداشت آن کوتاه بوده و حساسیت به آلودگی قارچی دارد (زکای خسروشاهی و اثنی‌عشری، 1387).

Hernandez-Munoz و همکاران (2008)، گزارش کردند که پوشش چیتوزان اثرات بسیار مفیدی بر سفتی بافت توت فرنگی در پایان دوره انبارداری دارد و توت فرنگی‌های پوشش داده شده با آن استحکام بافت بالاتری نسبت به میوه‌های بدون پوشش (شاهد) نشان دادند. طبق گزارشات این محققین، غلظت 1/5 درصد چیتوزان در حفظ سفتی بافت میوه موثرتر بود. Ali و همکاران (2011) نیز نشان دادند که غلظت‌های بالاتر چیتوزان نسبت به غلظت‌های پایین‌تر یا

اثر غلظت پوشش‌های خوراکی بر سفتی بافت

نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارها بر تغییرات سفتی بافت نشان داد که اثر غلظت کنسانتره پروتئین آب پنیر بر سفتی بافت زردآلو معنی‌دار نبوده است، ولی غلظت چیتوزان و آلژینات سدیم، اثر معناداری را نشان داد ($P < 0.05$). نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که چیتوزان و آلژینات سدیم نقش مهمی در حفظ سفتی بافت دارند. با توجه به شکل 2، افزایش غلظت آلژینات سدیم تا یک درصد سبب افزایش سفتی بافت زردآلو می‌شود که این افزایش در غلظت‌های بالای چیتوزان بیشتر می‌باشد، به‌طوری‌که بیشترین میزان سفتی در زردآلوهای پوشش داده شده با 1 درصد آلژینات و 2 درصد چیتوزان مشاهده شد. بافت یکی از ویژگی‌های بسیار مهم برای مصرف‌کننده در

نمونه‌های شاهد سبب حفظ بهتر سفتی بافت پاپایا در طی نگهداری می‌شوند.



شکل 2- اثر متقابل چیتوزان و آلژینات بر سفتی بافت زردآلو

تیمار شده با چیتوزان دارای درخشندگی بیشتری نسبت به نمونه شاهد بودند، اما افزایش از دست دادن رنگ هم در نمونه‌های تیمار شده و هم در نمونه شاهد با گذشت زمان مشاهده شد. علت این اختلاف در نتایج را می‌توان به متفاوت بودن زمان نگهداری و همچنین اثر متقابل چیتوزان و آلژینات سدیم نسبت داد. Rojas-Grau و همکاران (2007)، اثر پوشش آلژینات و ژلان را روی نمونه‌های سیب مورد بررسی قرار داده و نشان دادند که پوشش‌ها قهوه‌ای شدن و تغییر رنگ سطح آن‌ها در طول نگهداری را به تعویق می‌اندازند.

بار میکروبی

نتایج آنالیز واریانس مربوط به شمارش بار میکروبی نشان داد که اثر ساده و توان دوم چیتوزان در سطح یک درصد، و اثر متقابل چیتوزان و پروتئین آب پنیر در سطح 5 درصد، بر میزان بار میکروبی نمونه‌های زردآلو معنی‌دار می‌باشند. در شکل 5 مشاهده می‌شود که با افزایش غلظت چیتوزان بار میکروبی نمونه‌ها کاهش یافته است و این کاهش در غلظت‌های پایین پروتئین آب پنیر بیشتر بوده است. احتمالاً در غلظت‌های پایین پروتئین آب پنیر، چیتوزان به علت بیشتر بودن غلظت آن در مقایسه با کنسانتره پروتئین آب پنیر بیشتر توانسته است اثر ضد میکروبی خود را اعمال کند. چیتوزان یک پلی‌ساکارید کاتیونی است که محلول در آب بوده و طیف ضد میکروبی وسیعی دارد. چیتوزان به سلول‌های باکتریایی که به صورت منفی باردار شده‌اند متصل شده و در کار غشا و انتقال مواد اختلال ایجاد می‌کند

تغییرات شاخص رنگ

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اثر غلظت چیتوزان و اثر متقابل چیتوزان و آلژینات سدیم در سطح 5 درصد بر پارامتر b^* و تنها اثر متقابل غلظت چیتوزان و آلژینات سدیم بر میزان روشنی نمونه‌ها (L^*) در سطح 5 درصد معنی‌دار می‌باشند. هیچکدام از غلظت‌ها بر میزان قرمزی (a^*) رنگ نمونه‌ها تأثیر معنی‌داری نداشتند. با توجه به شکل 3 مشاهده می‌شود که با افزایش غلظت چیتوزان و کاهش آلژینات سدیم به طور همزمان از میزان زردی نمونه‌ها کاسته می‌شود (کاهش b^*) در پایان دوره نگهداری شده است. شکل شماره 4 نیز نشان می‌دهد که افزایش غلظت چیتوزان و آلژینات سدیم باعث کاهش روشنایی و افزایش رنگ تیره (کاهش L^*) میوه در پایان دوره نگهداری شده است.

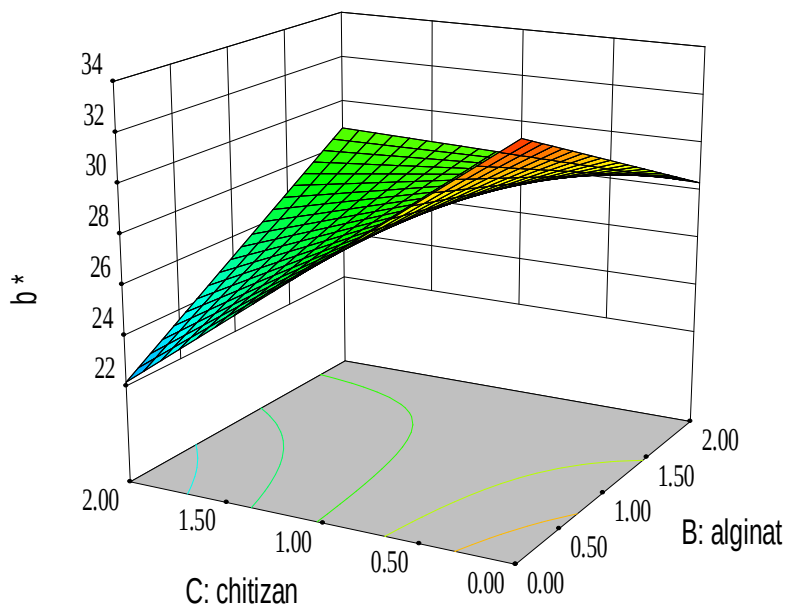
رنگ یک عامل مهم در کیفیت زردآلو است. تغییرات رنگ در زردآلوی رسیده در طی مدت انباری به دلیل افزایش تنفس و بدون کاهش جذب اکسیژن رخ می‌دهد. کنترل ازدست دادن رطوبت از طریق پوشش‌دهی (چیتوزان) می‌تواند تغییرات رنگ در زردآلوهای رسیده را به حداقل برساند. به غیر از اثر از دست دادن رطوبت بر تغییرات رنگ زردآلو، دمای نگهداری نیز تا حد زیادی تأثیر دارد. بنابراین انتظار می‌رود که بین نمونه‌هایی که پوشش داده شده و درجه حرارت آن کنترل شده با نمونه‌هایی که در دماهای بالاتر نگهداری شده‌اند اختلاف رنگ شدیدتر باشد. نتایج این تحقیق برخلاف نتایج مستوفی و همکاران (1390) بود. آن‌ها گزارش کردند که انگورهای

(Mortazavi & Ziaolhagh, 2016).

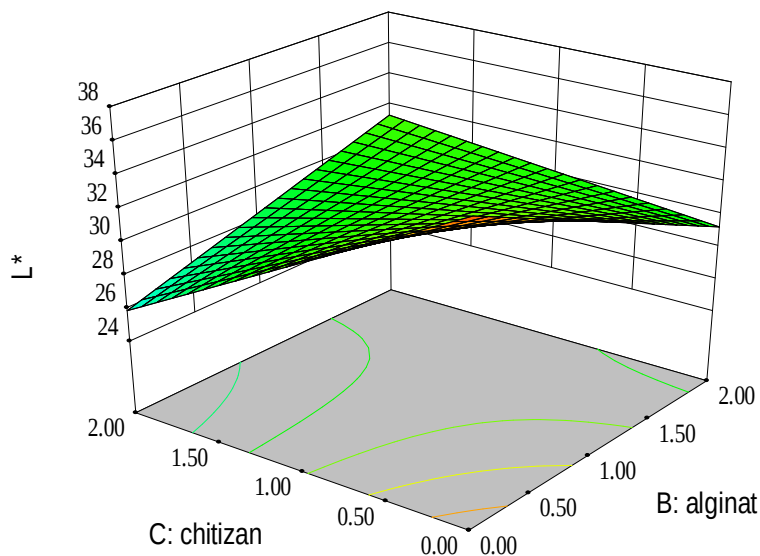
همکاران (2004) در مورد میوه لیچی و Khalid و همکاران (2010)

در مورد کنگر فرنگی نیز به نتیجه مشابهی دست یافتند. تاج‌الدین (1394) نیز نشان داد که سرعت افزایش بار میکروبی نمونه‌های زردآلو پوشش داده شده با نانو ذرات چیتوزان نسبت به نمونه‌های شاهد در طی نگهداری به مدت 8 هفته بسیار کاهش می‌یابد

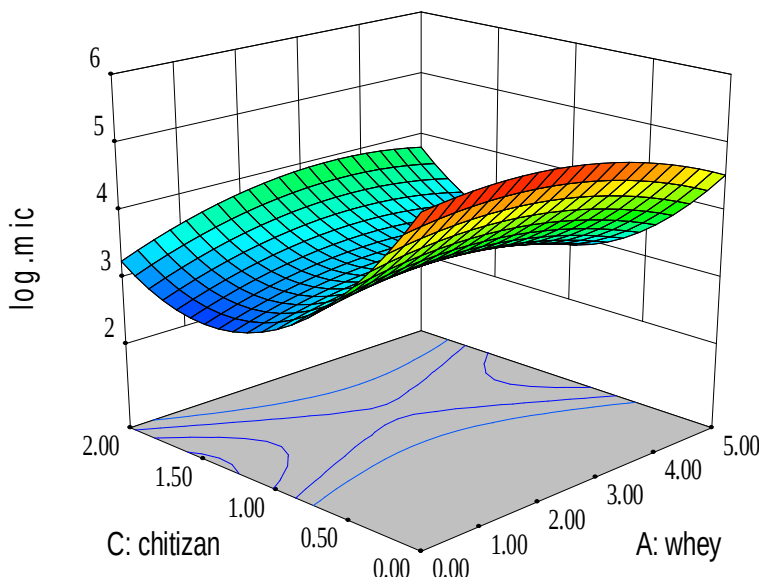
Chien و همکاران (2007) اثرات پوشش چیتوزان را بر کیفیت و ماندگاری قطعات انبه مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها قطعات انبه را با محلول‌های 0/5، 1 و 2 درصد چیتوزان تیمار نمودند و نشان دادند که پوشش چیتوزان، از رشد میکروارگانیسم‌ها جلوگیری می‌کند. Dong و



شکل 3- اثر متقابل چیتوزان و آلژینات بر زردی رنگ زردآلو



شکل 4- اثر متقابل چیتوزان و آلژینات بر روشنی رنگ زردآلو



شکل 5- اثر متقابل چیتوزان و کنسانتره پروتئین آب پنیر بر شمارش کلی زردآلو

اسیدیته

اثر توان دوم آلزینات سدیم در سطح یک درصد و اثرات متقابل آلزینات سدیم و چیتوزان در سطح 5 درصد بر میزان اسیدیته زردآلوه‌ها معنی‌دار بود همان‌طور که در شکل 6 مشاهده می‌شود، با افزایش غلظت چیتوزان اسیدیته افزایش و با افزایش غلظت آلزینات اسیدیته در ابتدا تا غلظت حدود 1 درصد افزایش و بعد از آن با افزایش بیشتر غلظت کاهش یافته است. در ابتدا که غلظت آلزینات کم است، به علت کاهش فرآیند تنفس اسیدیته افزایش یافته است ولی در غلظتهای بالاتر از حدود یک درصد، اسیدیته به علت فعالیت‌های متابولیکی میوه کاهش می‌یابد. احتمالاً پوشش چیتوزان در غلظتهای پایین (0/5 درصد) قادر به اصلاح اتمسفر داخلی میوه جهت جلوگیری از کاهش اسیدیته نبوده است (Ali و همکاران، 2011). میزان اسیدهای قابل تیتراسیون با رسیدگی میوه در ارتباط می‌باشد و موجب طعم ترش در میوه می‌گردند. با رسیدن میوه میزان اسیدها آلی کاهش می‌یابند. میزان اسیدهای آلی در دوره برداشت میوه به مواد جامد قابل حل و سرعت تجزیه اسیدها بستگی دارد. تجزیه اسیدهای آلی در دوره رسیدن میوه به تنفس وابسته است (میدانی، 1376). Ghasemnezhad و همکاران (2010) اختلاف معنی‌داری بین اسیدیته زردآلوه‌های پوشش داده شده با چیتوزان و نمونه‌های شاهد پیدا نکردند و کاهش اسیدیته در پایان دوره نگهداری را به تغییرات متابولیکی میوه یا مصرف شدن اسیدهای آلی در فرآیند تنفس نسبت دادند. Ali و همکاران (2011) مشاهده کردند که اسیدیته پاپای

پوشش داده شده با چیتوزان در طی زمان نگهداری تا 6 هفته کاهش می‌یابد که این کاهش در غلظتهای بالاتر چیتوزان کمتر است. آن‌ها بیشترین مقدار اسیدیته را در میوه‌های پوشش داده شده با غلظت 2 درصد چیتوزان پس از 5 هفته نگهداری مشاهده کردند.

ویتامین ث

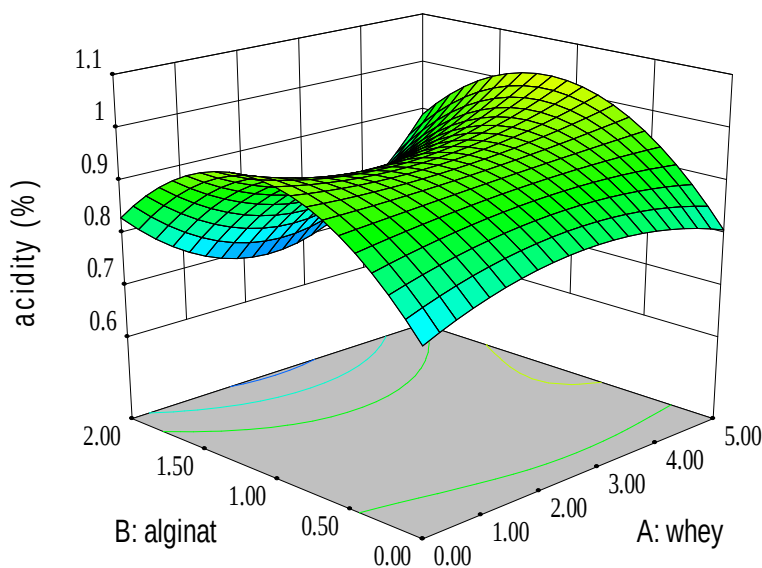
در مورد ویتامین ث، تنها اثر توان دوم آلزینات سدیم معنی‌دار بود ($p < 0.01$) و سایر غلظت‌ها فاقد اثر معنی‌دار بودند. با توجه به شکل 7 مشاهده می‌شود که با افزایش غلظت آلزینات تا حدود یک درصد مقدار ویتامین ث افزایش و با افزایش بیشتر غلظت کاهش می‌یابد. میزان ویتامین ث در زردآلو بین 8 تا 10 درصد گرم متفاوت می‌باشد. این ویتامین طی مدت نگهداری یارسیدگی میوه بر اثر فعالیت آسکوربیک اکسیداز تجزیه شده و میزان آن کاهش می‌یابد. Ghasemnezhad و همکاران (2010) نیز اختلاف معنی‌داری بین مقدار ویتامین ث زردآلوه‌های پوشش داده شده با چیتوزان و نمونه‌های شاهد پیدا نکردند ولی Ali و همکاران (2011) نشان دادند که پوشش چیتوزان سنتر اسید آسکوربیک در طی فرآیند رسیدن پاپای را کند می‌کند.

قهوه‌ای شدن

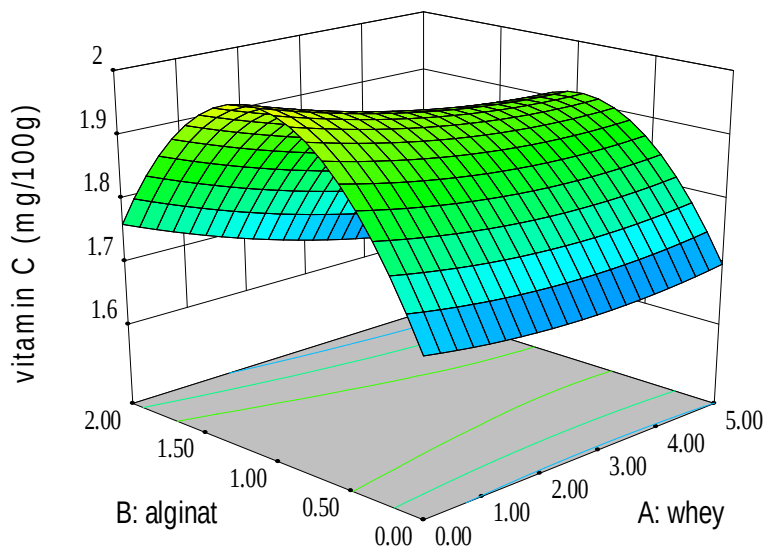
نتایج آنالیز واریانس نشان داد که تنها اثر توان دوم غلظت چیتوزان بر میزان قهوه‌ای شدن نمونه‌ها دارای اثر معنی‌دار بود

سیب در طول نگهداری را به تعویق می‌اندازند. Huimin و همکاران (2009) تاثیر پوشش‌های مختلف نظیر کاراگینان، کربوکسی متیل سلولز و سدیم آلژینات و ترکیب آن‌ها در قهوه‌ای شدن هلو در طی نگهداری در دمای 5 درجه سانتی‌گراد را بررسی کرده و نشان دادند که پوشش دهی با سدیم آلژینات ضمن متوقف کردن فعالیت پلی فنل اکسیداز، میزان قهوه‌ای شدن هلو را نیز کاهش می‌دهد.

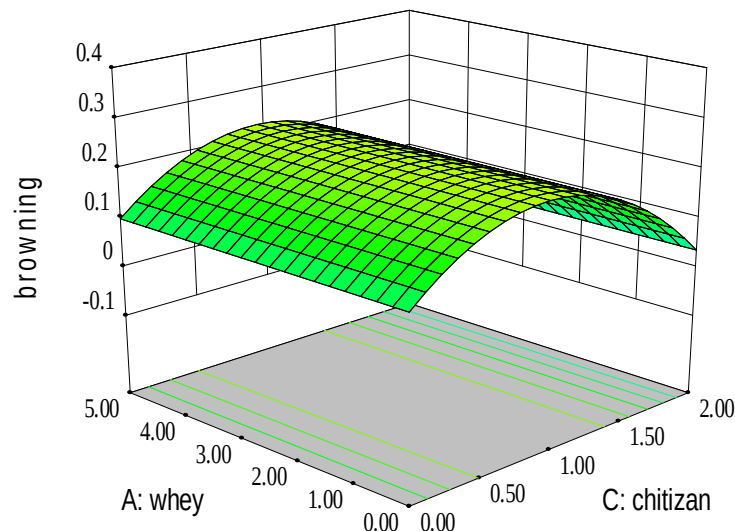
($P < 0.01$). با افزایش غلظت چیتوزان تا حدود یک درصد بر میزان قهوه‌ای شدن زردآلوهای پوشش داده شده افزوده شد، ولی با افزایش بیشتر غلظت چیتوزان تا 2 درصد از میزان قهوه‌ای شدن زردآلوها کاسته شد (شکل 8). این نتیجه نشان می‌دهد که غلظت‌های بالای چیتوزان از تماس اکسیژن با سطح زردآلوها جلوگیری کرده و مانع از انجام واکنش‌های قهوه‌ای شدن شده است. Rojas-Grau و همکاران (2007)، نیز نشان دادند که پوشش‌های آلژینات و ژلان قهوه‌ای شدن



شکل 6- اثر متقابل چیتوزان و آلژینات سدیم بر اسیدیته زردآلو



شکل 7- اثر متقابل کنسانتره پروتئین آب پنیر و آلژینات سدیم بر ویتامین ث زردآلو

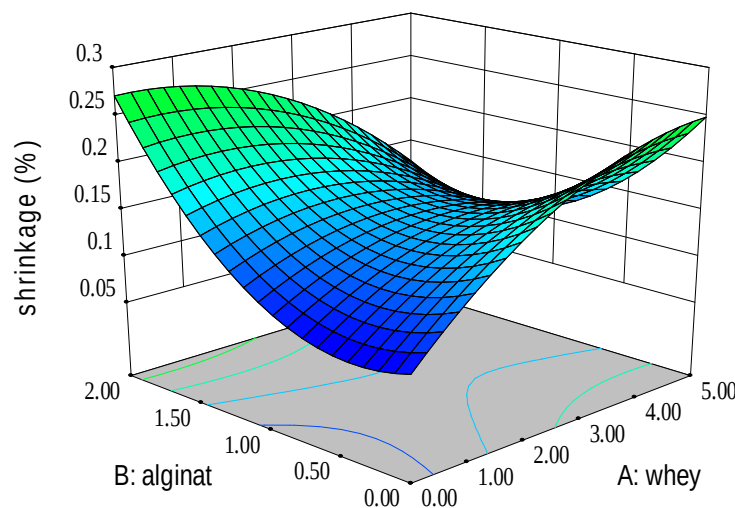


شکل 8- اثر متقابل کنسانتره پروتئین آب پنیر و چیتوزان بر قهوه‌ای شدن زردآلو

است. این پدیده نشان می‌دهد که ترکیب این دو پوشش در غلظت‌های بالا توانسته است پوشش یکنواختی را روی زردآلوه‌ها ایجاد کرده و از تبخیر آب و در نتیجه چروکیدگی زردآلوه‌ها جلوگیری کند. استفاده از پوشش‌های خوراکی در محصولات تازه و از جمله میوه‌ها از بروز تغییرات ناخواسته در محصول جلوگیری کرده و به عنوان مانعی در برابر بخار آب و سایر گازها عمل می‌کنند و لذا از چروکیدگی محصول جلوگیری می‌شود (Baldwin et al., 1996).

چروکیدگی

در مورد چروکیدگی نیز نتایج آنالیز واریانس نشان داد که تنها اثر متقابل پروتئین آب پنیر و آلژینات سدیم دارای اثر معنی‌دار هستند ($P < 0.01$). همان‌طور که در شکل 9 مشاهده می‌شود با افزایش غلظت آلژینات سدیم در غلظت‌های پایین پروتئین آب پنیر، چروکیدگی افزایش یافته است، ولی در غلظت‌های بالای پروتئین آب پنیر، میزان چروکیدگی با افزایش غلظت آلژینات سدیم کاهش یافته



شکل 9- اثر متقابل کنسانتره پروتئین آب پنیر و آلژینات سدیم بر چروکیدگی (درصد) زردآلو

در سردخانه صورت گرفت. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که پوشش‌های خوراکی نقش تعیین‌کننده‌ای در افزایش زمان ماندگاری زردآلو دارند و با انتخاب پوشش مناسب می‌توان ضمن حفظ تازگی میوه برای مدت طولانی‌تر، از پوسیدگی محصول نیز جلوگیری کرد؛ به‌طوری که با استفاده از ترکیب محلول 1/25 درصد آلژینات سدیم با محلول 1/45 درصد چیتوزان می‌توان به خوبی زردآلوهای تازه را برای مدت 5 هفته در سردخانه نگهداری کرد.

تشکر و قدردانی

از سپاه استان سمنان، بسیج علمی پژوهشی استان سمنان، مرکز رشد شهید تهرانی مقدم و مرکز تحقیقات کشاورزی استان سمنان (شاهرود)، برای فراهم نمودن امکانات انجام تحقیق قدردانی می‌شود.

بهبهینه‌سازی

برای بهینه‌سازی فرمولاسیون پوشش خوراکی، نتایج حاصله در نرم‌افزار دیزاین اکسپرت ویرایش 8 آنالیز شد. اهداف بهینه‌سازی شامل به حداکثر رساندن میزان سفیدی، ویتامین ث، میزان زردی رنگ (b^*) و میزان روشنایی (L^*) و به حداقل رساندن درصد افت وزن، بار میکروبی و میزان چروکیدگی بود. بر این اساس، بهترین فرمولاسیون پوشش خوراکی برای زردآلو شامل 1/25 درصد آلژینات، 1/45 درصد چیتوزان و صفر درصد پروتئین آب پنیر با درجه مطلوبیت 0/676 به دست آمد.

نتیجه‌گیری

این تحقیق با هدف مطالعه تغییرات کمی و کیفی میوه زردآلوی پوشش داده شده با درصدهای مختلفی از پوشش‌های خوراکی چیتوزان، آلژینات سدیم و کنسانتره پروتئین آب پنیر در طی نگهداری

منابع

- Ali, A., Muhammad, M.T.M., Sijam, K. and Siddiqui, Y. (2011). Effect of chitosan coatings on the physicochemical characteristics of Eksotika II papaya (*Carica papaya* L.) fruit during cold storage. *Food Chemistry*, 124 (2), 620-626.
- Arnon, H., Zaitsev, Y., Porat, R. & Poverenov, E. (2014). Effects of carboxymethyl cellulose and chitosan bilayer edible coating on postharvest quality of citrus fruit. *Postharvest biology and technology*, 87, 21-26.
- Arzani, K., Imani, A. (1998). The importance of orchard establishment and factors affecting fruit industry. Pub. By Agricultural Education Publisher, Ministry of Agriculture, Karaj, Iran. 26 p.
- Baldwin, E. A., Nisperos, M. O., Chen, X., & Hagenmaier, R. D. (1996). Improving storage life of cut apple and potato with edible coating. *Postharvest Biology and Technology*, 9(2), 151-163.
- Belgheisi, S., Azizi, M., Zohourian, G., Hadian, Z. (2008). Assessment of physical properties of whey protein-monoglyceride edible film and its coating effect on the moisture loss and sensory properties of fresh mutton. *Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology*, 3 (3), 83-93.
- Chien, P., Yang, F. (2007). Effects of edible chitosan coating on quality and shelf life of sliced mango fruit. *Journal of Food Engineering*, 78 (1), 225-229.
- Denavi, G., Blacido, T., Anon, M., Sobral, P., Mauri, A. & Menegalli, F. (2009). Effects of drying conditions on some physical properties of soy protein films. *Journal of Food Engineering*, 90(3), 341-349.
- Dong, H., Cheng, L., Tan, J., Zheng, K. & Jiang, Y. (2004). Effects of chitosan coating on quality and shelf life of peeled litchi fruit. *Journal of Food Engineering*, 64(3), 355-358.
- Ebrahimi, H., Sani Shariatpanahi, M. and Ziaolhagh, H.R. (2013). Evaluating the effect of variety and pretreatments on the quality of dried apricots. *Iranian food science and technology research journal*, 9(3):260-269.
- Ghasemnezhad, M., Shiri, M.A. & Sanavi, M. (2010). Effect of chitosan coatings on some quality indices of apricot (*Prunus armeniaca* L.) during cold storage. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 8(1), 25-33.
- Hernandez-Munoz, P., Almenar, E., Del Valle, V., Velez, D., & Gavara, R. (2008). Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria* × *ananassa*) quality during refrigerated storage. *Food Chemistry*, 110(2), 428-435.
- Huimin, J., Tao, H., Liping, L., & Haiying, Z. (2009). Effects of edible coatings on browning of fresh-cut peach fruits. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 25(3), 282-286.
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI). (2008). Fruit Juices: Tests methods, No. 2685.
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI). (2012). Fruits, vegetables and their products: Ascorbic acid determination, Part 2: Conventional Method. No. 14617-2.
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI), (2015). Food chain microbiology: A comprehensive method for microbial enumeration, Part 1: Colony count at 30°C using mixed culture. No. 5272-1.

- Khalid, Z., Beatriz Ursúa, B., & Juani, M.A. (2010). Application of bioactive coatings based on chitosan for artichoke seed protection. *Crop Protection*, 29(8), 853-859.
- Mehrzaad, S., Najari Milani, N., Zamani, H. and Hashemzaee, A. (2011). Effect of chitosan coating on physicochemical, microbial, and organoleptic characteristics of strawberries. *National Conference on Food Industry*, Ghochan, Iran.
- Meydani, J., Hashemi Dezfouli, A. (1998). Post-harvest physiology. Agricultural Education AREEO Press.
- Mortazavi, A., Ziaolhagh, S.H. (2016). Modern food microbiology. Jay, J.M., Loessner, M.J., Golden, D.A. Mashhad. Ferdowsi University Press.
- Mostofi, Y., Dehestani Ardakani, M., Razavi, S.H. (2011). The effect of chitosan on postharvest life extension and qualitative characteristics of table grape "shahroodi". *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 8(30), 93-102.
- Perez-Gago, M.B., Serra, M., Del Rio, M.A. (2006). Color change of fresh-cut apples coated with whey protein concentrate-based edible coatings. *Postharvest Biology and Technology*, 39(1), 84-92.
- Puerta-Gomez, A.F., Cisneros-Zevallos, L. (2011). Postharvest studies beyond fresh market eating quality: Phytochemical antioxidant changes in peach and plum fruit during ripening and advanced senescence. *Postharvest Biology and Technology*, 60 (3), 220-224.
- Rojas-Grau, M., Raybaudi-Massilia, R., Soliva-Fortuny, R., Avena-Bustillos, R., Mc Hugh, T., & Martín-Belloso, O. (2007). Apple puree-alginate edible coatings as carrier of antimicrobial agents to prolong shelf-life of fresh-cut apples. *Post harvest Biology and Technology*, 45, 254-264.
- Roussos, P.A., Sefferou, V., Denaxa, N.K., Tsantili, E., Stathis, V. (2011). Apricot (*Prunus armeniaca* L.) fruit quality attributes and phytochemicals under different crop load. *Scientia Horticulturae*, 129 (3), 472-478.
- Sadeghipour, M., Badii F., Behmadi, H., Bazayr, B. (2012). The effect of methyl cellulose based active edible coatings on the storage life of tomato. *Iranian Journal of Food Science and Technology*. 9(35), 89-98.
- Seymour, G.B., Taylor, J.E., & Tucker, G.A. (1993). Biochemistry of fruit ripening. Chapman and Hall.
- Shakouri, S., Ziaolhagh, H., Sharifi-Rad, J., Heydari-Majd, M., Tajali, R., Nezarat, S. & Teixeira da Silva, J.A. (2015). The effect of packaging material and storage period on microwave-dried potato (*Solanum tuberosum* L.) cubes. *Journal of Food Science and Technology*, 52(6), 3899-3910.
- Tajeddin, B. (1994). The Effect of Two Packaging Methods Based on Nano-Chitosan on the Microbial Properties of Two Varieties of Apricot (58-Shahrood and Chin Kalaghi). *Journal of Food technology and Nutritio*, 12(4), 14-54.
- Ziaolhagh, S.H. (2016). Formulation of walnut cream: Evaluating physicochemical and functional properties, Ph.D thesis, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
- Zokaee Khosroshahi, M.R., Esna-Ashari, M. (2008). Effect of Putrescine Application on Post-Harvest Life and Physiology of Strawberry, Apricot, Peach and Sweet Cherry Fruits. *Journal of Water and Soil Sciences*, 12 (45), 219-230.



The effects of edible coatings of chitosan, sodium alginate and whey protein concentrate on the shelflife of Rajabali variety apricots

M. Abedian¹, S.H. Ziaolhagh^{*2}, A. Najafi³

Received: 2016.07.13

Accepted: 2017.09.11

Introduction. Apricot is a soft fruit that normally does not have any resistance to transportation and storage conditions. In addition, apricots are climacteric fruits, produces high levels of ethylene during ripening process and have a high respiration rate. For this reason, they are very susceptible to physiological and microbial spoilage and have a very short shelf life. Thus, it is difficult to export this product with good quality and low waste or it is very limited. Application of edible coatings could increase the storability of apricots and delay their spoilage. Edible coatings cover the surface of the fruit and function as a barrier against water vapor, respiration gasses, and microorganisms. The effect of different natural polymers as edible coatings on the quality and shelf life of different fruits has been investigated by many researchers. Chitosan has been used in the formulation of edible coatings to extend the shelf life of citrus, papaya, strawberries and grapes (Arnon *et al.* 2014; Ali *et al.* 2011; mehrzad *et al.* 2011; Mostofi *et al.* 2011). Apples coated with whey protein concentrate showed more lightness compared with non-coated ones (Perez-Gago *et al.* 2006). In most studies, the effects of single edible coatings on the quality of fruits have been studied. In this research the quantitative and qualitative changes during ripening and cold storage of apricots coated with different formulations of whey protein concentrate, sodium alginate and chitosan were studied.

Materials and methods "Rajabali" variety apricots were picked up at optimum maturity and damaged ones were separated. Edible coating solutions were prepared by dissolving different amounts of whey protein concentrate, sodium alginate and chitosan in to distilled water. Glycerol was used as plasticizer. The apricots were dipped in the prepared solutions with different concentrations for at least five minutes. Then they were stored for 35 days at 2°C. Some quantitative and qualitative characteristics of coated apricots, such as weight loss, acidity, color, texture, shrinkage, browning reactions, vitamin C, and microbial load were determined after 0 and 35 days of storage. The results were analyzed by response surface methodology based on central composite design with five replications at the central point.

Results & discussion. The statistical analysis of the results by central composite design (CCD) indicated that the different concentrations of whey protein did not have any significant effect on weight loss during storage. The weight loss decreased as the concentration of sodium alginate and chitosan increased. Chitosan and sodium alginate had an important role in maintaining firmness. The firmness of apricots were highest at the upper limit of sodium alginate (1%) and chitosan concentrations (2%). The b* (yellowness) and L* (lightness) values of the apricots were increased as the concentration of chitosan was increased and the concentration of sodium alginate decreased. No significant difference was observed between the a* values (redness) of apricots treated with different coatings. In addition, the acidity of the apricots was increased by increasing the concentration of chitosan and decreased by increasing the concentration of sodium alginate. Browning of the coated fruits was also increased as the concentration of chitosan was increased to 1%. Increasing the concentration of sodium alginate increased the shrinkage of the apricots at low concentrations of whey protein concentrate and decreased it at high concentrations of whey protein concentrate. It was also shown that increasing concentrations of chitosan would reduce microbial load. The optimization of the formulations with Design Expert software showed that the best formulation of edible coating for preserving apricots was 1.45% of chitosan, 1.25% of alginate, and 0 percent for Whey protein concentrate.

1 and 3. Former M. Sc. Student and Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Damghan Branch, Islamic Azad University, Damghan, Iran.

2. Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Semnan Province (Shahrood), AREEO, Shahrood, Iran.

(Corresponding Author Email: hziolhagh@gmail.com)

Keywords: Apricots, Chitosan, Edible Coatings, Shelf Life, Sodium Alginate, Whey Protein Concentrate

اثر غلظت‌های مختلف مالتودکسترین و دماهای خشک کردن پاششی بر ویژگی‌های پودر عصاره ریزپوشانی شده سماق

نسرین ملکی‌زاده¹ - سیده‌های پیغمبردوست^{2*} - عارف اولاد غفاری³ - خشایار سرابندی⁴

تاریخ دریافت: 1395/10/02

تاریخ پذیرش: 1396/04/10

چکیده

هدف از این مطالعه، بررسی تأثیر دمای هوای ورودی و غلظت‌های مختلف مالتودکسترین افزوده شده در خشک کردن پاششی عصاره آبی سماق بر برخی ویژگی‌های پودر تولیدی بود. سماق یکی از ادویه‌های رایج مورد استفاده مردم است. به دلیل مشکلات میکروبی ناشی از نگهداری ادویه‌ها و نیز کاهش کیفیت ترکیبات عطر و طعمی و رنگی آن‌ها در طی نگهداری، ریزپوشانی ترکیبات زیست فعال موجود در عصاره ادویه‌ها راهکار مناسبی است که توسط پژوهشگران پیشنهاد شده است. خشک کردن پاششی از رایج‌ترین و اقتصادی‌ترین روش‌های ریزپوشانی است. در این پژوهش از سه دمای هوای ورودی (140°C ، 160°C ، 180°C)، سه غلظت مالتودکسترین (10، 20 و 30 درصد) در خشک کن پاششی پایلوت برای تولید پودر عصاره سماق استفاده گردید. جریان هوا به صورت همسو با خوراک ورودی بود و دمای هوای خروجی بر روی 80°C تنظیم شد. آزمون‌ها شامل ارزیابی بازده تولید پودر، رطوبت، فعالیت آبی، انحلال پذیری، میزان جذب رطوبت، نپذیری و شاخص‌های رنگی پودر عصاره سماق بود. نتایج نشان داد که با افزایش دمای هوای ورودی خشک کن و نیز افزایش غلظت مالتودکسترین، بازده تولید پودر، پارامتر رنگی روشنایی و توانایی نپذیری پودرها افزایش یافت. از طرف دیگر مقدار رطوبت، فعالیت آبی، انحلال پذیری، خاصیت جذب رطوبت و پارامترهای رنگی کروما، a^* و b^* پودر ارتباط معکوسی با دمای هوای ورودی و غلظت مالتودکسترین داشتند. همچنین در این پژوهش مشخص گردید که دمای هوای ورودی به عنوان پارامتر اصلی فرایند خشک کردن پاششی به طور معنی داری ($p < 0.05$) اثر بیشتری بر خواص پودر نسبت به پارامتر دوم، یعنی غلظت مالتودکسترین داشت.

واژه‌های کلیدی: خشک کردن پاششی، ریزپوشانی، سماق، مالتودکسترین، نپذیری

مقدمه

شرقی (تبریز)، تهران، خراسان (تربت جام)، شیراز (کوه‌های دشتک)، مازندران (هراز، رودبار)، قزوین، قم و همدان است (سزیک و همکاران، 1999؛ رچینگر، 1969). در طب سنتی در درمان خون‌ریزی و رفع اسهال و در استعمال خارجی برای درمان زخم‌ها، سوختگی‌ها، جوش‌های چرکی و زگیل، ترک پوست و شقاق سینه استفاده می‌گردید. همچنین از جوشانده آن به صورت غرغره در آنژین‌ها، ورم مخاط دهان، برای استحکام دندان‌ها و تسکین درد دندان کاربرد داشته است (زرگری، 1989؛ شفیع‌زاده، 1990؛ امین، 2005). سماق به دلیل وجود تانن فراوان در برگ و میوه آن، از زمان‌های قدیم تاکنون استفاده زیادی در صنعت چرم داشته است. میوه سماق شامل ترکیبات فنولی نظیر فلاونوئیدها، تانن‌ها، آنتوسیانین‌ها و اسیدهای آلی است. پژوهش‌های فراوانی فعالیت‌های بیولوژیکی مختلفی نظیر فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی را در سماق اثبات نمودند. (گیانکارلو و همکاران، 2010؛ گوندوز و همکاران، 2010؛ کوثر و همکاران، 2007). همچنین مشخص شده است که، سماق در کاهش عوارض دیابت موثر بوده و می‌توان از آن به عنوان جایگزین مناسب

سماق با نام علمی *Rhus coriaria* L. از خانواده آناکاردیاسه دارای پالپ ترش مزه و قابض است (قهرمان، 1997). رژیم مدیترانه‌ای غنی از ادویه‌ها بوده و سماق یکی از ادویه‌هایی است که به طور گسترده به عنوان چاشنی در تهیه غذا، در کشورهای عربی، آسیای شرقی، ترکیه و ایران استفاده می‌گردد (بایرام و همکاران، 2005 و 2008؛ چن.جی و چن.اچ، 2011). سماق در مناطق وسیعی از جزایر قناری تا سواحل مدیترانه، ایران، ترکیه و افغانستان می‌روید (ناصر عباس و هالکمن، 2003؛ رایین و ملاززا، 2007؛ گوندوز و همکاران، 2010). محل رویش سماق در ایران، مناطقی در آذربایجان

1 و 2 - دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، استاد و دانشجوی دکترا، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه تبریز، ایران.

3- عضو هیات علمی، موسسه استاندارد، کرج، ایران.

(*)مستول مکاتبات: Email: peighambardoust@tabrizu.ac.ir

DOI: 10.22067/iftstr.v0i0.61209

داروهای شیمیایی در درمان بیماری دیابت استفاده نمود (سلیمی و همکاران، 1391). به دلیل رشد و تکثیر میکروارگانیسم‌ها و کاهش ویژگی‌های حسی ادویه‌ها در نتیجه نگهداری آن‌ها، ریزپوشانی عصاره ادویه‌ها به‌عنوان راهکار مناسب از طرف برخی پژوهشگران پیشنهاد گردیده است (کاناکدانه و همکاران، 2007؛ کریشنان و همکاران، 2005؛ شیخ و همکاران، 2006). فرایند ریزپوشانی، ماده درونی را از شرایط محیطی نامطلوب مانند تأثیرات نور، رطوبت و اکسیژن حفظ کرده، مانعی بین مواد زیست فعال حساس و محیط بیرونی فراهم می‌آورد. همچنین طعم و بوهای نامطلوب را می‌پوشاند، بنابراین منجر به تفکیک طعم و آروما می‌شود (شهیدی و هان، 1993؛ دسائی و پارک، 2005).

ریزپوشانی توسط خشک کردن پاششی به‌طور موفقیت‌آمیزی در صنایع غذایی برای چندین دهه استفاده شده است. در خشک کردن پاششی، ترکیبات غذایی توسط ماده حامل مناسب، پوشش داده می‌شوند. کیفیت محصول نهایی و کارایی پودر در خشک کردن پاششی به شرایط عملیات مانند دمای هوای ورودی و خروجی، سرعت جریان هوای ورودی، فشار یا سرعت اتمایزر، غلظت ماده ورودی و نسبت ماده ورودی به حامل بستگی دارد (گوالا و آداموپولوس، 2008a؛ تونون و همکاران، 2008؛ چگینی و قبادیان، 2005). برخی مشکلات در خشک نمودن عصاره‌های مواد غذایی و آبیوم‌ها، به دلیل دمای انتقال شیشه‌ای پایین آن‌ها است؛ نظیر بالا بودن شکر و اسیدهای آلی که منجر به مشکلات چسبندگی می‌گردد. برای رفع و جلوگیری از این مشکلات و به دست آوردن پودری با ویژگی‌های قابل قبول، استفاده از حامل یا اصطلاحاً مواد کمک خشک‌کن پیشنهاد شده است. این مواد موجب افزایش دمای انتقال شیشه‌ای و در نتیجه کاهش چسبندگی پودر می‌گردد. (گوالا و آداموپولوس، 2008b).

در این پژوهش، از مالتودکسترین به‌عنوان ماده حامل استفاده شد. مالتودکسترین‌ها از جمله مواد حامل رایج مورد استفاده در خشک‌کن‌های پاششی هستند (نادیم و همکاران، 2011؛ تونون و همکاران، 2008؛ کریشنان و همکاران، 2005). در مطالعات پیشین تأثیر شرایط مختلف خشک کردن پاششی بر ویژگی‌های پودرهای آبیوم تولیدی توسط پژوهشگران بررسی گردیده است. کوئک و همکاران (2007) پودر هندوانه را توسط خشک‌کن پاششی در دو غلظت مالتودکسترین (3 و 5 درصد) و در چهار دمای ورودی (145، 155، 165 و 175 درجه سانتی‌گراد) خشک کرده و این پودرها را از نظر مقدار رطوبت، فعالیت آبی، رنگ، لیکوپن و بتاکاروتن مورد بررسی قرار دادند. چگینی و قبادیان (2007) در مطالعه خود بر خشک کردن پاششی آب پرتقال مشاهده نمودند که پارامترهای دمای هوای ورودی و سرعت جریان خوراک بر میزان بازده و رسوب بر جداره خشک‌کن به مقدار قابل ملاحظه‌ای تأثیرگذار است. در مطالعه تونون و همکاران

(2008) تأثیر دمای هوای ورودی ($138-202^{\circ}\text{C}$)، غلظت مالتودکسترین (30-10%) و سرعت جریان خوراک (25-5 گرم در دقیقه) خشک‌کن پاششی بر ویژگی‌های فیزیکیوشیمیایی پودر میوه گرمسیری آکایی بررسی شد. میسرا و همکاران (2013) در پژوهش خود نشان دادند که پودر آب آمل (انگورفرنگی هندی) خشک شده به روش پاششی با 7% مالتودکسترین و فرآوری شده در دمای ورودی 175°C جاذب‌الرطوبتی کمتر، رنگ قابل قبول و فعالیت بازدارندگی رادیکال آزاد بهتری داشت. احمدی راد و همکاران (1395) در خشک کردن پاششی آبیوم زغال اخته دمای هوای ورودی و غلظت حامل را عوامل موثرتری نسبت به دبی جریان ورودی بیان نمودند. بایرام و همکاران (2005)، عصاره سماق را با استفاده از حامل‌های مختلف (سدیم کلرید، ساکارز، گلوکز و نشاسته) به روش پاششی خشک نمودند. در بین حامل‌های آزمایش شده تنها سدیم کلرید برای استفاده در خشک کردن پاششی مناسب شناخته شد. همچنین این پژوهشگران عصاره سماق را به روش پاششی با استفاده از حامل پودر شیر، آب پنیر و صمغ گوار نیز خشک کردند و پودر آب پنیر را به‌عنوان مناسب‌ترین حامل در این پژوهش اعلام نمودند (بایرام و همکاران، 2008). سالیسکان و دیریم (2016) تأثیر دو روش خشک کردن انجمادی و خشک کردن پاششی و نیز مقادیر مختلف مالتودکسترین افزوده شده بر ویژگی‌های پودر سماق تولیدی را بررسی نمودند. در این پژوهش، تأثیر شرایط و پارامترهای فرایند خشک کردن پاششی بر بازده تولید پودر عصاره سماق، محتوای رطوبت، فعالیت آبی، انحلال‌پذیری، خاصیت جذب رطوبت، نهم‌پذیری و شاخص‌های رنگی ارزیابی گردید.

مواد و روش‌ها

میوه‌های تازه سماق از شهرستان هوراند (آذربایجان شرقی) خریداری و بعد از تمیز شدن از ساقه و ناخالصی‌ها، در سایه خشک گردید. نهایتاً میوه‌های خشک شده، آسیاب و هسته‌های آن جدا شدند. پریکارپ خالص میوه‌ها تا زمان انجام آزمایش در محیط خنک نگهداری گردید. مالتودکسترین (با معادل دکستروز 18 از شرکت پوران پودر سپاهان، اصفهان) جهت استفاده به عنوان حامل در فرایند خشک کردن پاششی تهیه شد.

آماده‌سازی عصاره سماق جهت خشک کردن پاششی

میوه سماق آسیاب شده به نسبت 1 به 10 با آب مقطر مخلوط گردید. سپس به مدت 45 دقیقه در بن‌ماری در دمای 90°C عمل عصاره‌گیری انجام شد. عصاره حاصل، با کمک پارچه صافی، کاملاً صاف، سپس به کمک همزن در نسبت‌های 10، 20 و 30 درصد وزنی - وزنی با حامل مالتودکسترین به خوبی مخلوط گردید. در

استفاده گردید. پس از کالیبراسیون، محفظه دستگاه تا محل تعیین شده، از پودر پر شده و سپس فعالیت آبی نمونه‌ها در محدوده دمایی $22 \pm 0.5^\circ\text{C}$ قرائت گردید.

اندازه‌گیری شاخص انحلال‌پذیری

یک گرم پودر با 100 میلی‌لیتر آب مقطر بر روی همزن مغناطیسی در 375 rpm به مدت 5 دقیقه مخلوط شد. سپس محلول به داخل دو لوله فالکون 50 میلی‌لیتری منتقل و در سانتریفوژ با دور 3000 به مدت 5 دقیقه مخلوط شد. 25 میلی‌لیتر از سوپرناتانت به یک پلیت شیشه‌ای منتقل و در نهایت در آون 105°C به مدت 5 ساعت خشک گردید. اختلاف وزن ماده خشک ظرف به نسبت پودر اولیه بر حسب درصد جهت تعیین انحلال‌پذیری در آب به کار رفت (کانو - چائوکا و همکاران، 2005).

اندازه‌گیری میزان جذب رطوبت پودر

میزان جذب رطوبت توسط وزن کردن 5 گرم پودر در داخل پلیت و نگهداری به مدت 7 روز در دمای 25°C و رطوبت نسبی 80 درصد در یک دسیکاتور با محلول اشباع کلرید سدیم، تعیین گردید. میزان جذب رطوبت پودر به شکل مقدار رطوبت (گرم آب جذب شده توسط 100 گرم پودر) مشخص شد (کالاها و همکاران، 1982).

اندازه‌گیری زمان نم‌پذیری

بدین منظور، 0/1 گرم پودر به سطح 100 میلی‌لیتر آب مقطر (در دمای 20°C) بدون ایجاد لرزش، پاشیده شد. مدت زمانی که طول کشید تا تمامی ذرات پودر در آب فرو رفته و با آب آغشته شوند به عنوان زمان نم‌پذیری ثبت گردید (فوجس و همکاران، 2006).

ارزیابی رنگ

ارزیابی رنگ با استفاده از دستگاه‌های رنگ با اندازه‌گیری L^* یا مولفه روشنایی یا شفافیت که محدوده آن از 0 (سیاه) تا 100 (سفید) می‌باشد؛ همچنین پارامتر a^* که نشان‌دهنده سبزی (-) تا قرمزی (+) و b^* که نشان‌دهنده آبی (-) تا زردی (+) می‌باشد، صورت گرفت (کوئک و همکاران، 2007).

شاخص‌های Hue و Chroma طبق فرمول‌های (3) و (4) محاسبه شدند:

$$Hue = \tan^{-1}(b^*/a^*) \quad (3)$$

$$Chroma = \sqrt{(a^{*2}) + (b^{*2})} \quad (4)$$

زاویه Hue بیانگر درجه یا طیف رنگ در محدوده 0-360 و شاخص Chroma نشان‌دهنده شدت رنگ (اشباعیت) می‌باشد. عدد

نهایت، محلول همگنی به‌دست آمد. محلول عصاره آبی سماق با ریکس 4 بود (عظیمی و همکاران، 2006).

خشک‌کردن پاششی

در این پژوهش از خشک‌کن پاششی پیلوت دانشگاه تبریز (مهام صنعت، نیشابور، ایران) استفاده گردید. خوراک ورودی توسط اتمایزر چرخشی با قطر 5 سانتی‌متر و قابلیت چرخش توسط کمپرسور هوا، به داخل محفظه خشک‌کن به‌صورت جریان هم‌جهت با هوای داغ، اتمیزه شد. محفظه خشک‌کن به‌صورت استوانه‌ای، با قسمت تحتانی مخروطی شکل با قطر 1 متر در بخش استوانه‌ای و ارتفاع کل محفظه 2 متر، بود. دستگاه مجهز به یک پمپ تغذیه حجمی پریستالتیک با دبی تغذیه متغیر و ظرفیت حداکثر 3 لیتر مایع در ساعت با فشار 1 بار بود. برای تولید پودر سماق، دمای هوای ورودی روی 160°C ، 180°C ، 140°C تنظیم گردید. در همه آزمون‌ها، دور اتمایزر، سرعت جریان خوراک و فشار هوای نازل به‌ترتیب در 20، 1800 rpm، 2 میلی‌لیتر در دقیقه و 4 ± 0.1 بار، ثابت نگاه داشته شد. دمای هوای خروجی به‌طور میانگین در 80°C تنظیم شد. در نهایت پودرهای جمع شده در ظرف شیشه‌ای متصل به سیکلون، بلافاصله به ظرف تیره و درب‌داری منتقل و برای انجام آزمایش‌ها به آزمایشگاه منتقل شدند.

اندازه‌گیری راندمان تولید پودر

بازده تولید محصول به صورت نسبت درصد جرمی پودر به‌دست آمده به جرم کل ماده جامد موجود در خوراک (بر حسب ماده خشک)، با استفاده از معادله (1) محاسبه گردید:

$$Y = \frac{w_2}{w_1} \times 100 \quad (1)$$

که در این فرمول؛ w_2 ، جرم محصول نهایی و w_1 ، جرم کل ماده جامد خوراک هستند (تونون و همکاران، 2008).

اندازه‌گیری رطوبت

رطوبت نمونه‌ها توسط روش وزن‌سنجی حرارتی تعیین گردید. در این روش، 2 گرم از پودر تا رسیدن به وزن ثابت در آون با دمای 105°C قرار گرفت. مقدار رطوبت از طریق معادله (2) محاسبه گردید

$$M\% = \frac{w_2 - w_3}{w_2 - w_1} \quad (2)$$

که در این معادله؛ M: درصد رطوبت، w_1 : وزن ظرف خالی، w_2 : مجموع وزن پودر و ظرف و w_3 : مجموع وزن پودر خشک شده و ظرف بعد از آون‌گذاری است (استاندارد ملی ایران شماره 2705).

اندازه‌گیری فعالیت آبی

برای اندازه‌گیری فعالیت آبی پودر عصاره سماق، از دستگاه a_w متر (روترونیک HygroPalm-HP23-AW-portable analyzer) (روترونیک

تولید بالاتر شد که احتمالاً به دلیل کارایی بیشتر انتقال جرم و حرارت و سرعت تبخیر بیشتر است. بنابراین احتمال برخورد ذراتی که کاملاً خشک نشده‌اند، به دیواره کاهش پیدا می‌کند (تونون و همکاران، 2008؛ کای و کورکه، 2000). همچنین با افزایش غلظت مالتودکسترین بر مقدار تولید و بازیابی پودر سماق به‌طور قابل توجهی افزوده شد. با توجه به نقش و عملکرد مالتودکسترین به‌عنوان کمک خشک‌کن با افزایش دادن دمای انتقال شیشه‌ای کل مخلوط و همچنین ایجاد لایه و فیلم نازک در اطراف ذرات تولید شده، موجب کاهش چسبیدن ذرات از طریق تشکیل پل‌های مایع به یکدیگر و همچنین کاهش چسبیدن ذرات به دیواره خشک‌کن گردید (کوئک و همکاران، 2007؛ پاپاداکیس و همکاران، 2006؛ آدهیکاری و همکاران، 2004؛ فضایی و همکاران، 2012). اگرچه با افزایش حامل، راندمان افزایش یافت، اما به خاطر تأثیر نامطلوب روی ترکیبات بیولوژیکی، افزودن بیش از اندازه متعادل توصیه نمی‌گردد (کوئک و همکاران، 2007). از طرف دیگر گزارش شده است که افزایش بیش از حد دما، منجر به گذشتن دما از دمای انتقال شیشه‌ای شده و در نتیجه باعث چسبندگی پودر می‌شود (چگینی و قبادیان، 2007؛ پاپاداکیس و همکاران، 2006). همچنین برخی پژوهشگران به این نتیجه رسیدند که غلظت مالتودکسترین تأثیر منفی بر بازده محصول دارد که احتمالاً ویسکوزیته مخلوط موجب چسبندگی بیشتر می‌گردد (تونون و همکاران، 2008؛ کای و کورکه، 2000) به دلایل توضیح داده شده می‌توان غلظت 20 درصد مالتودکسترین و دمای 160°C را به‌عنوان شرایط نقطه بهینه معرفی نمود.

صفر بیانگر محور a^* (رنگ قرمز) و چرخش در خلاف جهت عقربه‌های ساعت به میزان 90° ، 180° و 270° به ترتیب نشان‌دهنده محوره‌های b^* (رنگ زرد)، a^* (رنگ سبز) و b^* (رنگ آبی) می‌باشد.

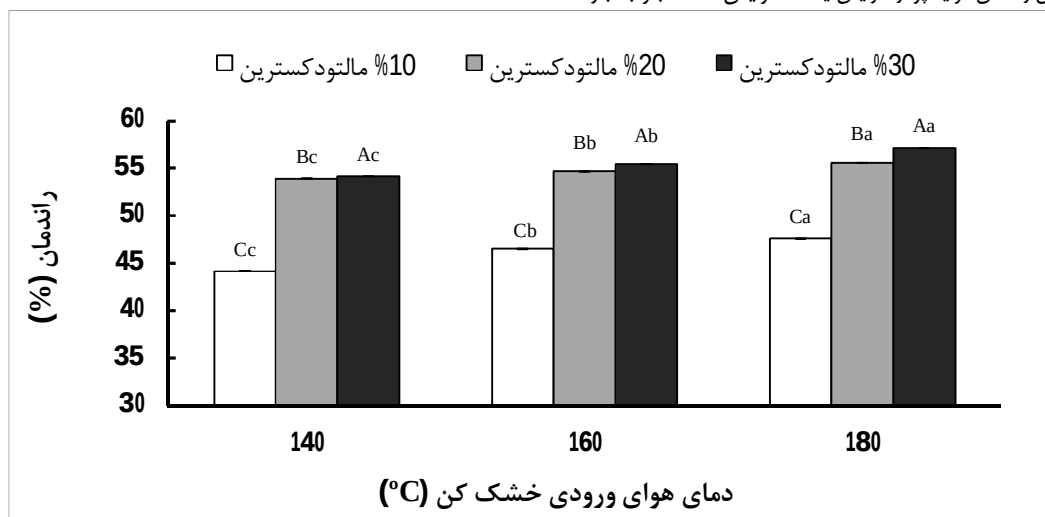
تجزیه و تحلیل آماری داده‌های

کلیه آزمون‌ها با استفاده از روش آنالیز واریانس ANOVA در قالب طرح فاکتوریل و نرم‌افزار Minitab 16 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون توکی انجام گردید ($P < 0/05$). این پژوهش با استفاده از 9 تیمار و در سه تکرار (به غیر از آزمون انحلال‌پذیری و جذب رطوبت پودر که در دو تکرار بود) انجام گردید.

نتایج و بحث

بررسی راندمان تولید پودر

راندمان فرایند از طریق تعیین نسبت مقدار پودر به‌دست آمده و مقدار خوراک ورودی به خشک‌کن محاسبه شد. راندمان کمتر ناشی از چسبیدن ذرات به یکدیگر و به دیواره‌های خشک‌کن و کشیده شدن محصول به داخل جریان خلأ بود. بهانداری و همکاران (1997) گزارش کردند که بازده تولید بیش از 50 درصد، نشان‌دهنده فرایند خشک‌کردن موفق تولید در مقیاس آزمایشگاهی است. در پژوهش حاضر، بازده تولید پودر عصاره سماق در محدوده 44 الی 57 درصد بود ($P < 0/05$). مطابق شکل 1 با افزایش دما و افزایش غلظت مالتودکسترین راندمان تولید پودر افزایش یافت. افزایش دما منجر به بازده

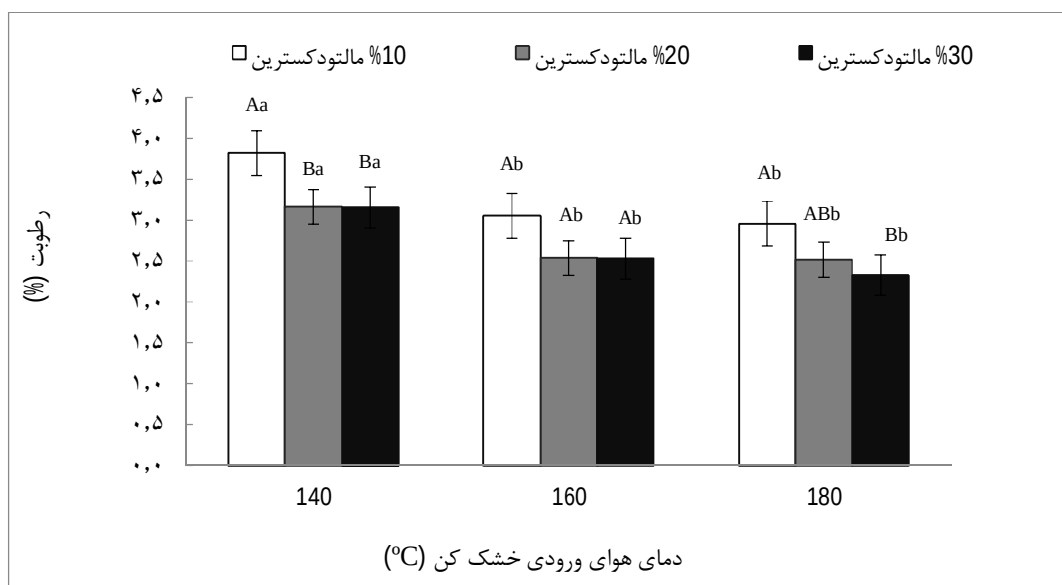


شکل 1- تغییرات راندمان پودرها تحت تأثیر دمای هوای ورودی و غلظت مالتودکسترین. اعداد گزارش شده میانگین سه تکرار هستند. حروف لاتین غیر مشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار ($p < 0.05$) بسته به غلظت مالتودکسترین (حروف بزرگ) و بسته به دمای هوای ورودی (حروف کوچک) هستند.

همچنین در دماهای ورودی بالاتر، سرعت انتقال حرارت از ذرات بیشتر بود که نیروی محرک بیشتری برای تبخیر رطوبت فراهم کرده و همین امر سبب افزایش سرعت تبخیر آب گردید. در نتیجه پودرهایی با رطوبت کمتر، تولید شدند (گوالا و آداموپولوس، 2004؛ تونون و همکاران، 2008؛ میشر و همکاران، 2013؛ خا و همکاران، 2010). در پژوهش گوالا و همکاران (2010) نتایج نشان داد که افزایش مالتودکسترین باعث افزایش رطوبت پودر پرتقال شد، که آن‌ها این موضوع را به دشوار شدن انتشار مولکول‌های آب از بین مولکول‌های بزرگتر مالتودکسترین نسبت دادند.

نتایج اندازه‌گیری رطوبت پودرها

بر اساس نتایج آنالیز واریانس، اثر معنی‌داری دما بر رطوبت پودرها، بیشتر از تأثیر غلظت مالتودکسترین بود ($P < 0/05$). مطابق شکل 2، با افزایش دما و غلظت مالتودکسترین، رطوبت پودر سماق کاهش یافت. محتوای رطوبت پودر در محدوده 2/328 الی 3/818% بود. با افزودن مالتودکسترین، محتوای مواد جامد کل افزایش و مقادیر آب آزاد برای تبخیر کاهش یافت. بنابراین منجر به کاهش رطوبت پودرهای تولیدی گردید (آبادی و همکاران، 2004؛ گرابوسکی و همکاران، 2006؛ میشر و همکاران، 2013؛ خا و همکاران، 2010).



شکل 2- تغییرات رطوبت پودرها تحت تأثیر دمای هوای ورودی و غلظت مالتودکسترین. اعداد گزارش شده میانگین سه تکرار هستند. حروف لاتین غیر مشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار ($P < 0/05$) بسته به غلظت مالتودکسترین (حروف بزرگ) و بسته به دمای هوای ورودی (حروف کوچک) هستند.

آبی پودر سماق کاهش یافت، زیرا با افزایش دما و غلظت ماده حامل، رطوبت پودرها کاهش می‌یابد، در نتیجه از مقدار آب آزاد و به تبع آن از فعالیت آبی نمونه‌ها کاسته می‌شود. این نتایج با گزارش پژوهشگران مطابقت دارد (کوئک و همکاران، 2007؛ نادیم و همکاران، 2011؛ تونون و همکاران، 2009).

بررسی شاخص انحلال‌پذیری پودرها

در بیشتر مواد غذایی پودر شده، هدف انحلال سریع و کامل در آب، غوطه‌ور شدن، پراکنده شدن و حل شدن بدون تشکیل کلوخه است. تست انحلال‌پذیری برای اندازه‌گیری سرعت بازسازی پودرهای خشک شده پاششی در آب به‌کار می‌رود. بر اساس نتایج آنالیز واریانس، اثر معنی‌داری ($P < 0/05$) دما بر انحلال‌پذیری پودرها، بیشتر از تأثیر غلظت مالتودکسترین بود، مطابق شکل 4، با افزایش

بررسی فعالیت آبی پودرها

فعالیت آبی شاخص مهمی برای پودرهای خشک شده به روش پاششی است، زیرا عمر انبارمانی¹ پودرهای تولیدی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به طور کلی در مواد غذایی با فعالیت آبی کمتر از 0/6 که از نظر میکروبیولوژیکی پایدار هستند، اگر فساد رخ دهد، در نتیجه واکنش‌های شیمیایی است. فعالیت آبی پودر عصاره سماق در محدوده 0/319 - 0/335 بود. این بدین معنی است که پودرهای خشک‌شده پاششی از نظر میکروبیولوژیکی پایدار بودند. بر اساس آنالیز واریانس انجام گرفته، تأثیر معنی‌داری متقابل دما و غلظت ($P < 0/05$) روی فعالیت آبی پودرها بیشتر از اثر دما و نیز اثر غلظت به تنهایی بود. مطابق شکل 3، با افزایش دما و افزایش غلظت مالتودکسترین، فعالیت

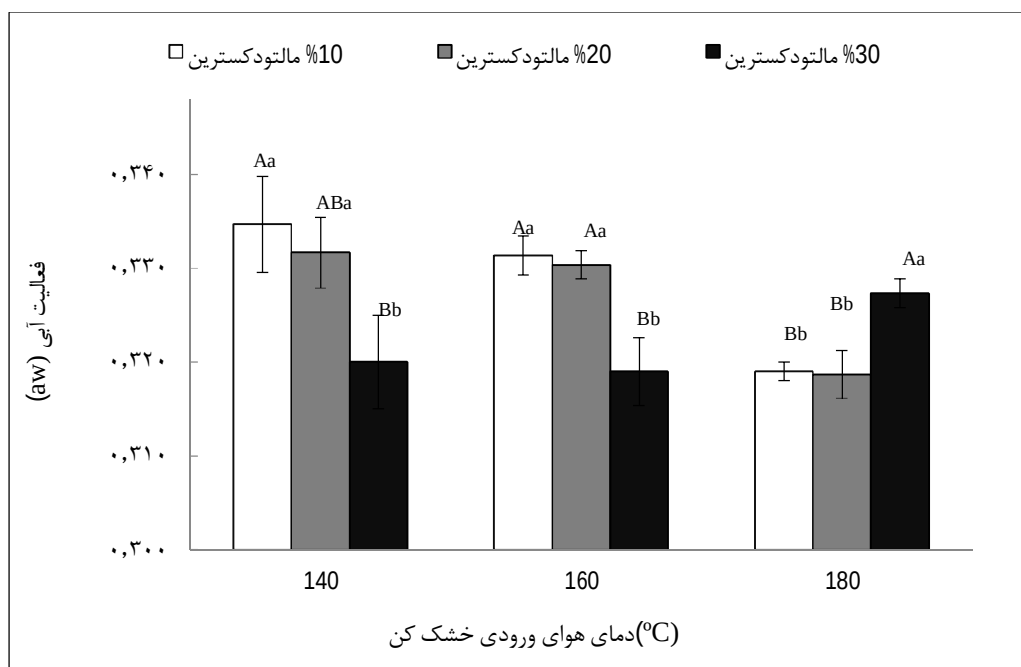
1 shelf life

از هوای اطراف جذب کنند و در نتیجه سطح پودرها چسبندگی پیدا کرده و منجر به کلوخه‌ای شدن پودرها گردد. مقدار جذب رطوبت نبایستی با مقادیر مطلق ارزیابی شود، زیرا پودرها در معرض شرایط غیرواقعی قرار می‌گیرند. مطابق شکل 5، پودرهای تولید شده در دماهای بالاتر و غلظت ماده جامد بالاتر، کمترین میزان جذب رطوبت را دارا بودند ($P < 0/05$). کاهش جذب رطوبت پودر عصاره سماق با افزایش دمای هوای ورودی عمدتاً به دلیل افزایش اندازه ذرات تولید شده و کاهش سطح تماس کل ذرات و کشش سطحی پودرها بود (پیغمبردوست و سرابندی، 1394). این یافته‌ها مخالف یافته‌های گوالا و همکاران (2004) و تونون و همکاران (2008) بود که گزارش کردند که میزان جذب رطوبت با محتوای رطوبت پودر ارتباط معکوسی و با دما، ارتباط مستقیم دارد. افزایش غلظت مالتودکسترین با ایجاد یک لایه غیرچسبنده سبب کاهش جذب رطوبت پودرها گردید. زیرا مالتودکسترین ماده حاملی است که خاصیت جذب رطوبت اندکی دارد (بهاننداری و هارتل، 2005؛ موریرا و همکاران، 2009؛ میشر و همکاران، 2013). این نتایج حاکی از آن بود که مالتودکسترین یک ماده حامل مناسب و بسیار موثر در کاهش میزان جذب رطوبت پودرها بود.

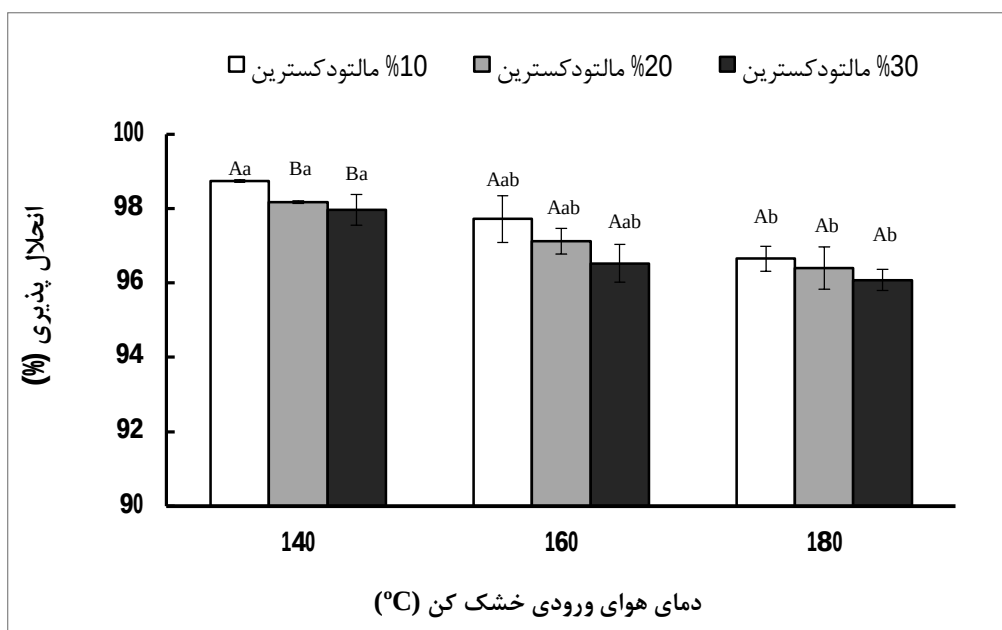
دما و افزایش غلظت مالتودکسترین، انحلال‌پذیری پودر سماق کاهش یافت. در دماهای ورودی پایین‌تر، سرعت تبخیر کمتر و پودرهایی با رطوبت بالاتر تولید شدند. این نوع پودرها تمایل زیادی به آگلومراسیون دارند که این موضوع به افزایش بازسازی پودرها کمک می‌کند (گوالا و همکاران، 2004؛ کوئک و همکاران، 2007؛ مسترز، 1991). نتایج نشان داد که رابطه مثبتی بین انحلال‌پذیری و مقدار رطوبت پودرها وجود داشت. در دماهای ورودی بالاتر، لایه سطحی سختی روی ذرات پودر شکل می‌گیرد که می‌تواند مانع از انتشار مولکول‌های آب از بین ذرات شده و در نتیجه منجر به کاهش انحلال‌پذیری پودرها گردد (کوئک و همکاران، 2007؛ چگینی و همکاران، 2005). افزایش غلظت حامل نیز منجر به کاهش در حلالیت پودرها گشت که موافق با نتایج آبادیو و همکاران (2004) و موریرا و همکاران (2009) بود. بنابراین با توجه به شکل 4 می‌توان پودرهای تولید شده در دمای 140°C و غلظت 10 درصد مالتودکسترین را به‌عنوان پودرهایی با بیشترین ویژگی انحلال‌پذیری معرفی نمود.

بررسی میزان جذب رطوبت پودر

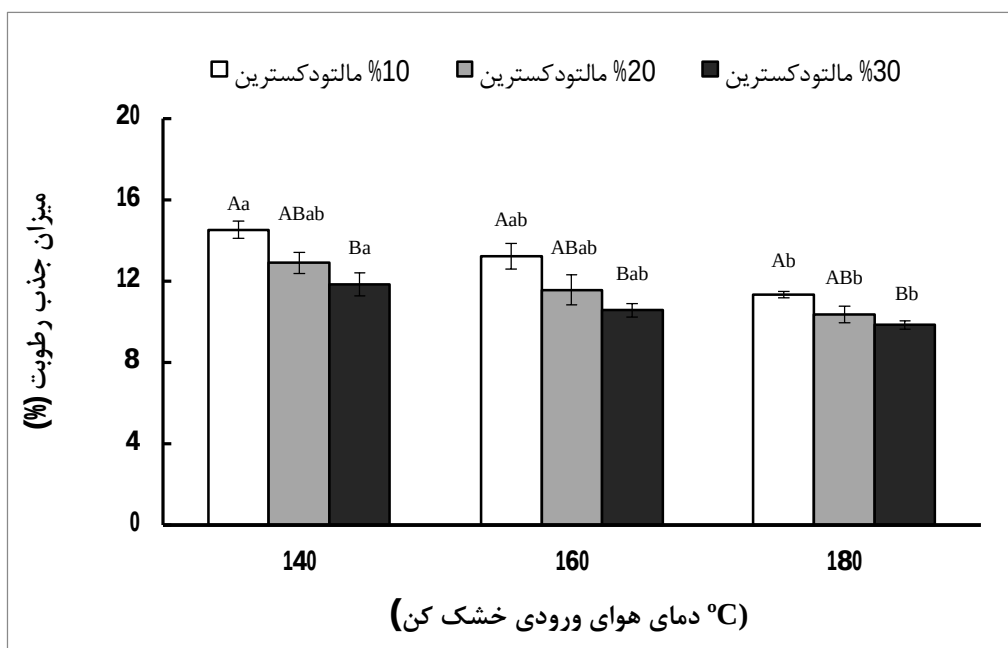
ذرات خشک شده به روش پاششی می‌توانند به آسانی رطوبت را



شکل 3- تغییرات فعالیت آبی پودرها تحت تأثیر دمای هوای ورودی و غلظت مالتودکسترین. اعداد گزارش شده میانگین سه تکرار هستند. حروف لاتین غیر مشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار ($P < 0/05$) بسته به غلظت مالتودکسترین (حروف بزرگ) و بسته به دمای هوای ورودی (حروف کوچک) هستند.



شکل 4- تغییرات انحلال پذیری پودرها تحت تأثیر دمای هوای ورودی و غلظت مالتودکسترین. اعداد گزارش شده میانگین سه تکرار هستند. حروف لاتین غیر مشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار ($p < 0.05$) بسته به غلظت مالتودکسترین (حروف بزرگ) و بسته به دمای هوای ورودی (حروف کوچک) هستند.

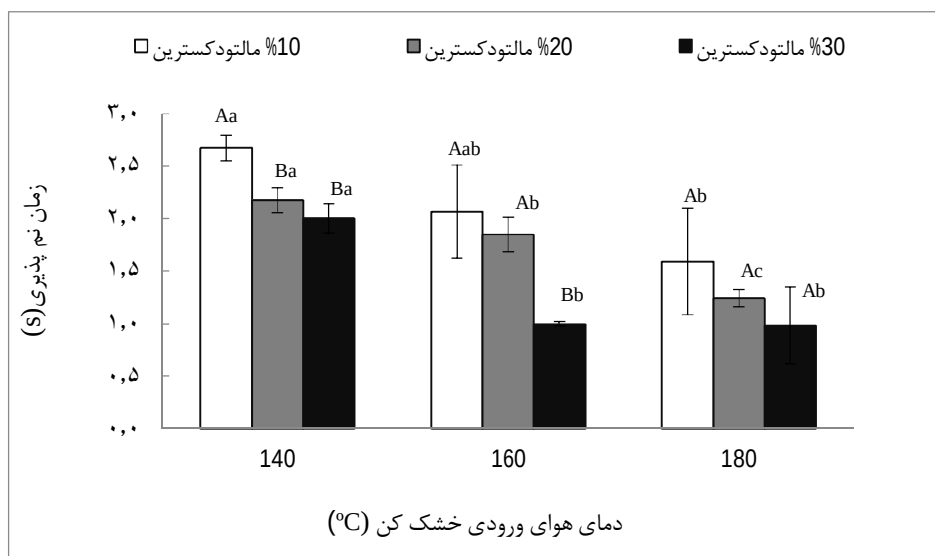


شکل 5- تغییرات جاذب الرطوبگی پودرها تحت تأثیر دمای هوای ورودی و غلظت مالتودکسترین. اعداد گزارش شده میانگین سه تکرار هستند. حروف لاتین غیر مشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار ($p < 0.05$) بسته به غلظت مالتودکسترین (حروف بزرگ) و بسته به دمای هوای ورودی (حروف کوچک) هستند.

بررسی زمان نم‌پذیری پودرها

نم‌پذیری، به توانایی ذرات پودر برای غلبه بر کشش سطحی بین خود ذرات و مولکول‌های آب اطلاق می‌شود. زمان نم‌پذیری، نیز به‌عنوان زمان مورد نیاز برای خیس شدن تمامی ذرات پودر و رفتن به سطح زیر آب تعریف می‌شود. نم‌پذیری خوب تحت معیارهایی نظیر خلل و فرج و منافذ بزرگ‌تر به دلیل حضور ذرات بزرگ‌تر، تخلخل بالا، زاویه تماس کوچک به وجود می‌آید (فانگ و همکاران، 2008). بر اساس آنالیز واریانس انجام گرفته، اثر دما و غلظت بر نم‌پذیری پودر عصاره سماق معنی‌دار ($p < 0/05$)، ولی اثر متقابل دما و غلظت معنی‌دار ($p > 0/05$) نبود. مطابق شکل 6، با افزایش دما و افزایش غلظت مالتودکسترین، زمان نم‌پذیری پودر سماق کاهش یافت که این به معنی افزایش توانایی نم‌پذیری بود. بنابراین برای تولید پودرهایی با توانایی نم‌پذیری خوب بایستی از دمای 180°C و غلظت

30 درصد مالتودکسترین استفاده نمود. در حالت کلی مشخص شده که ذرات ریزتر به دلیل کشش سطحی بالا، توانایی نم‌پذیری ضعیفی دارند (اسکابر، 1993؛ جیناپونگ و همکاران، 2008؛ کنایت و همکاران، 2001). قرار گرفتن ذرات در معرض دماهای بالاتر، سبب افزایش اندازه ذرات پودر می‌شود چون از طریق افزایش دادن سرعت تبخیر در نمونه‌ها باعث تشکیل پوسته‌های محکم اطراف ذرات شده و از چروکیدگی ذرات پودر در طی خشک شدن پاششی جلوگیری می‌کند. همچنین افزایش غلظت مالتودکسترین باعث افزایش ویسکوزیته خوراک ورودی به خشک‌کن می‌شود، به همین دلیل اندازه ذرات افزایش می‌یابد (گوالا و آداموپولوس، 2010؛ تونون و همکاران، 2009؛ فراری و همکاران، 2012). بنابراین با افزایش دما و غلظت ماده حامل به دلیل افزایش اندازه ذرات و ایجاد منافذ بزرگ‌تر و همچنین تخلخل بالاتر، زمان نم‌پذیری کاهش می‌یابد.



شکل 6- تغییرات نم‌پذیری پودرها تحت تأثیر دمای هوای ورودی و غلظت مالتودکسترین. اعداد گزارش شده میانگین سه تکرار هستند. حروف لاتین غیر مشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار ($P < 0/05$) بسته به غلظت مالتودکسترین (حروف بزرگ) و بسته به دمای هوای ورودی (حروف کوچک) هستند.

بررسی پارامترهای رنگی پودر

مطابق نتایج آنالیز واریانس داده‌ها، تغییرات پارامترهای رنگی تحت تأثیر دمای هوای ورودی و غلظت مالتودکسترین معنی‌دار ($P < 0/05$) بود. اندازه‌گیری رنگ یک شاخص کیفی مهم است، چرا که منعکس‌کننده جذابیت ظاهری و کیفیت پودرهای تولید شده در طی فراوری خشک کردن پاششی است. همان‌گونه که از جدول 1 مشخص است، با افزایش دما و افزایش غلظت مالتودکسترین بر مقدار پارامتر رنگی L^* (روشنایی) افزوده، ولی از مقادیر پارامترهای a^* ، b^* و $chroma$ و hue کاسته شد. افزایش روشنایی پودرها در اثر افزایش

دما به دلیل افزایش اکسیداسیون رنگدانه‌های حساس به حرارت بود (میشرا و همکاران، 2013؛ سوئوسا و همکاران، 2008). همچنین تانن‌ها به آرامی با آهن در حضور اکسیژن واکنش داده و کمپلکس‌هایی با رنگ تیره تشکیل می‌دهند. احتمالاً در طی نرخ سریع خشک شدن، تانن‌ها زمان خیلی کمتری برای واکنش با آهن دارند، چرا که دسترسی به اکسیژن کاهش می‌یابد و در نتیجه رنگ پودرها روشن‌تر خواهد بود. افزایش روشنایی (L^*)، کاهش کرومای پودر و نیز کاهش در مقادیر a^* و b^* (که نشان‌دهنده کاهش در قرمزی و زردی پودر سماق است) در نتیجه افزایش غلظت مالتودکسترین، به

میشرا و همکاران، 2013). از طرف دیگر طبق یافته‌های برخی پژوهشگران، با افزایش دما، روشنایی پودرها کاهش و کرومایی پودرها افزایش می‌یابد. این بدین معنی است که رنگ پودرها در دماهای بالاتر، تیره‌تر می‌گردد. یکی از دلایل، قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی پودرها در دماهای ورودی بالاتر گزارش گردید (نادیم و همکاران، 2011؛ کوئک و همکاران، 2007؛ رودریگز و همکاران، 2005).

دلیل متمایل شدن به رنگ سفید مالتودکسترین و رقیق شدن عصاره از لحاظ مواد رنگی می‌باشد (خا و همکاران، 2010؛ رودریگز و همکاران، 2005؛ کوئک و همکاران، 2007). کاهش شاخص هیو در این مطالعه نشان‌دهنده کاهش در افت قرمزی است. افزایش دما سبب خروج بیشتر آب از نمونه‌ها می‌شود که این امر باعث تغلیظ پیگمان‌های درون نمونه‌ها خواهد شد (شهیدی و همکاران، 1393؛

جدول 1 - تغییرات پارامترهای رنگی (L^* , a^* , b^* , Chroma, Hue) تحت تأثیر دماهای ورودی و غلظت‌های مختلف

Hue	Chroma	b^*	a^*	L^*	تیمارها
21/465± 1/ 49 AA	43/132± 1/ 06 AA	16/50± 0/ 71 AA	42/00± 1/ 41 AA	25/50± 0/ 71 BB	10% مالتودکسترین - 140°C
18/441± 1/ 20 ABA	42/695± 0/ 45 ABA	13/50± 0/ 71 BA	40/50± 0/ 71 ABA	28/00± 0/ 00 AB	20% مالتودکسترین - 140°C
15/247± 0/ 71 BA	39/908± 0/ 87 BA	10/50± 0/ 71 CA	38/50± 0/ 71 BA	29/50± 0/ 71 AB	30% مالتودکسترین - 140°C
20/475± 0/ 54 AA	44/301± 0/ 91 AA	15/50± 0/ 71 AA	41/50± 0/ 71 AA	26/50± 0/ 71 BB	10% مالتودکسترین - 160°C
17/074± 1/ 32 BAB	40/81± 1/ 77 ABAB	12/00± 1/ 41 AAB	39/0± 1/ 41 ABAB	28/00± 1/ 41 BB	20% مالتودکسترین - 160°C
9/105± 2/ 27 CC	37/992± 0/ 47 BB	6/00± 1/ 41 BC	37/50± 0/ 71 BAB	34/50± 0/ 71 AA	30% مالتودکسترین - 160°C
20/151± 0/ 57 AA	42/078± 0/ 91 AB	14/50± 0/ 71 AA	39/50± 0/ 71 AA	29/50± 0/ 71 BA	10% مالتودکسترین - 180°C
15/948± 0/ 28 BB	40/041± 0/ 68 BB	11/00± 0/ 00 BB	38/50± 0/ 71 AB	34/00± 1/ 41 ABA	20% مالتودکسترین - 180°C
12/365± 0/ 23 CB	37/367± 0/ 69 CB	8/00± 0/ 00 CB	36/50± 0/ 71 BB	35/00± 1/ 41 AA	30% مالتودکسترین - 180°C

حروف غیر مشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار ($p < 0.05$) بسته به غلظت (حروف بزرگ) و بسته به دما (حروف کوچک) می‌باشد.

نتایج به صورت میانگین سه تکرار گزارش شده است.

افزایش و رطوبت و فعالیت آبی کاهش یافت، اما به دلیل کاهش انحلال‌پذیری پودر، افزایش بیش از اندازه در غلظت حامل و دما توصیه نمی‌گردد. همچنین افزایش بیشتر در غلظت حامل منجر به افزایش هزینه‌ها نیز می‌گردد. بنابراین در این پژوهش دمای 160 درجه سانتی‌گراد و غلظت 20% مالتودکسترین به‌عنوان شرایط بهینه معرفی می‌گردد. امکان استفاده از این محصول خشک شده در سیستم‌های غذایی بایستی در پژوهش‌های آینده مورد بررسی و مطالعه قرار گیرد.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، عصاره سماق در سه شرایط دمای هوای ورودی مختلف (140، 160، 180°C) و سه غلظت مختلف مالتودکسترین (10، 20 و 30%) با روش پاششی خشک شد. نتایج نشان داد که تمامی ویژگی‌های مورد آزمون به‌طور معنی‌داری ($p < 0.05$) تحت تأثیر دمای هوای ورودی خشک‌کن و غلظت مالتودکسترین قرار گرفتند. اثر متقابل دما و غلظت مالتودکسترین تنها بر روی بازده تولید و فعالیت آبی پودرها معنی‌دار ($p < 0.05$) بود. اگرچه با افزایش دما و غلظت مالتودکسترین راندمان تولید پودر

منابع

- Abadio, F. D. B., Domingues, A. M., Borges, S. V., and Oliveira, V. M. (2004). Physical properties of powdered pineapple (*Ananas comosus*) juice – effect of maltodextrin concentration and atomization speed. *Journal of Food Engineering*, 64(3): 285–287.
- Adhikari, B., Howes, T., Bhandari, B.R., Troung, V. (2004). Effect of addition of maltodextrin on drying kinetics and stickiness of sugar and acid-rich foods during convective drying: experiments and modelling. *Journal of Food Engineering*, 62: 53–68.
- Ahmadi Rad, M., Emam-Djomeh, Z., Asadi, H. (2016). Effect of spray drying conditions on the physicochemical properties of cornelian cherry juice powder. *Journal of Food Science and Technology*. 50 (13): 67-78.
- Amin, Gh. (2005). Popular medicinal plants of Iran. 1st ed. Vice-chancellorship of Research, Tehran University of Medical Sciences. Iran, p: 178.
- Azimi AA, Delnavaz HB and Mansour GA. (2006). Antifungal effect of aqueous alcoholic and phenolic extracts of seed and leaves of *Sorghum bicolor* against *Fusarium solani* *Fusarium poa* in Persian. *Medical Plant*, 6(1): 26-32.

- Bayram, O. A., Bayram, M., Tekin, A.R. (2005). Spray drying of sumac flavor using sodium chloride, sucrose, glucose and starch as carriers. *Journal of Food Engineering*, 69: 253–260.
- Bayram, O. A., Bayram, M., Tekin, A.R. (2008). Whey powder as a carrier in spray drying of sumac concentrate. *Food Process Engineering*, 31: 105–119.
- Bhandari, B. R., and Hartel, R. W. (2005). Phase transitions during food powder production and powder stability. In C. Onwulata (Ed.), *Encapsulated and powdered foods*, 261–292.
- Bhandari, B. R., Datta, N., and Howes, T. (1997). Problems associated with spray drying of sugar-rich foods. *Drying Technology*, 15(2): 671–684.
- Bhandari, B.R., Datta, N., Crooks, R., Howes, T., Rigby, S. (1997). A semi-empirical approach to optimize the quantity of drying aids required to spray dry sugar-rich foods. *Drying Technology*, 15: 2509–2525.
- Cai, Y.Z., Corke, H., (2000). Production and properties of spray dried *Amaranthus* Betacyanin pigments. *Journal of Food Science*, 65 (6): 1248–1252.
- Callahan, J. C., Cleary, G. W., Elefant, M., Kaplan, G., Kensler, T., Nash, R. A. (1982). Equilibrium moisture content of pharmaceutical excipients. *Drug Development and Industrial Pharmacy*, 8: 355–369.
- Caliskan, G. Dirim, S. N. (2016). The effect of different drying processes and the amounts of maltodextrin addition on the powder properties of sumac extract powders. *Powder Technology*, 287: 308–314.
- Caliskan, G. Dirim, S. N. (2016). The effect of different drying processes and the amounts of maltodextrin addition on the powder properties of sumac extract powders. *Powder Technology*, 287: 308–314.
- Cano-Chauca, M., Stringheta, P. C., Ramos, A. M., and Cal-Vidal, J. (2005). Effect of the carriers on the microstructure of mango powder spray drying and its functional characterization. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 6(4): 420–428.
- Chegini, G.R., Ghobadian, B. (2007). Spray Dryer Parameters for Fruit Juice Drying. *World Journal of Agricultural Sciences* 3 (2): 230-236, ISSN 1817-3047.
- Chegini, G.R., Ghobadian, B., (2005). Effect of spray-drying conditions on physical properties of orange juice powder. *Drying Technology*, 23 (3): 657–668.
- Desai, K. G. H., Park, H. J. (2005). Recent developments in microencapsulation of food ingredients. *Drying Technology*, 23: 1361-1394.
- Fang, Y., Selomulya, C., Chen, X. D. (2008). On Measurement of Food Powder Reconstitution Properties. *Drying Technology*, 26: 3–14.
- Fazaeli, M., Emam-Djomeh, Z., Kalbasi Ashtari, A., Omid, M., (2012). Effect of spray drying conditions and feed composition on the physical properties of black mulberry juice powder. *Food and Bioproducts Processing*, 90: 667-675.
- Ferrari, C.C., Germer, S.P.M., and De Aguirre, J.M. (2012). Effects of spray-drying conditions on the physicochemical properties of blackberry powder. *Drying Technology*, 30 (2): 154-163.
- Fuchs M, Turchiuli C, Bohin M, Cuvelier ME, Ordonnaud Peyrat-Maillard MN, Dumoulin E. (2006). Encapsulation of oil in powder using spray drying and fluidised bed agglomeration. *Journal of Food Engineering*, 75, 27–35.
- G. Chen, H. Chen, Enhancement of Oil Extraction from Sumac Fruit using Steam-Explosion Pretreatment, *Food Chemistry*, 126 (2011) 1934–1938.
- Ghahreman, A. (1997). *Flora of Iran*. Vol. 16. Research Institute of Forests and Rangelands. Tehran. , No. 1923.
- Giancarlo, S., Rosa, L.M., Nadjafi, F., Francesco, M., (2010). Hypoglycaemic activity of two spices extracts: *Rhus Coriaria* L. and *Bunium Persicum* Boiss. *Natural Product Research*, 20 (9), 882–886.
- Goula, A. M., Adamopoulos, K. G. (2004). Influence of spray drying conditions on residue accumulation_Simulation using CFD. *Drying Technology* (5), 1107-1128.
- Goula, A. M., and Adamopoulos, K. G. (2008). Effect of maltodextrin addition during spray drying of tomato pulp in dehumidified air: II. Powder properties. *Drying Technology*, 26: 726-737.
- Goula, A.M., Adamopoulos, K.G. (2008). Effect of maltodextrin addition during spray drying of tomato pulp in dehumidified air: 1. Drying kinetics and product recovery. *Drying Technology*, 26: 714-725.
- Goula, A.M., Adamopoulos, K.G. (2010). A new technique for spray drying orange juice concentrate. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 11: 342-351.
- Goula, A.M., Adamopoulos, K.G., Kazakis, N.A. (2004). Influence of spray drying conditions on tomato powder properties. *Drying Technology*, 22 (5): 1129–1151.
- Grabowski, J.A., Truong, V.D., Daubert, C.R. (2006). Spray-drying of amylase hydrolized sweetpotato puree and physicochemical properties of powder. *Journal of food science*, 71: 209-217.
- Gündüz, G. T., Gönül, S. A., Karapinar, M. (2010). Efficacy of sumac and oregano in the inactivation of *Salmonella Typhimurium* on tomatoes. *International Journal of Food Microbiology*, 141: 39–44.

- Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Isiri number: 2705. Determination of moisture content of Cereals and Cereal Products.
- Jinapong, N., Supphantharika, M., Jamnong, P. (2008). Production of instant soymilk powders by ultrafiltration, spray drying and fluidized bed agglomeration. *Journal of Food Engineering*, 84: 194–205.
- Kanakdande, D., Bhosale, R., Singhal, R.S., (2007). Stability of cuminooleoresin microencapsulated in different combination of gumarabic, maltodextrin and modified starch. *Carbohydrate Polymers*, 67: 536–541.
- Kha, C.T., Nguyen, H.M., Roach, D.P. (2010). Effects of spray drying conditions on the physicochemical and antioxidant properties of the Gac (*Momordica cochinchinensis*) fruit aril powder. *Journal of Food Engineering*, 98: 385–392.
- Knight, P. C. (2001). Structuring agglomerated products for improved performance. *Powder Technology*, 119: 14–25.
- Kosar, M., Bozan, B., Temelli, F., Baser, K. H. C. (2007). Antioxidant activity and phenolic composition of Sumac (*Rhus coriaria* L.) extracts. *Food Chemistry*, 103: 952–959.
- Krishnan, S., Bhosale, R., Singhal, R.S. (2005). Microencapsulation of cardamom oleoresin: evaluation of blends of gum arabic, maltodextrin and a modified starch as wall materials. *Carbohydrate Polymers*, 61, 95–102.
- Masters, K. (1991). *Spray Drying Handbook*, Longman Scientific & Technical, United Kingdom, 365–638.
- Mishra, P., Mishra, S., Mahanta, C. L. (2013). Effect of maltodextrin concentration and inlet temperature during spray drying on physicochemical and antioxidant properties of amla (*Embllica officinalis*) juice powder *Food and Bioproducts Processing*, 92(3): 252–258.
- Moreira, G.E.G., Costa, M.G.M., Rodrigues-de Souza, C.A., Brito-de, S.E., Medeiros-de, D.F.D.M., Azeredo-de, M.C.H. (2009). Physical properties of spray dried acerola pomace extract as affected by temperature and drying aids. *LWT-Food Science and Technology*, 42: 641–645.
- Nadeem, H.S., Torun, M., Ozdemir, F., (2011). Spray drying of the mountain tea (*Sideritis strica*) water extract by using different hydrocolloid carriers. *LWT Food Science and Technology*, 44: 1626–1635.
- Nasar-Abbas, S. M., Halkman, A. K., Al-Haq, M. I. (2003). Inhibition of some foodborne bacteria by alcohol extract of sumac (*Rhus coriaria* L.). *Journal of Food Safety*, 24(4): 257–267.
- Peighambari, S.H., and Sarabandi, Kh. (2016). Effect of spray drying conditions on physicochemical, functional properties and production yield of malt extract powder. *Journal of Food Research*, 27(2): 75–90.
- Papadakis, S.E., Gardeli, C., Tzia, C., (2006). Sprays drying of raisin juice concentrate. *Drying Technology*, 24: 173–180.
- Quek, S.Y., Chok, N.K., Swedland, P., (2007). The physicochemical properties of spray dried watermelon powders. *Chemical Engineering and Processing*, 46 (5): 386–392.
- Rayne, S., Mazza, G. (2007). Biological activities of extracts from sumac (*Rhus* spp.): a review. *Plant Foods for Human Nutrition*, 62: 165–175.
- Rechinger, K. H. (1969). *Flora Iranica, Anacardiaceae*. Akademische Druck-u. Verlagsanstalt Graz-Austria, 63: 2.
- Rodriguez-Hernandez, G.R., Gonzalez-Garcia, R., Grazales-Lagunes, A., Ruiz-Cabrera, M.A., Abud-Archila, M. (2005). Spray drying of cactus pear juice (*Opuntia streptacantha*): effect on the physicochemical properties of the powder and reconstituted product. *Drying Technology*, 23 (4): 955–973.
- Schubert, H. (1993). Instantization of powdered food products. *International Chemical Engineering*, 33: 28–45.
- Salimi, Z., Heydari, R., Nejati, V., Eskandari, A. (2012). Protective Effect of Aqueous Extract of *Rhus coriaria* L. Fruit on Catalase Enzyme Activity and Histopathology of Liver in Alloxan-Induced Diabetic Rats. *Qom University of Medical Sciences Journal*, 6(2): 44–52.
- Sezik, E., Tabata, M., Yesilada, E. (1991). Traditional medicine in Turkey. 1. Folk medicine in northeast Anatolia. *Journal of Ethnopharmacology*, 35: 191–196.
- Shafizadeh, F. (1990). *Popular Medicinal Plants of Lorestan*. Vol. 1, Lorestan University of Medical Sciences, Khorramabad, p: 115.
- Shahidi, F., Han, X. Q. (1993). Encapsulation of food ingredients. *Critical Review in Food Science and Nutrition*, 33: 501–547.
- Shahidi, F., Varidi, M., Mohebbi, M., Noshad, N., Khalilian Movahed, M. (2014). Optimization of spray drying of pomegranate juice using response surface methodology. *Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology*, 3(2): 129–142.
- Shaikh, J., Bhosale, R., Singhal, R.S (2006). Microencapsulation of black pepper oleoresin. *Food Chemistry*. 94, 105–110.
- Sousa, A.S.D., Borges, S.V., Magalhaes, N.F., Ricardo, H.V., Azavedo, A.D. (2008). Spray dried tomato powder: reconstitution properties and color. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 51 (4): 807–817.
- Tonon, R.V., Brabet, C. Hubinger, M.D. (2008). Influence of process conditions on the physicochemical properties of acai (*Euterpe oleracea* Mart.) powder produced by spray drying. *Journal of Food Engineering*, 88: 411–418.

- Tonon, R.V., Brabet, C., Pallet, D., Brat, P., and Hubinger, M.D. (2009). Physicochemical and morphological characterisation of ascai (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced with different carrier agents. *International Journal of Food Science & Technology*, 44 (10): 1950-1958.
- Zargari, A. (1992). *Medicinal plants*. 5th ed. Tehran University Press. Iran. p: 561.



Effects of different concentrations of maltodextrin and drying temperatures of spray drying process on physicochemical properties of encapsulated Sumac extract

N. Malekizadeh¹, S. H. Peighambaroust^{*2}, A. Olad Ghaffari³, Kh.Sarabandi⁴

Received: 2017.01.30

Accepted: 2017.07.01

Introduction: Sumac is the common name of the *Rhus* genus, which contains over 250 individual species in the Anacardiaceae family. It is grown in temperate and tropical regions worldwide. Sumac is one of the most common spices used by people of the Mediterranean and Middle East regions. The sumac berries contain flavones, tannins, anthocyanins, and organic acids which provide antioxidant, antimicrobial and hypoglycemic activities. Due to spices maintenance problems caused by growth of microorganisms, flavor and color compounds losses, using spices extracts have recently been replaced. Although spices extract is sensitive to light, heat and oxygen and have a lower shelf life in poor storage conditions. Therefore, spices extract microencapsulation has been suggested by researchers. Spray drying is the most common and economical methods of microencapsulation. The aim of this study was to investigate the influence of different concentrations of maltodextrin and inlet air temperature on some properties of encapsulated sumac extract.

Materials and Methods: In the present study, the effects of three different inlet air temperatures (140, 160 and 180°C) and three different maltodextrin (DE=20-18) concentrations (10, 20 and 30%) on production efficiency, moisture content, water activity, solubility, hygroscopicity, wettability and color parameters of sumac extract spray dried powder were investigated. In all experiments, outlet air temperatures, atomizer rotational speed, feed flow rate and atomizer air pressure were kept constant at 80°C, 18000 rpm, 20 ml/min and 4±0.1 bar, respectively.

Results and Discussion: Production yield of the sumac powders varied from 44 to 57%. The addition of maltodextrin increased the product yield by preventing adhesion of the sumac extract on the dryer walls and also increasing the inlet air temperature caused an increase in product yield ($P<0.05$). The moisture content of spray dried sumac extract powders varied from 2.32 to 3.81% ($P<0.05$). The results showed that when the inlet air temperature increased, the moisture content of the powders decreased due to a high transfer rate at high operation temperatures. Increasing the level of maltodextrin increased the level of feed solids and reduced the level of total moisture for evaporation. Water activity is considered as one of the most important quality factors especially for long term storage. The values of water activity under 0.6 are generally considered as microbiologically stable. Since the water activity values of sumac extract powders were between 0.319 and 0.335 the powders can be accepted as microbiologically. The water activity of the samples decreased with higher inlet air temperatures and with the addition of maltodextrin concentration ($P<0.05$). The solubility of the samples decreased with higher inlet air temperatures and with the addition of maltodextrin ($P<0.05$). At lower inlet temperature, the evaporation rate was slower, producing powders with higher moisture content. This type of powders had a higher tendency of agglomeration which helped to increase the reconstitution of the powders. On the other hand, at higher inlet temperature, a hard surface layer might be formed over the powder particle. This could prevent water molecules from diffusing through the particle. The obtained hygroscopicity values are not to be considered as absolute values, since the powders were exposed to abusive conditions. Increasing inlet air temperature reduced the hygroscopicity of powders. Also observed a reduction in hygroscopicity with increasing maltodextrin concentrations in spray dried sumac extract powder. Maltodextrin is a material having the property

1, 2 and 4. MSc graduated, Professor and PhD student, Department of Food Science and Technology, College of agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

3. Academic Staff Member of Food Research Group, Food and Agriculture Research Department, Standard Research Institute, Karaj, Iran.

(*Corresponding author e-mail: peighambaroust@tabrizu.ac.ir)

of low hygroscopicity and its utility as a carrier material for spray drying. Wettability is the ability of the powder particles to overcome the surface tension between themselves and water. An increase in maltodextrin concentration in sumac extract powders led to a decrease ($P < 0.05$) in the wettability time of the powders. The average wettability time of sumac extract powders decreased ($P < 0.05$) with increasing inlet air temperature. It was found that when the inlet air temperature and the maltodextrin concentration increased, the L^* values increased but a^* , b^* , chroma and hue values decreased ($P < 0.05$). An increase in inlet temperature produced lighter product indicates that the pigments had undergone oxidation. The other reason for higher degree of lightness of the sumac powder at higher inlet temperature may be attributed to the reduced rate of oxidation of the tannins. Tannins react slowly with iron in the absence of oxygen and form dark colored complex. Probably during the rapid rate of drying in a spray dryer, tannins get very little time to react with iron as availability of oxygen is reduced and therefore the powder color had lessened. The present work describes the possibility of producing sumac extract powder by spray drying and the changes in some of the physical and chemical properties of the powders depending on the inlet temperature and maltodextrin additions. The physical and chemical properties of the spray dried sumac extract powders were significantly affected by both the inlet air temperature and maltodextrin additions ($P < 0.05$). In conclusion, inlet temperature of 160 °C and maltodextrin concentration of 20% reported as an optimum point, and it is possible to maintain desirable properties and reduce quality loss of sumac extract powder during spray drying process in a pilot scale production. The possible uses of this dried product in food systems and storage potential should be studied in future projects.

Keywords: Maltodextrin, Microencapsulation, Spray drying, Sumac, Wettability



بررسی کاربرد امولسیفایرهای ژلی برای کاهش اسیدیتة چربی در کیک لایه‌ای

راحله بذرافشان¹- سید هادی پیغمبردوست^{2*} - عارف اولاد غفاری³

تاریخ دریافت: 1394/07/06

تاریخ پذیرش: 1395/01/08

چکیده

یکی از مشکلات رایج در تولید کیک، اسیدیتة چربی بالای آن است. زرده تخم‌مرغ به دلیل داشتن اسیدهای چرب آزاد و لستین عامل احتمالی اسیدیتة بالا در این کیک‌ها است. علاوه بر این، تخم‌مرغ به علت داشتن کلسترول بالا احتمال ابتلاء به بیماری‌های قلبی و عروقی را افزایش می‌دهد. لذا هدف این پژوهش بررسی جایگزینی زرده تخم‌مرغ با سه نوع امولسیفایر ژلی تجارتي با خواص متفاوت بود. سه نوع امولسیفایر ژلی تجاری با زرده تخم‌مرغ جایگزین شد. در تیمارهای دیگر فقط از سفیده و زرده تخم‌مرغ استفاده شد تا تأثیر هر بخش تخم‌مرغ جداگانه بررسی شود. خواص فیزیکی خمیر و ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی و بافتی کیک مورد بررسی قرار گرفت. اسیدیتة چربی و میزان پراکسید کیک اندازه گیری شد. یافته‌ها حاکی از آن بود که کیک‌های تهیه شده با هر سه نوع امولسیفایر ژلی که در فرمولاسیون آنها فقط از سفیده استفاده شده بود، نسبت به نمونه‌هایی که دارای زرده تخم‌مرغ بودند، اسیدیتة چربی و عدد پراکسید پایینی داشتند. در ضمن این کیک‌ها از لحاظ خواص ارگانولپتیکی دارای بافت نرم‌تر و عطر و طعم مطلوب‌تری نسبت به سایر تیمارها بودند. در طول زمان نیز اسیدیتة چربی، خواص بیاتی و میزان سفتی ارزیابی شد. اسیدیتة چربی روند تقریباً ثابتی را نشان داد و کیک‌های حاوی امولسیفایر ژلی بافت نرم خود را در تمام طول مدت ماندگاری حفظ کردند. در نهایت، می‌توان با جایگزینی امولسیفایرهای ژلی تجاری با زرده تخم‌مرغ اسیدیتة چربی در کیک را کنترل نموده و در عین حال کیک فاقد کلسترول تولید نمود.

واژه‌های کلیدی: امولسیفایر ژلی، کیک لایه‌ای، اسیدیتة چربی، امولسیفایر ژلی، زرده تخم‌مرغ، کیفیت

مقدمه

تخم‌مرغ می‌تواند علت بالا بودن اسیدیتة چربی تخم‌مرغ باشد (Tattarie, 1959; Privett et al., 1962). ترکیب‌های فسفولیپیدی و لستین خیلی راحت در معرض واکنش‌های شیمیایی مثل هیدرولیز و اکسیداسیون قرار می‌گیرند (Ratnayake et al., 2012). به‌طوری‌که مقدار مجاز عدد اسیدی لستین 32 و مقدار مجاز پراکسید آن 5 است (ISIRI, 2005). اسیدیتة چربی بالای حد استاندارد نشانگر فساد چربی بوده و باعث ایجاد خصوصیات کیفی نامطلوب نظیر طعم و بوی تند در محصول می‌شود. درصد چربی مواد استفاده شده در کیک و حد مجاز اسیدیتة آنها در جدول 1 مشخص شده است (ISIRI, 2005). در تحقیقی ژل شیا به‌عنوان جایگزین روغن یا تخم‌مرغ در فرمولاسیون کیک استفاده شد (Borneo et al., 2010). در این تحقیق قابلیت پذیرش کلی، خصوصیات حسی و کاربردی و مقدار مواد مغذی کیک مورد آزمون قرار گرفت. ژلش یا با جایگزینی 25، 50 و 75 درصد روغن یا تخم‌مرغ در فرمولاسیون کیک استفاده شد. نتایج نشان داد که این ژل می‌تواند تنها به‌عنوان 25 درصد روغن یا تخم‌مرغ جایگزین شده و کیک تولیدی خواص حسی مطلوبی داشت. در پژوهشی دیگر در ابتدا پنج فرمولاسیون کیک با تخم‌مرغ کامل مایع، تخم‌مرغ خشک، و سه جایگزین تجاری تخم‌مرغ (سویا/ گلو تن

یکی از ویژگی‌های شیمیایی انواع کیک‌ها طبق استاندارد ملی ایران، اسیدیتة چربی آن است که حد مجاز آن 0/3 درصد تعیین شده است (ISIRI, 2005). کیک‌های لایه‌ای بنا به تعریف باید حداقل 20 درصد تخم‌مرغ در فرمولاسیون خود داشته باشند. با توجه به فرمولاسیون این دسته از کیک‌ها که حاوی روغن و تخم‌مرغ بالایی هستند، در فرمولاسیون آنها درصد چربی زیاد است. از آنجایی که در فرمول این کیک‌ها مقدار اسیدیتة مجاز روغن مصرفی پایین است، بنابراین مهمترین عامل تأثیرگذار در اسیدیتة چربی کیک، چربی موجود در تخم‌مرغ و مقدار اسیدیتة آن است. بالا بودن درصد اسیدهای چرب آزاد و لستین و سایر فسفولیپیدها در چربی زرده

1 و 2- به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استاد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

3- عضو هیأت علمی گروه پژوهشی مواد غذایی، پژوهشکده غذایی و کشاورزی، پژوهشگاه استاندارد کرج، کرج.

(*مستول مکاتبات: Email: peighambardoust@tabrizu.ac.ir)

DOI: 10.22067/ijfstrj.v1395i0.50198

4 و 20 درجه سانتیگراد مقاوم تر بود. در آزمایش های رئولوژیکی نیز مایونز تهیه شده با گرانول هیدرولیز شده تخم مرغ از لحاظ رفتار رئولوژیکی شباهت بیشتری به نمونه کنترل داشت (Orcajo et al., 2013). هدف اصلی این پژوهش جایگزینی تخم مرغ با سه نوع امولسیفایر ژلی تجارتي سافتکس (Softex)، گلدن (Golden) و جیلک 60 (Jilk60) به منظور کنترل مقدار اسیدیته چربی در کیک لایه ای بود. بررسی خواص کیفی و مدت ماندگاری کیک که با حذف زرده تخم مرغ و استفاده از ترکیبات امولسیفایر ژلی حاصل می شود از اهداف دیگر این پژوهش بود.

مواد و روش ها

مواد مورد استفاده برای تولید کیک لایه ای، مقادیر مورد استفاده در فرمول (بر اساس وزن مرطوب آرد) و محل تهیه آنها در جدول 2 آمده است.

گندم، پروتئین آب پنیر و صمغ/ فیبر) آماده و تهیه شدند (Ratnayake et al., 2012). سپس تفاوت های موجود در کیفیت محصول نهایی به علت تفاوت در ترکیبات اجزاء تعیین شد. جایگزین های تجاری تخم مرغ، خصوصیات محصول از قبیل حفظ رطوبت، دانسیته حجمی، رنگ، بافت و طعم را تغییر داد. برخی از این تغییرات در آنالیزهای حسی ناچیز بود. در تحقیق دیگری جهت کاهش میزان کلسترول ناشی از زرده تخم مرغ، از گرانول های هیدرولیز شده زرده تخم مرغ به جای زرده تخم مرغ تازه استفاده شد (Orcajo et al., 2013). البته خواص کاربردی گرانول ها نیاز به اصلاح داشت. هیدرولیز مکرر پروتئین ها خواص تکنولوژیکی و تغذیه ای آن را بهبود می دهد. به همین دلیل گرانول های زرده تخم مرغ همراه با آنزیم پروتئولیتیک مثل تریپسین با هدف ایجاد خواص مناسب محصول، استفاده شد. نتایج نشان داد واکنش آنزیمی باعث هیدرولیز به میزان 12 درصد شده و پپتیدهایی با اندازه مختلف تولید می شوند که توسط تکنیک های کروماتوگرافی و الکتروفوروتیک شناسایی می شوند. مایونز تهیه شده با گرانول های هیدرولیز شده نسبت به تغییرات دمایی

جدول 1- درصد چربی مواد استفاده شده در کیک و اسیدیته مجاز آنها طبق استاندارد مربوطه

مواد اولیه	درصد چربی	اسیدیته مجاز (%)
آرد	1	20 (در گندم های سالم)
تخم مرغ	11	3/5 (طبق استاندارد 2487 ویژگی های پودر تخم مرغ)
روغن	100	0/1 (طبق استاندارد 14766)
شیر خشک بدون چربی	1/5	0/15 (طبق استاندارد 1-2089)
لستین	100	32 (طبق استاندارد 3567)

جدول 2- مواد مورد استفاده برای تولید کیک کنترل و محل تهیه آنها

مواد مورد استفاده	مقدار به ازای 100g آرد	محل تهیه
آرد	100	کارخانه اطهرناب
قند اینورت	18	شرکت ارس پر بنیسیستر
پودر شکر	118	کارخانه قند یاسوج
تخم مرغ	50	شرکت تلاونگ
روغن مایع	33/3	شرکت ناز
بیکنینگ پودر	2/8	شرکت دیبا ماندگار
وانیل	2	شرکت روپرت
شیر خشک بدون چربی	10	شرکت کازینات ایران
نمک	2	بازار محلی
آب	114/3	-

- فرمولاسیون شامل سفیده تخم مرغ بدون کاربرد امولسیفایر
- فرمولاسیون شامل سفیده تخم مرغ و سافتکس (محصول شرکت آذر نوش شکوفه)
- فرمولاسیون شامل سفیده تخم مرغ و گلدن (محصول شرکت

- ویژگی های آرد مصرفی در جدول 3 مطابق آمده است.
- برای انجام تحقیق نیز 6 فرمولاسیون به شرح ذیل مورد استفاده قرار گرفت:
- کیک کنترل با تخم مرغ کامل

در آماده شدن خمیر و کاهش زمان مخلوط کردن، امکان استفاده از روش همزدن یک مرحله‌ای در تهیه خمیر کیک، افزایش اثر روغن و تخم‌مرغ و امکان کاهش آنها در فرمول، افزایش هوادهی و بالابردن قدرت خمیر پذیرش هوا در خمیر و در نتیجه افزایش حجم در محصول نهایی، ایجاد سطح یکنواخت و بافت لطیف و پایدار در فرآورده نهائی، بهبود خصوصیات ارگانولپتیکی کیک، کنترل بیاتی و بهبود فرم ظاهری محصول.

امولسیفایر ژلی جیلک 60

به صورت ژل بی‌رنگ بوده و مواد تشکیل‌دهنده آن شامل مونو و دی‌گلیسیرید، سوربیتول، استرهای پلی‌گلیسرول و اسانس پرتقال طبیعی است. دوز مصرفی این ژل 2-1/5 درصد فرمول پیشنهاد شده است و از موارد کاربرد آن در فرمول کیک‌های اسفنجی است. از خواص کاربردی این ترکیب به موارد زیر می‌توان اشاره کرد: بهبود شکل فیزیکی محصول، تقویت هوادهی و تشکیل کف و ایجاد حباب‌های یکنواخت هوا در خمیر کیک، پایداری خمیر کیک در طول پخت، ایجاد مغز یکنواخت و حجم بالا در محصول نهایی و به تأخیر انداختن بیاتی کیک

تهیه کیک

برای تهیه کیک لایه‌ای از روش Gomez و همکاران (2007) استفاده شد. برای این منظور از روش مخلوط کردن تک مرحله‌ای استفاده شد که در آن کلیه مواد اولیه در مدت زمان 12 دقیقه در میکسر آشپزخانه‌ای متداول با سرعت 6 مخلوط شدند. در مورد کیک‌های حاوی امولسیفایر ژلی به‌جای زرده تخم‌مرغ، از هر امولسیفایر به مقدار 1/5 درصد وزن خمیر نهایی استفاده شد. مقدار مورد استفاده امولسیفایر توسط شرکت تولیدکننده امولسیفایر پیشنهاد گردیده بود. در حدود 200 گرم خمیر در ظرف استوانه‌ای پوشش‌دار با لبه 45 میلی‌متر و قطر 120 میلی‌متر ریخته شده و در آون الکتریکی با دمای 200 درجه سانتی‌گراد به مدت 30 دقیقه پخته شد. بعد از پخت کیک به مدت یک‌ساعت خنک گردید. کیک‌های لایه‌ای که برای ارزیابی حسی اختصاص یافتند در کیسه‌های پلاستیکی بسته‌بندی شدند. آزمون‌های شیمیایی مثل اسیدیته و پراکسید چربی کیک، ارزیابی حسی و بافتی در طول مدت نگهداری در زمان‌های 1، 30 و 60 روز پس از تولید انجام گرفت.

آزمون‌ها

برای اندازه‌گیری دانسیته خمیر از یک استوانه مدرج استفاده شد که وزن خمیر و حجم خمیر در آن پس از محاسبه به‌دست آمد و از روی آن دانسیته محاسبه گردید (Gomez et al., 2007). حجم کیک از روش جابجایی بذر شلغم روغنی به‌دست آمد (AACC, 1990).

آذر نوش شکوفه)

- فرمولاسیون شامل سفیده و جیلک (محصول شرکت آروماتیک سوئد)
 - فرمولاسیون شامل فقط زرده تخم مرغ
- ترکیبات تشکیل‌دهنده امولسیفایرهای ژلی عمدتاً مونو و دی‌گلیسیریدها، پلی‌اول‌ها و آب است. مونو و دی‌گلیسیریدها نقش امولسیون‌کنندگی داشته و جایگزین مناسبی برای لستین زرده تخم‌مرغ می‌باشند. سه نوع از این ترکیب‌ها در این پروژه استفاده شد، که مواد تشکیل‌دهنده و خواص کاربردی هر کدام در مطالب زیر به تفصیل بیان شده است.

جدول 3- ویژگی‌های آرد مورد استفاده برای تولید کیک

ویژگی‌ها	درصد
رطوبت	12/4
پروتئین	7/7
خاکستر	0/45
pH	5/9
گلوتن مرطوب	20/1

امولسیفایر ژلی سافتکس

به صورت ژل زرد رنگی بوده و مواد تشکیل‌دهنده آن شامل، مونو و دی‌گلیسیرید، پروپیلن گلیکول استر (PGE)، گلیسرین، پروپیلن گلیکول، استئارات پتاسیم و آب است. بیشترین کاربرد آن در کیک‌های اسفنجی بوده و دوز مصرفی پیشنهادی آن (بر اساس پیشنهاد شرکت سازنده) 1/5-0/5 درصد وزن خمیر است. از خواص کاربردی این ترکیب به موارد زیر می‌توان اشاره کرد: پایدار کردن امولسیون خمیر کیک، افزایش اثر روغن و تخم‌مرغ و امکان کاهش آنها در فرمول، شفاف نمودن خمیر و بهبود رنگ کیک، افزایش حجم، ایجاد بافت نرم‌تر و یکنواخت‌تر، جلوگیری از خرد شدن و فرو پاشیدن کیک، ایجاد احساس دهانی خوب، ایجاد فرم و ظاهر منظم و مناسب در محصول و تأخیر انداختن بیاتی.

امولسیفایر ژلی گلدن

به صورت ژل سفیدرنگی بوده و مواد تشکیل‌دهنده آن شامل، مونو و دی‌گلیسیرید، پروپیلن گلیکول استر (PGE)، گلیسرین، پروپیلن گلیکول، استئارات پتاسیم و آب است. درصد و نوع مونوگلیسیریدها در دو نوع امولسیفایر ژلی ذکر شده با هم فرق می‌کند که منجر به ایجاد کمی تفاوت در خصوصیات کاربردی آنها می‌شود. این امولسیفایر ژلی جهت کاربرد عمومی در کلیه انواع کیک‌ها مناسب بوده و دوز مصرفی پیشنهادی آن 1/5-0/5 درصد (بر اساس وزن خمیر) بیان شده است. از خواص کاربردی این ترکیب به موارد زیر می‌توان اشاره کرد: تسریع

(2000). ارتفاع کیک با استفاده از کولیس اندازه‌گیری شد. تقارن کیک با روش مصوب AACC (2000) به‌دست آمد. افت پخت کیک از محاسبه تفاوت بین وزن خمیر کیک و کیک پخته شده به‌دست آمد (Ratnayake et al., 2012). سفتی بافت مغز کیک توسط فشردن مغز با پروب ماشین آزمون عمومی (اینسترون) مطابق روش آنالیز بافت در پژوهش انجام شده توسط Ratnayake و همکاران (2012) انجام گرفت. بعد از برداشتن پوسته کیک، قطعات مغز آن به فرم مکعب مربع به ابعاد 2/5 سانتی‌متر تهیه شد و در آزمون بافت مورد استفاده قرار گرفت. رطوبت و فعالیت آبی کیک نیز مطابق روش‌های AACC (2000) به‌دست آمد. اندازه‌گیری مقداراسیدیتبه چربی و عدد پراکسید کیک مطابق استاندارد ملی ایران انجام گرفت. اندازه‌گیری مقدار قندهای احیاء‌کننده کیک با روش استاندارد ملی ایران انجام گرفت (ISIRI, 2005).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

در این تحقیق اثر استفاده از امولسیفایر و زمان نگهداری بر خواص کیفی کیک در طی نگهداری به مدت 2 ماه با استفاده از روش آماری اندازه‌گیری‌های تکرار شده در زمان و در 3 تکرار مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به‌دست آمده با استفاده از روش آنالیز واریانس (ANOVA) دوطرفه در سطح احتمال ($P < 0/05$) و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل مربع میانگین‌ها در سطح احتمال ($P < 0/05$) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

نتایج و بحث

دانشیته خمیر

تغییرات دانشیته خمیر در تیمارهای آزمایشی مورد استفاده در این پژوهش در شکل 1 نشان داده شده است. همانطور که از این شکل ملاحظه می‌شود کمترین مقادیر مربوط به دانشیته خمیر به‌ترتیب در تیمارهای حاوی امولسیفایر ژلی سافتکس، گلدن و جیلک بود. بیشترین مقدار دانشیته خمیر در تیمار زرده تخم‌مرغ حاصل شد. دانشیته خمیر معیاری از افزایش حجم خمیر یا هوادهی مکانیکی در جریان مخلوط کردن است (Nourmohammadi et al., 2012). با افزایش قابلیت نگهداری حباب‌های هوا توسط فاز خمیر حجم آن افزایش و دانشیته خمیر کاهش می‌یابد (Bennion&Bamford, 1997). هر سه نوع امولسیفایر ژلی نسبت به بقیه تیمارها قابلیت بهتری برای نگهداری حباب‌های هوا و تشکیل امولسیون کف ارائه دادند. امولسیفایرها با ایجاد برهم‌کنش بین اجزاء خمیر مانند نشاسته، پروتئین و چربی‌ها لایه بین سطحی در اطراف حباب‌های ریز هوا تشکیل داده به حفظ و نگهداری حباب‌های هوا در خمیر کمک می‌نمایند (Bennion&Bamford, 1997). ظاهراً ترکیب سفیده با

امولسیفایرها اثر بهتری در پایدار کردن امولسیون کف (حباب هوا در فاز مایع) در خمیر کیک داشته است. چرا که خود امولسیفایر به تنهایی (مانند تیمار زرده تخم‌مرغ) با وجود داشتن لستین نتوانسته است در پایداری امولسیون کف و هوادهی و به تبع آن کاهش دانشیته خمیر مؤثر باشد.

حجم، ارتفاع و تقارن کیک

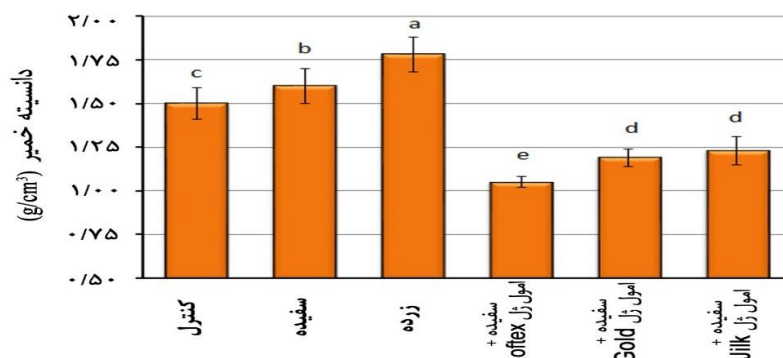
تغییرات حجم، ارتفاع و تقارن کیک در اثر افزودن امولسیفایرهاژلی و در تیمارهای دیگر در جدول 4 آمده است. کیک‌های تهیه شده از امولسیفایرهای ژلی نسبت به سایر تیمارها شکل بهتر و اندازه بزرگتری نشان دادند. بالاترین حجم، ارتفاع و تقارن مربوط به نمونه کیک حاوی سفیده به‌علاوه امولسیفایر ژلی سافتکس بود و بعد از آن نمونه‌های گلدن و جیلک در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. کمترین ارتفاع، حجم و تقارن مربوط به نمونه حاوی زرده بود. این نتایج مشابه روند تغییرات دانشیته خمیر است. همانطور که قبلاً اشاره شد توانایی خمیر برای حفظ حباب‌های هوا در جریان مخلوط کردن که منجر به افزایش هوادهی خمیر و کاهش دانشیته آن نیز گردید (شکل 1) یکی از عوامل مؤثر در بهبود ویژگی‌های شکل و اندازه کیک محسوب می‌شود. از طرفی ایجاد حجم در کیک فقط به هوادهی مکانیکی درجریان مخلوط کردن خمیر مربوط نمی‌شود، بلکه هوادهی شیمیایی (ناشی از عملکرد مواد حجم‌دهنده شیمیایی نظیر بی‌کینگ پودر) و نیز هوادهی فیزیکی (تبخیر آب) در جریان پخت نیز در ایجاد حجم نهایی فراورده مؤثر هستند (Bennion&Bamford, 1997). به‌نظر می‌رسد که همان مکانیسم تثبیت امولسیون کف با افزودن امولسیفایرهای ژلی که در بخش قبلی توضیح داده شد برای سایر انواع هوادهی نیز مؤثر باشد؛ چراکه بهبود خواص رئولوژیکی خمیر و ایجاد سطوح بین فازی توسط امولسیفایرها به همراه سفیده تخم‌مرغ که در تثبیت کف در جریان پخت مؤثر است، دلیل احتمالی برای افزایش حجم و ارتفاع کیک است. این در حالی است که تیمار زرده تخم‌مرغ تنها با وجود داشتن امولسیفایر لستین نتوانست همان نقشی که از یک امولسیفایر انتظار می‌رود را برآورده سازد و حجم و ارتفاع کیک مطلوبی تولید نکرد (جدول 4). ظاهراً در هر سه تیمار امولسیفایر ژلی وجود سفیده به‌همراه ترکیبات امولسیفایری دیگر غیر از لستین بوده که قادر به ارائه ویژگی‌های شکلی و سائیزی مناسب در کیک گردیده است.

تغییرات افت پخت

تأثیر تیمارهای آزمایشی بر تغییرات افت پخت یا میزان خروج رطوبت در جریان پخت در کیک در شکل 2 نشان داده شده است. افت پخت پایین نشان‌دهنده پخت ناکافی و باقی ماندن رطوبت در

بهتر امولسیفایرها در تثبیت سیستم امولسیون کف و ارائه تخلخل و حجم بیشتر نسبت به سایر تیمارها برتر بودند. در ویژگی افت پخت هم روند مشابهی دیده می‌شود و برای تیمارهای حاوی هر سه امولسیفایر ژلی، تخلخل و حجم بهتر مانع از باقیماندن رطوبت در بافت کیک شده و افت پخت افزایش یافته است.

بافت کیک است. همانطور که از شکل 2 ملاحظه می‌شود تیمار سفیده تنها کمترین افت پخت در بین نمونه‌های آزمایشی را دارد که علت آن بافت سفت و حجم پایین آن است. این نتیجه هم راستا با آزمون‌های دانسیته خمیر، حجم و ارتفاع کیک است که قبلاً همگی نشان دادند که تیمارهای حاوی امولسیفایرهای ژلی به دلیل عملکرد



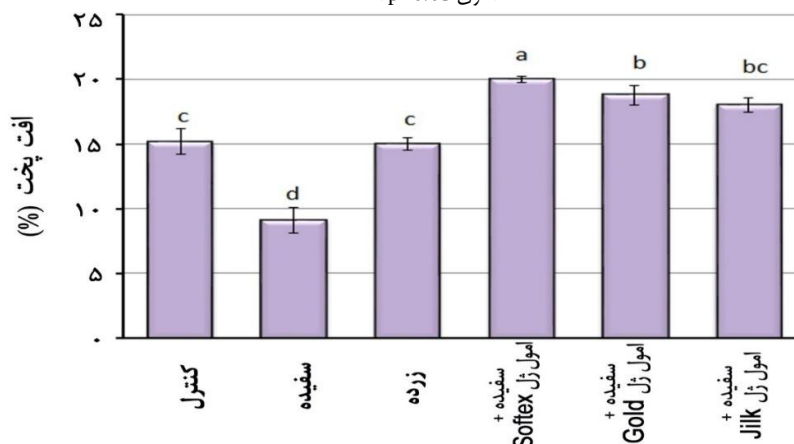
شکل 1- اثر تیمارهای مختلف و افزودن امولسیفایرهای ژلی بر دانسیته خمیر کیک

نتایج میانگین سه تکرار بوده، بازه‌های خطا معرف انحراف معیار استاندارد و حروف لاتین غیرمشابه بیانگر معنی‌دار بودن تفاوت میانگین‌ها در سطح $p < 0.05$ آماری است.

جدول 4- اثر امولسیفایرهای ژلی بر تغییرات حجم، ارتفاع و تقارن کیک

تیمارهای آزمایشی	ارتفاع کیک (mm)	حجم کیک (Cm ³ /200 g batter)	تقارن کیک (mm)
کنترل (تخم مرغ کامل)	57/2±4/6 ^d	491/2±12/8 ^d	22/3±4/6 ^c
سفیده تخم مرغ	55/8±6/5 ^d	480/2±9/8 ^e	19/2±4/7 ^d
زرد تخم مرغ	48/2±3/3 ^e	449/7±11/7 ^f	15/2±4/5 ^e
سفیده و سافتکس	69/5±3/8 ^a	525/1±8/4 ^a	33/8±6/4 ^a
سفیده و گلدن	65/8±3/1 ^b	510/4±10/1 ^b	26/5±4/5 ^b
سفیده و جیلک	60/2±5/5 ^c	502/9±9/9 ^c	24/3±3/9 ^b

داده های جدول میانگین سه تکرار و اعداد مقابل آنها انحراف معیار استاندارد هستند. حروف لاتین غیرمشابه در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح آماری $p < 0.05$ است.

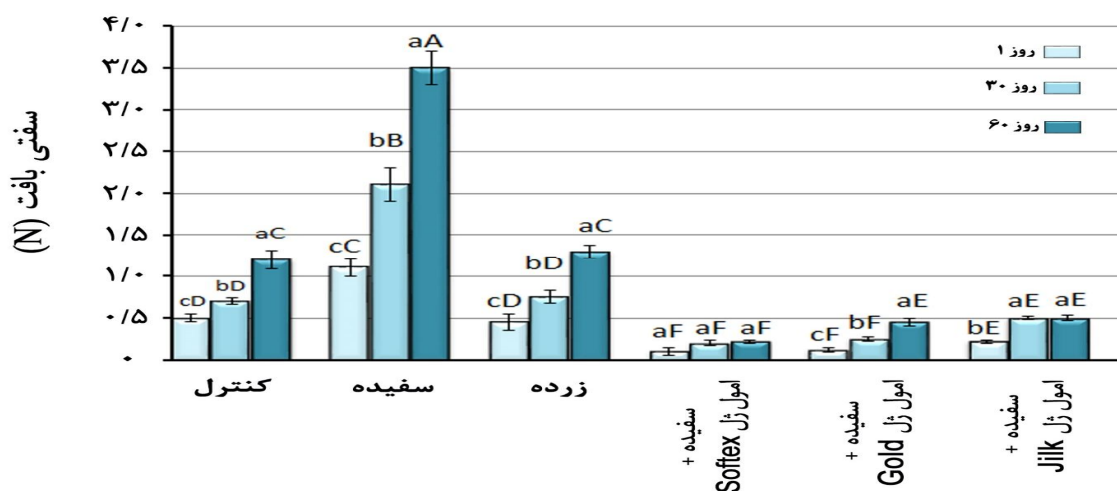


شکل 2- اثر تیمارهای مختلف و افزودن امولسیفایرهای ژلی بر افت پخت کیک.

نتایج میانگین سه تکرار بوده، بازه‌های خطا معرف انحراف معیار استاندارد و حروف لاتین غیرمشابه بیانگر معنی‌دار بودن تفاوت میانگین‌ها در سطح $p < 0.05$ آماری است.

سفتی بافت کیک

تأثیر تیمارهای آزمایشی بر سفتی بافت کیک اندازه‌گیری شده با روش دستگاهی در شکل 3 نشان داده شده است. همانطور که از این شکل ملاحظه می‌شود نمونه حاوی سفیده تخم‌مرغ سفت‌ترین بافت در تمام روزهای ارزیابی را در بین همه تیمارها داشت که علت آن بالا بودن پروتئین‌های سفیده و عدم وجود زرده و امولسیفایر به‌عنوان عوامل حجم‌دهنده و نرم‌کننده بود. کیک‌های حاوی امولسیفایرهای ژلی نرم‌ترین بافت را در تمام روزهای ارزیابی داشتند. کیک کنترل با کیک حاوی زرده تخم‌مرغ از لحاظ سفتی بافت مشابه بودند. در تیمارهای کنترل، سفیده و زرده با افزایش زمان نگهداری سفتی بافت افزایش پیدا نمود که با توجه به پدیده بیاتی و خروج رطوبت از مغز



شکل 3- اثر تیمارهای مختلف بر سفتی بافت کیک در روزهای 1، 30 و 60 نگهداری

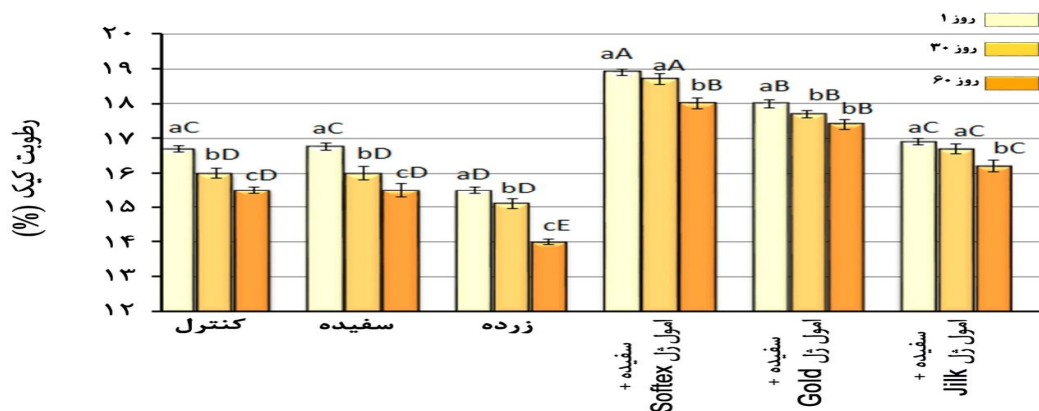
نتایج میانگین سه تکرار بوده، بازه‌های خطا معرف انحراف معیار استاندارد و حروف لاتین بزرگ غیرمشابه بیانگر معنی‌دار بودن تفاوت میانگین‌ها در بین تیمارها و حروف لاتین کوچک غیرمشابه بیانگر معنی‌دار بودن تفاوت میانگین‌ها در بین روزهای ارزیابی در سطح $p < 0.05$ آماری است.

رطوبت

نتایج اندازه‌گیری رطوبت کیک‌های تهیه شده از تیمارهای آزمایشی مختلف و نگهداری شده در زمان‌های مختلف در شکل 4 نشان داده شده است. کیک‌های تهیه شده از سافتکس در همه روزهای نگهداری بالاترین رطوبت، و کیک تهیه شده از زرده خالص پایین‌ترین مقدار رطوبت را به‌خود اختصاص دادند. کیک حاصل از سایر امولسیفایرهای ژلی نیز رطوبت بالاتری از نمونه کنترل، نمونه حاوی سفیده خالص و زرده خالص نشان دادند. در تیمارهای فاقد امولسیفایر ژلی با گذشت زمان رطوبت به‌طور معنی‌داری ($p < 0.05$) کاهش نشان داد اما در مورد تیمارهای حاوی امولسیفایر ژلی این روند آهسته‌تر بود. دلیل بالا بودن رطوبت اولیه کیک‌های حاوی امولسیفایر ژلی وجود ترکیبات باندکننده رطوبت مثل گلیسرین و پلی‌اول‌ها در

کیک طبیعی است. اما در کیک‌های حاوی امولسیفایرهای ژلی در زمان‌های مختلف نگهداری بافت کیک نرم باقی ماند که این امر به دلیل قابلیت نگهداری رطوبت و جلوگیری از بیاتی امولسیفایرهای ژلی می‌باشد. نتایج ارزیابی بیاتی کیک هم راستا با نتایج ویژگی‌های فیزیکی کیک مانند حجم، ارتفاع و دانسیته است. کیک حاوی سافتکس نرم‌ترین بافت در بین همه تیمارها و در کل روزهای ارزیابی را داشت. امولسیفایرهای منو، دی‌گلیسرید و ترکیبات پلی‌اولی به‌کار رفته در فرمول این امولسیفایرها در خواص کاربردی آنها تأثیر به‌سزایی داشته و توانسته باعث نرم ماندن بافت و به تعویق افتادن کامل روند سفت شدن در کیک گردد.

ترکیب این امولسیفایرهای ژلی است که در طول زمان به حفظ و نگهداری رطوبت در کیک نیز کمک کرده و پدیده بیاتی و از دست رفتن رطوبت را به تعویق انداخته است. این امر در آزمون اندازه‌گیری بافت (شکل 3) نیز دیده شد که نرم‌ترین بافت در تمام روزهای نگهداری مربوط به نمونه‌های حاوی امولسیفایر ژلی به‌خصوص نوع سافتکس بود. اندازه‌گیری میزان فعالیت آبی در تیمارهای آزمایشی نشان داد که تفاوت معنی‌داری ($p < 0.05$) بین تیمارهای آزمایشی و نیز روزهای نگهداری وجود نداشت و محدوده a_w بین 0/719 تا 0/749 برای همه نمونه‌ها و در تمام روزهای نگهداری متغیر بود (نتایج نشان داده نشده‌اند). البته در این مورد نیز کمترین a_w مربوط به نمونه‌های حاوی امولسیفایرهای ژلی و بیشترین مقدار مربوط به نمونه‌های کنترل و حاوی سفیده تخم‌مرغ بود.



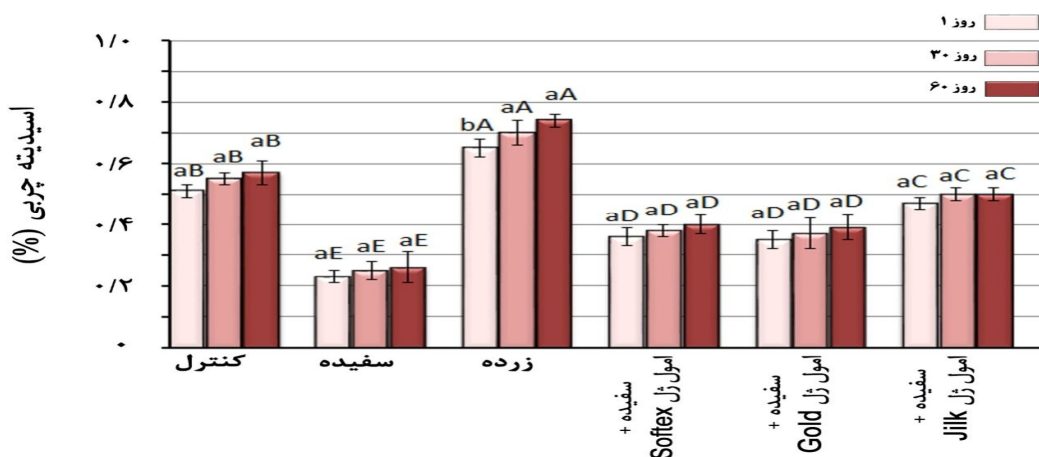
شکل 4- اثر تیمارهای مختلف بر تغییرات رطوبت کیک در روزهای 1، 30 و 60 نگهداری

نتایج میانگین سه تکرار بوده، بازه‌های خطا معرف انحراف معیار استاندارد و حروف لاتین بزرگ غیرمشابه بیانگر معنی‌دار بودن تفاوت میانگین‌ها در بین تیمارها و حروف لاتین کوچک غیرمشابه بیانگر معنی‌دار بودن تفاوت میانگین‌ها در بین روزهای ارزیابی در سطح $p < 0.05$ آماری است.

اسیدیتته چربی در حد مجاز و کمتر از نمونه کنترل را نشان دادند. امولسیفایرهای ژلی استفاده شده به علت اینکه فاز آبی داشته و لستین در حد جزئی داشتند اسیدیتته چربی را کاهش دادند. امولسیفایر مونو و دی گلیسرید در این تیمارها نقش پر اهمیت لستین زرده را بر عهده دارد. زمان نگهداری بر روند تغییرات اسیدیتته در همه تیمارها تقریباً بی‌اثر بود. در هر سه زمان نگهداری بالاترین اسیدیتته چربی مربوط به تیمار زرده و کمترین مربوط به نمونه حاوی سفیده بود.

تغییرات اسیدیتته چربی

اثر تیمارهای مختلف بر اسیدیتته چربی کیک در روزهای 1، 30 و 60 نگهداری در شکل 5 نشان داده شده است. نمونه حاوی سفیده کمترین اسیدیتته چربی و تیمار حاوی زرده بیشترین اسیدیتته را داشتند. چربی زرده تخم‌مرغ به علت دارا بودن لستین و فسفولیپیدها در جریان تجزیه هیدرولیتیک قرار گرفته و سبب افزایش اسیدیتته چربی می‌شوند که در شکل 5 کاملاً مشخص است. این امر در کیک‌های تهیه شده از سفیده خالص دیده نشد. تیمارهای حاوی امولسیفایر ژلی نیز



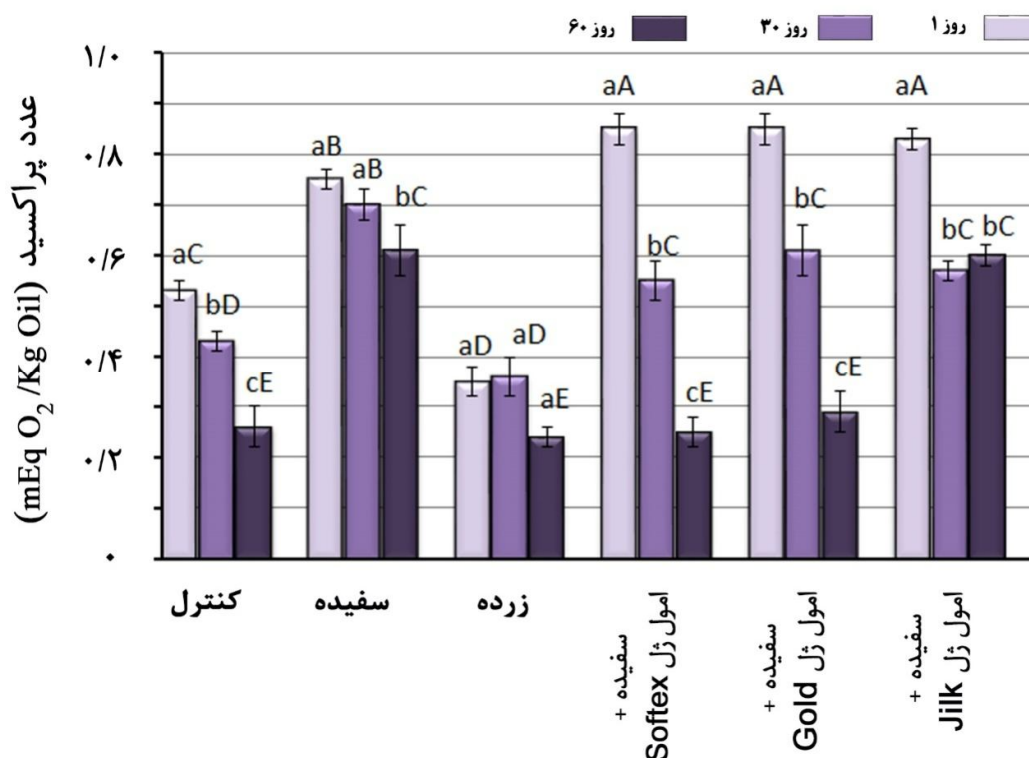
شکل 5- روند تغییرات اسیدیتته چربی کیک تهیه شده از تیمارهای آزمایشی مختلف در روزهای 1، 30 و 60 نگهداری

نتایج میانگین سه تکرار بوده، بازه‌های خطا معرف انحراف معیار استاندارد و حروف لاتین بزرگ غیرمشابه بیانگر معنی‌دار بودن تفاوت میانگین‌ها در بین تیمارها و حروف لاتین کوچک غیرمشابه بیانگر معنی‌دار بودن تفاوت میانگین‌ها در بین روزهای ارزیابی در سطح $p < 0.05$ آماری است.

تغییرات عدد پراکسید

نمونه‌های حاوی امولسیفایر ژلی تفاوت معنی‌داری دیده نشد. از طرف دیگر در شکل 6 ملاحظه می‌شود که بازاء زمان نگهداری پراکسید کاهش یافته است. این امر احتمالاً به دلیل تجزیه محصولات اکسیداسیونی چربی در طول زمان نگهداری است (Azadmard-*et al.*, 2007; Damirchi, 2010). البته لازم به توضیح اینکه عدد پراکسید تمامی نمونه‌ها در محدود قابل قبول و زیر 1 میلی اکی‌والان اکسیژن به ازاء کیلوگرم روغن قرار داشت.

اثر تیمارهای مختلف بر عدد پراکسید کیک در روزهای 1، 30 و 60 نگهداری در شکل 6 نشان داده شده است. نتیجه شاخص در این شکل این است که عدد پراکسید کیک‌های تهیه شده از زرده تخم‌مرغ نسبت به نمونه کنترل و سایر نمونه‌ها به‌طور معنی‌داری ($p < 0.05$) پایین بود. عدد پراکسید کیک‌های تهیه شده از هر سه نوع امولسیفایر ژلی همانند کیک حاوی فقط سفیده تخم‌مرغ نسبت به نمونه کنترل و نمونه حاوی زرده به‌طور معنی‌داری ($p < 0.05$) بالاتر بود. بین



شکل 6- روند تغییرات عدد پراکسید تهیه شده از تیمارهای آزمایشی مختلف در روزهای 1، 30 و 60 نگهداری

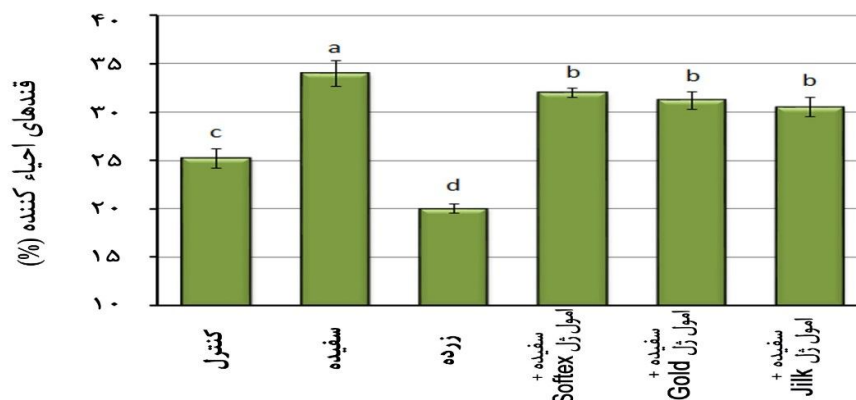
نتایج میانگین سه تکرار بوده، بازه‌های خطا معرف انحراف معیار استاندارد و حروف لاتین بزرگ غیرمشابه بیانگر معنی‌دار بودن تفاوت میانگین‌ها در بین تیمارها و حروف لاتین کوچک غیرمشابه بیانگر معنی‌دار بودن تفاوت میانگین‌ها در بین روزهای ارزیابی در سطح $p < 0.05$ آماری است.

قندهای احیاءکننده

معنی‌داری ($p < 0.05$) قند احیاءکننده بالاتری داشت. در بین نمونه‌های حاوی امولسیفایر ژلی مقدار قند احیاءکننده تفاوت معنی‌داری نشان نداد اما به دلیل اینکه در فرمول این نوع کیک‌ها سفیده تخم‌مرغ به همراه امولسیفایر ژلی مورد استفاده قرار گرفت به تبع آن قند احیاءکننده بالایی نسبت به نمونه کنترل نشان دادند. به‌علاوه، احتمالاً در ترکیب امولسیفایرهای ژلی، منوساکاریدهایی از طرف شرکت سازنده فرموله شده باشد که مقدار قندهای احیاءکننده در کیک حاوی آنها نسبت به نمونه کنترل بالاتر بود (شکل 7).

نتایج اندازه‌گیری مقدار قندهای احیاءکننده در شکل 7 آمده است. وجود قندهای احیاءکننده در فرمولاسیون کیک به دلیل شرکت واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی در تشکیل پوسته مطلوب و تولید عطر و طعم در کیک نقش مهمی دارد (Kocer *et al.*, 2006). سفیده تخم‌مرغ به دلیل داشتن گلوکز در این عملکرد نقش مهمی ایفا می‌کند. نتایج اندازه‌گیری مقدار قندهای احیاءکننده در کیک نشان داد که کیک تهیه شده از سفیده تخم‌مرغ نسبت به بقیه نمونه‌ها به‌طور

کمترین مقدار قند احیاء کننده مربوط به کیک تهیه شده از زرده خالص بود.



شکل 7- اثر تیمارهای مختلف و افزودن امولسیفایرهای ژلی بر مقدار قندهای احیاء کننده.

نتایج میانگین سه تکرار بوده، بازه‌های خطا معرف انحراف معیار استاندارد و حروف لاتین غیرمشابه بیانگر معنی دار بودن تفاوت میانگین ها در سطح $p < 0.05$ آماری است.

کیک بهبود زیادی یافت. کیک‌های تهیه شده از امولسیفایرهای ژلی مورد استفاده نسبت به نمونه کنترل دارای بافت نرم‌تری بودند و بافت نرم خود را در تمام طول مدت ماندگاری حفظ کردند. نهایتاً می‌توان با جایگزینی زرده تخم‌مرغ با امولسیفایرهای مناسب و نوظهور در صنعت کیک ضمن مهار عیوب ناشی از اسیدیته و پراکسید چربی، ضمن کاهش کلسترول محصولات رژیمی فاقد کلسترول با خواص حسی و کیفی بهبود یافته ارائه داد.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصله از این پژوهش نشان داد که با جایگزین کردن زرده تخم‌مرغ با امولسیفایرهای ژلی و به عبارت بهتر امولسیفایرهای فاقد ترکیبات فسفولیپیدی می‌توان اسیدیته چربی در کیک لایه‌ای، که یکی از معضلات صنعتی تولید این نوع کیک‌ها است، را مهار نمود. نتایج این مطالعه همچنین نشان داد که هم راستا با افزودن امولسیفایر ژلی به فرمول کیک ضمن کاهش قابل توجه در اسیدیته چربی کیک، ویژگی‌های فیزیکی خمیر و شکل (حجم، ارتفاع و تقارن) و بافت

منابع

- AACC. American Association of Cereal Chemists. AACC method 10-91. 2000. St. Paul Minnesota.
- Azadmard-Damirchi S. Chemistry and analysis of edible oils and fats. 1st Edition. 2010. Amidi Publications, Tabriz, Iran. [In Persian].
- Bennion E.B and Bamford G.S.T. The Technology of Cake Making, 6th Edition. 1997. Blackie Academic & Professional. London.
- Borneo, R., Aguirre, A. and Leon, A.E. Chia (*Salvia hispanica* L) gel can be used as egg or oil replacer in cake formulation. *Journal of the American Dietetic Association*, 2010. 6: 946-949.
- Gomez M., Ronda F., Caballero P.A., Blanco C.A., Rosell C.M. Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. *Food Hydrocolloids*, 2007, 21:167-173.
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Test method. ISIRI no 3567. 1st Edition, 2005 [in Persian].
- Kocer D., Hicsasmaz Z., Bayindirli A. and Katnas S. A. Bubble and pore formation of the high ratio cake formulation with polydextrose as a sugar- and fat-replacer. 2006. *Journal of Food Engineering* 78:953-964
- McNamara D.J. Dietary cholesterol and atherosclerosis. *BiochimicaetBiophysicaActa*. 2000, 1529: 310-320.
- Nourmohammadi E., Peighambaroudoust S.H. and OladGhaffari A. Feasibility study of low-calorie cake preparation with erythritol and oligo-fructose. *Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology*. 2012, 7(1):85-92. [In Persian].
- Orcajo J., Marcet I., Paredes B. and Diaz M. Egg yolk hydrolyzed granules: characteristics, rheological properties and applications. *Food and Bioproducts Processing*, 2013, 4:457-463.
- Privett O.S., Blank M.L. and Schimit J.A. Studies on the composition of egg lipid. *Journal of Food Science*, 1962, 27(5):463-468.
- Ratnayake W.S., Geera B. and Rybak, D.A. 2012. Effects of egg and egg replacers on yellow cake product quality. *Journal of Food Processing and Preservation*, 36(1):21-29.

- Srivastava A.K., Sudha M.L. and Baskaran V. Studies on heat stabilized wheat germ and its influence on rheological characteristics of dough. 2007. *European Food Research and Technology* 224:365- 372.
- Tattarie N.H. Positional distribution of saturated and unsaturated fatty acids on egg yolk. *Journal of Lipid Research*, 1959, 1(1):60-65.



Investigating the application of gel emulsifiers to reduce fat acidity in layered cake

R. Bazrafshan¹, S. H. Peighambardoust^{2*}, A. Olad Ghaffari³

Received: 2015.09.28

Accepted: 2016.03.27

Introduction: Cake is one of highly consumed products as a breakfast and snack. One of the common industrial concerns in the quality control of bakery products with high amounts of fat, such as layered cakes, is related to lipolytic effects of free fatty acids. Egg yolk due to its possible high free fatty acids, phospholipids and lecithin is regarded as a main reason for possible high fat acidity content in the layer cakes. In addition, because of high cholesterol in the egg yolk, it may increase the possibility of health risk by cardiovascular diseases. Thus, the main objective of this research was to replace egg yolk with different industrial gel emulsifiers so called "Emulgels" to control the fat acidity content in the layer cake.

Materials and methods: Six different formulations were used to prepare cake batters as follows: 1) Control cake with whole egg, 2) Batter with only egg white, 3) Batter with egg white plus Softex emulgel, 4) Batter with egg white plus Golden emulgel, 5) Batter with egg white plus Gilk 60 emulgel and 6) Batter with only egg yolk. In the aforementioned formulations three different industrial emulgels were replaced with egg yolk. Cake batter was prepared with single-stage method according to Gomez et al (2007). Physical properties of batter such as density were measured. Cake physical, chemical, textural and staling properties were analyzed during storage. For this reason, cake volume and height as well as loaf symmetry were characterized. To evaluate cake staling by instrumental method, crumb firmness was measured by universal testing machine (Instron). Cake moisture and water activity, fat acidity and peroxide value were also measured.

Results and discussion: Batter density is a measure of how much air bulbuls can be incorporated during mixing or creaming. Increasing air inclusion into the batter increases the batter volume, and thereby, leads to a decrease in batter density. Results indicated that formulation with all three industrial emulgels had the lowest batter density (1.0-1.25 g/cm³) compared to those (1.5-1.75 g/cm³) of control and treatments with only egg white and egg yolk. Cake formulations with all three industrial emulgels used in this study had the highest cake volume (502-525 cm³/200 g batter) and height (60-69 mm) and the most loaf symmetry (24-33) compared to those (449-491 cm³/200 g batter for volume, 48-57 mm for height, and 15-22 for symmetry) of control/only egg white/only yolk cakes. As mentioned before, application of emulgels increased air incorporation into batter during the mixing process leading to a decreased batter density and thereby, an increased cake volume. Cake with only egg white showed the firmest (1.0-3.5 N) structure compared to other formulations (0.1-0.5 N). The absence of egg yolk as an emulsifier can results in formation of a firm structure. Meanwhile, cakes containing gel emulsifiers all had the softest crumb structure as measured by Instron. Cakes containing gel emulsifiers without egg yolk had softer texture than that of control. Between three different emulges used there was no significant difference in terms of their effect on cake firmness. Results also indicated that crumb firmness increased upon 60 days storage. Nevertheless, this increasing rate was not significant ($p < 0.05$) for batter formulations with gel emulsifiers. Results of moisture determination indicated that cake formulations with all three gel emulsifiers had the highest (17-20%) amount of moisture compared to those (14-16%) of control as well as egg white or yolk prepared cakes. Results indicated that formulations with emulges and egg white had significantly ($p < 0.05$) lower fat acidity (0.35-0.45%) compared to those (0.65-0.80%) with egg yolk in their formulation. It is interesting that cake batters with only egg white had the lowest fat acidity (0.21-0.25 %) between all formulation tested. It can be concluded that the main source to increase fat acidity in layer cake is egg yolk. Although cakes prepared from gel emulsifiers had high fat acidity than those prepared from egg white, but the values were in the acceptable

1 and 2. MSc graduated and Professor, Department of Food Science, College of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz

3. Academic staff member of Food Research Group, Food and Agriculture Research Department, Standard Research Institute, Karaj

(* Corresponding author e-mail: peighambardoust@tabrizu.ac.ir)

range. Fat acidity upon storage up to 60 days remained constant in layer cakes formulated with all emulgels. The results of this study indicated that application of gel emulsifiers instead of egg yolk in the formulation of layer cake leads to produce a product with improved quality and physicochemical properties such as the higher loaf volume, the softer crumb structure, the moister texture, and an increased shelf life while removing the deficiencies attributed to egg yolk.

Keywords: Layer cake; Fat acidity; Emulgel; Gel emulsifier; Quality

تهیه فیلم‌های آنتی‌لیستریایی متیل سلولز، کازئینات سدیم و باکتری لاکتوباسیلوس کازئی PTCC 1608

هدی قیومی¹- محمدعلی نجفی^{2*}- محمد رهنا³- ناصر سلطانی تهرانی⁴

تاریخ دریافت: 1395/09/25

تاریخ پذیرش: 1395/12/25

چکیده

در این تحقیق سعی گردید تا با استفاده از بیوپلیمرهای کازئینات سدیم و متیل سلولز فیلم مناسب جهت کنترل رشد باکتری لیستریا/اینوکوا IBRC-M10799 تهیه گردد. بدین منظور باکتری لاکتوباسیلوس کازئی PTCC1608 به تعداد 10^6 CFU/cm² مستقیماً به محلول سازنده فیلم‌های کازئینات سدیم و متیل سلولز افزوده، سپس در دمای 25 درجه سانتی‌گراد و مدت 24 ساعت خشک شدند. تاثیر باکتری لاکتوباسیلوس کازئی PTCC1608 بر خصوصیات فیلم شامل نفوذپذیری بخار آب، کدورت و مکانیکی ارزیابی شد. همچنین اثر مهارکنندگی فیلم‌ها بر باکتری‌های لیستریا/اینوکوا IBRC-M10799 و نرخ زنده‌مانی لاکتوباسیلوس کازئی PTCC1608 طی 12 روز (در دمای 5 درجه سانتی‌گراد) بررسی گردید. ارزیابی‌های آزمایشگاهی نشان داد حضور باکتری اسید لاکتیک در فیلم‌ها به‌طور معنی‌داری سبب افزایش شفافیت، نفوذپذیری بخار آب و مقدار کشش‌پذیری و همچنین کاهش معنی‌دار مقاومت کششی و مدول الاستیسیته شد. نرخ زنده‌مانی لاکتوباسیلوس کازئی PTCC1608 در فیلم سدیم کازئینات به‌طور معنی‌داری بالاتر بود. بیشترین مقدار نرخ بازداری لیستریا/اینوکوا IBRC-M10799 در فیلم متیل سلولز به‌ترتیب در روزهای چهارم (86%) و دوازدهم (27%) مشاهده گردید ($p < 0/05$). اما از روز هشتم به بعد فیلم زیست‌فعال کازئینات سدیم توانایی مهار بالاتری نشان داد. نتایج این تحقیق نشان داد نوع پلیمر نقش کلیدی در خواص ضد باکتریایی و فیزیکی فیلم زیست فعال دارد.

واژه‌های کلیدی: بیوپلیمر، باکتری اسیدلاکتیک، لیستریا/اینوکوا

مقدمه

از سوی سازمان غذا و دارو آمریکا FDA مجاز و GRAS شناخته شده‌اند. از سویی دیگر مشکلات زیست‌محیطی و دفع زباله‌های پلاستیکی، موجب شد تا استفاده از پوشش‌های خوراکی تجدیدپذیر اهمیت یابند. پوشش‌های خوراکی ترکیبات بیوپلیمری نازکی هستند که از قابلیت مناسبی جهت بسته‌بندی مواد غذایی، Bourtoom (2008) برخوردار بوده و با کاهش سرعت واکنش‌های مضر شیمیایی، فیزیکی و آنزیمی در کنترل عمر انبارمانی موثرند (Falguera *et al.*, 2011). اخیراً کاربرد نگردهای طبیعی در بیوپلیمرهای بسته‌بندی مواد غذایی تحت عنوان بسته‌بندی فعال گسترش پیدا کرده است (Galotto *et al.*, 2015). ترکیب پایه فیلم‌های خوراکی عمدتاً ترکیبات هیدروکلوئیدی می‌باشند که از قابلیت حمل و نگهداری باکتری‌های اسیدلاکتیک (Beristain-Bauza *et al.*, 2016) برخوردارند. از جمله بیوپلیمرهای مورد استفاده در ساخت فیلم، متیل سلولز می‌باشد. این ماده پلی‌ساکارید آنیونی خطی است که از واحدهای (4-β) گلوکزیدی تشکیل و از ترکیب سلولز با هیدروکسیدسدیم و کلریدمتیل ساخته می‌شود. این فیلم حلال در آب بوده و خصوصیات ممانعت‌کنندگی بالایی در برابر اکسیژن و لیپید دارد

طی سال‌های اخیر به دنبال افزایش علاقه مصرف‌کنندگان به غذاهای آماده، مباحث کنترل کیفیت مواد غذایی چشم‌گیرتر شده است. مصرف‌کنندگان، غذاهایی با حداقل فرآوری و حداکثر کیفیت را ترجیح می‌دهند. بنابراین استفاده از نگهدارنده‌های سنتزی مانند کلریدها، نیتريت‌ها، سولفیت‌ها و اسیدهای آلی چون لاکتیک، اسکوربیک و سوربیک رواج یافت (Jayasena *et al.*, 2013). افزودنی‌های سنتزی مانند نیتريت به دلیل اثرات سمی و سرطان‌زایی برای انسان مورد سوال قرار گرفته‌اند، به‌طوری که در برخی از کشورها استفاده از آن را محدود نموده‌اند. استفاده از روش‌های جایگزین مانند کاربرد باکتری‌های اسید لاکتیک و نیز متابولیت‌های ضد میکروبی در بسته‌بندی‌های مواد غذایی مورد توجه قرار گرفته است. این ترکیبات

1، 2، 3 و 4- به ترتیب دانشجو کارشناسی‌ارشد، استادیار، دانشیار و مربی، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه زابل.

(*)مسئول مکاتبات: (Email: najafi413@yahoo.com)
DOI: 10.22067/iftstrj.v1396i0.61074

ساختاری فیلم‌ها و نیز فعالیت ضدلیستریایی فیلم‌های تهیه شده در شرایط آزمایشگاهی تعیین گردید. در این پژوهش باکتری *L. اینوکوا* 10799 به دلیل مشابهت فیزیولوژیکی با لیستریا منوسیتوژنز و غیر بیماری‌زا بودن جایگزین شد (Banada et al., 2007).

مواد و روش‌ها

باکتری *L. کازئی* 1608 از کلکسیون کشت میکروبی ایران و لیستریا *اینوکوا* 10799 از مرکز ملی ذخایر ژنتیکی و زیستی ایران به صورت لیوفلیزه تهیه گردیدند. جهت تکثیر و تهیه سوسپانسیون‌های باکتری *L. کازئی* 1608 (Vescovo et al., 2006) و لیستریا *اینوکوا* 10799 (Castro et al., 2017) به ترتیب از محیط کشت MRS⁵ مایع (لیوفیلکم ایتالیا) و BHI⁶ مایع (لیوفیلکم ایتالیا) استفاده شد. باکتری‌های *L. کازئی* 1608 و لیستریا *اینوکوا* 10799 تلقیح شده در محیط مایع به ترتیب در دمای 30 و 37 درجه سانتی‌گراد، مدت زمان 24 ساعت گرمخانه‌گذاری گردیدند. منحنی رشد جمعیت سوسپانسیون *L. کازئی* 1608 و لیستریا *اینوکوا* 10799 به روش پورپلیت و کدورت‌سنجی در طول موج OD=600 نانومتر (Corcoran et al., 2007) رسم گردید. نمونه‌های کشت باکتریایی *L. کازئی* 1608 (10^6 CfU/ml) و لیستریا *اینوکوا* 10799 (10^2 CfU/ml) با شتاب 3500g به مدت 15 دقیقه سانتریفوژ (Eppendorf 5810، آلمان) و رسوب به دست آمده پس از دو بار شستشو با محلول فسفات بافر سالین⁷ (pH=7) جهت تهیه سوسپانسیون‌های میکروبی مورد استفاده قرار گرفت.

آماده‌سازی فیلم‌ها

جهت تهیه سوسپانسیون سازنده فیلم متیل سلولز مقدار 4 گرم پودر متیل سلولز در آب مقطر استریل در دمای محیط حل، و 1 گرم گلیسرول به محلول فیلم به نسبت 0/25 به 1 وزنی/ وزنی اضافه شد. سپس توسط همزنایزر (اولترا تراکس، T 25، آلمان) با سرعت 13500 دور بر دقیقه به مدت 4 دقیقه همگن گردید. در مرحله بعد هواگیری به کمک پمپ خلا (jencons، انگلستان) در دمای اتاق انجام شد (Sanchez- Gonzalez et al., 2014). جهت تهیه سوسپانسیون سازنده فیلم کازئینات سدیم، مقدار 5 گرم پودر کازئینات سدیم به 100 میلی‌لیتر آب مقطر حاوی 1/5 گرم گلیسرول در دمای 65 ± 5 درجه سانتی‌گراد اضافه و پس از انحلال کامل، دمای سوسپانسیون کازئینات سدیم تا 85 ± 5 درجه سانتی‌گراد افزایش یافت. سوسپانسیون به مدت 1 ساعت در این دما همزده، سپس توسط پمپ

(Aminabhavi et al., 2008)، کازئینات سدیم یکی دیگر از بیوپلیمرهای رایج در ساخت فیلم خوراکی می‌باشد. پروتئین کازئین، رشته‌ای شکل با ساختار مارپیچ تصادفی است و در شیر به صورت میسل حضور دارد. میسل‌های کازئین از بخش‌های آلفا کازئین (46 درصد)، بتا کازئین (34 درصد)، گاما کازئین (7 درصد)، فسفات کلسیم و یون‌های سیترات و منیزیم تشکیل شده‌اند. فیلم حاصل از کازئینات ارزش غذایی، خواص مکانیکی و ممانعت‌کنندگی بالایی در برابر هوا دارد (Schou et al., 2004). تحقیقات نشان داده زمان تاثیر باکتریوسین‌های مورد استفاده در لفاف‌های بسته‌بندی مواد غذایی کوتاه است (Kristo et al., 2008). از روش‌های مهار باکتری‌های بیماری‌زا و فسادزا کاربرد باکتری‌های اسیدلاکتیک می‌باشد (Alegre et al., 2011). به منظور حل این مشکل تلقیح باکتری‌های اسیدلاکتیک به ماتریکس پلیمر ارزیابی گردید. Sanchez-Gonzalez و همکاران (2014) گزارش کردند فیلم‌های سدیم کازئینات و متیل سلولز حاوی لاکتوباسیلوس/اسیدوفیلوس و لاکتوباسیلوس روتری به مدت یک هفته توانایی مهار کامل لیستریا *اینوکوا* را در محیط آزمایشگاهی داشتند. این نوع بسته‌بندی‌ها می‌تواند رویکرد جدیدی در مهار رشد باکتری‌های بیماری‌زا و جایگزین مناسبی برای نگهداری مواد غذایی باشد (Kanmani et al., 2013; Odila Pereira et al., 2016). از مهم‌ترین باکتری‌های بیماری‌زا و فسادزا می‌توان به جنس لیستریا اشاره نمود. این جنس شامل چندین گونه، لیستریا منوسیتوژنز، لیستریا *اینوکوا*¹، لیستریا *ایوانووی*²، لیستریا سیلیگری³ می‌باشد. مهم‌ترین گونه آن لیستریا منوسیتوژنز است این باکتری شرایط فعالیت آبی و دمای پایین را تحمل نموده و می‌تواند مواد غذایی را در طی مراحل آماده‌سازی و بسته‌بندی آلوده نماید. لیستریا منوسیتوژنز همچنین قادر است باعث افزایش تعداد مونوسیت‌های خون، نازائی، سقط جنین و آنسفالیت گردد (Barmpalia el al., 2005). از گونه‌های لاکتوباسیلوس می‌توان به لاکتوباسیلوس *کازئی*⁴ اشاره نمود، این باکتری میله‌ای شکل، هتروفرمانتیکو اختیاری بوده و در محدوده دمایی 10-45 درجه سانتی‌گراد رشد می‌نماید (Vescovo et al., 2006). گزارش شده ترکیبات ضد میکروبی تولید شده توسط لاکتوباسیلوس *کازئی* می‌تواند رشد لیستریا منوسیتوژنز را مهار کند (Martinez et al., 2005). هدف از این پژوهش تهیه فیلم خوراکی جدید بر پایه گنجانیدن لاکتوباسیلوس *کازئی* PTCC1608 (*L. کازئی* 1608) در ماتریکس فیلم‌های کازئینات سدیم و متیل سلولز می‌باشد. در تحقیق پیش رو تاثیر باکتری اسیدلاکتیک بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی، مکانیکی و

1 *Listeria Innocua*

2 *Ivanovii*

3 *Listeria Seeligeri*

4 *Lactobacillus .Casei*

5 de Man, Rogosa and Sharpe
6 Blood Heat Infusion Broth
7 Phosphate Buffer Saline

طبق فرمول (1) و (2) محاسبه گردید (Zheng and Zhu, 2003).

$$(1) \quad \text{نرخ بازداری} = \frac{N_0 - N_1}{N_0} \times 100$$

N_0 : تعداد اولیه کلنی باکتری بیماری‌زا

N_1 : تعداد نهایی کلنی باکتری بیماری‌زا در زمان آزمایش

$$(2) \quad \text{نرخ زنده‌مانی} = \frac{N}{N_0} \times 100$$

N_0 : تعداد اسیدلاکتیک باکتری زنده اولیه

N_1 : تعداد اسیدلاکتیک باکتری زنده در زمان آزمایش

خواص مکانیکی

آزمایشات مکانیکی با استفاده از دستگاه بافت‌سنج (Testometric, M350-10CT، انگلستان) انجام شد. نمونه‌های فیلم متعادل شده در رطوبت نسبی 75% و دمای 5 درجه سانتی‌گراد به شکل مستطیلی به ابعاد 100×5/4 میلی‌متر طبق استاندارد ASTM (ASTM, 2001) D-882 بریده شدند. فاصله بین دو فک دستگاه 50 میلی‌متر و سرعت حرکت فک‌ها 50 میلی‌متر بر دقیقه انتخاب شد. مقاومت کششی (TS)، درصد ازدیاد طول (E%) و مدول الاستیک (EM) برای هر فیلم اندازه‌گیری گردید.

نفوذپذیری به بخار آب³

اندازه‌گیری نفوذپذیری بخار آب فیلم طبق روش Sanchez-Gonzalez و همکاران (2014) با کمی تغییرات انجام گرفت. برای انجام آزمایش از ویال‌های شیشه‌ای با قطر خارجی 2cm استفاده گردید. 10 میلی‌لیتر آب مقطر به داخل ویال افزوده و نمونه‌های فیلم بر روی ویال به کمک پارافilm محکم گردیدند. سپس در دسیکاتور با رطوبت نسبی 75% و دمای 5 درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. انتقال بخار آب فیلم از طریق کاهش وزن فنجان‌ها هر 12 ساعت یک‌بار با ترازوی 0/0001 اندازه‌گیری گردید. با استفاده از شیب منحنی نمودار کاهش وزن بر حسب زمان تقسیم بر مساحت فیلم (A, m^2)، آهنگ انتقال بخار آب (WVTR) محاسبه و نفوذپذیری به بخار آب طبق فرمول (3) محاسبه گردید.

$$(3) \quad \text{نفوذپذیری بخار آب} = \frac{WVTR \times d}{\Delta P}$$

d = ضخامت نمونه فیلم (mm)، ΔP = اختلاف فشار بخار آب در سراسر فیلم (Kpa)

کدورت

جهت تعیین کدورت فیلم‌ها طبق روش (Nu nez-Floraes et

خلا هواگیری شد (Borumand et al., 2011). در ادامه جهت تهیه فیلم زیستی، باکتری *L. کازئی* 1608 طبق روش Sanchez-Gonzalez و همکاران (2013) تکثیر و پس از دو بار شستشو، به ترتیب مقادیر 300 و 240 میکرولیتر از سوسپانسیون *L. کازئی* 1608 به 98 میلی‌لیتر سوسپانسیون کازینات سدیم و متیل سلولوز فیلم افزوده و به مدت 5 دقیقه توسط همزن مخلوط شد. این نسبت با هدف ایجاد 10^6CFU/cm^2 میکروب در فیلم خشک شده انتخاب گردید. سپس محلول فیلم را به داخل ظرف‌های پلاستیکی (25×25 سانتی‌متر) ریخته و در آون با دمای 25 درجه سانتی‌گراد طی مدت 24 ساعت خشک گردیدند. تمامی مراحل انجام کار با تکنیک آسپتیک و در شرایط استریل انجام شد. دانسیته تمامی نمونه‌های فیلم بر حسب وزن خشک $52/2 \text{ g/m}^2$ و متوسط ضخامت فیلم‌های به دست آمده $0/71 \pm 0/05$ میلی‌متر بود. فیلم‌های بدون باکتری اسیدلاکتیک به عنوان فیلم‌های کنترل در نظر گرفته شدند. همه فیلم‌ها قبل از آزمون‌های فیزیکی و مکانیکی به منظور مشروط شدن یک هفته در دسیکاتور با دمای 5 درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی 75% قرار داده شدند (Sanchez-Gonzalez et al., 2014). به منظور تامین رطوبت 75% از محلول فوق اشباع نمک کلرید سدیم استفاده گردید.

فعالیت ضد میکروبی فیلم‌های حاوی *L. کازئی* 1608

فعالیت ضد میکروبی فیلم‌ها طبق روش Kristo و همکاران (2008) انجام گردید. بر این اساس مقدار 50 میکرولیتر از سوسپانسیون باکتری لیستریا/اینوکوا 10799 بر روی محیط کشت TSA¹ تلقیح و کشت سطحی داده شد. تلقیح به گونه‌ای انجام گرفت که غلظت نهایی لیستریا/اینوکوا 10799 در سطح محیط کشت 10^2CFU/cm^2 سلول باشد. سپس فیلم‌های شاهد و زیست فعال بر روی محیط‌های کشت TSA آلوده به باکتری لیستریا/اینوکوا 10799 قرار گرفته و در دمای 5 درجه سانتی‌گراد به مدت 12 روز نگهداری شدند. تعداد باکتری لیستریا و *L. کازئی* 1608 در روزهای صفر، 4، 8 و 12 شمارش گردیدند. نمونه‌ها در شرایط کاملاً استریل به همراه 100 میلی‌لیتر فسفات بافر سالین به کیسه استومیکر انتقال داده و به مدت 2 دقیقه توسط دستگاه استومیکر همگن و رقت‌های متوالی تهیه گردید. در نهایت کشت میکروبی بر روی محیط کشت MRS آگار برای *L. کازئی* 1608 و PALCAM² آگار برای لیستریا/اینوکوا 10799 انجام گرفت. پلیت‌ها به مدت 48 ساعت در دمای 37 درجه سانتی‌گراد گرمخانه‌گذاری و بعد از 48 ساعت شمارش انجام گردید. تمامی آزمون‌های میکروبی در سه تکرار انجام شدند. نرخ بازداری باکتری لیستریا/اینوکوا 10799 و زنده‌مانی *L. کازئی* 1608 به ترتیب

1 Tryptone Soy Agar

2 Palcam Listeria-Selective

al., 2012) عمل گردید بر این اساس ابتدا نمونه فیلم به شکل مستطیل در ابعاد $1/5 \times 0/7$ سانتی متر بریده و داخل سل اسپکتروفتومتری (cecil، انگلستان) قرار داده شدند. مقدار جذب در طول موج 650 نانومتر و در سه تکرار اندازه گیری گردید. کدورت فیلم های مختلف از تقسیم طیف جذب بر ضخامت فیلم (mm) طبق فرمول (4) محاسبه شد.

(4) ضخامت فیلم (میلی متر) / جذب (650 نانومتر) = کدورت

ریز ساختار SEM

برای بررسی ریز ساختار از میکروسکوپ الکترونی طبق روش Seyedی و همکاران (2014) با کمی تغییر استفاده شد. ابتدا فیلم در ازت مایع منجمد و سپس خرد و سپس بروی پایه آلومینیومی چسبانده شد. در نهایت نمونه های فیلم با لایه نازکی از طلا پوشانده و با استفاده از دستگاه میکروسکوپ الکترونی (KYKY، 3200) باولتاژ 26 کیلووات (KV) تصاویر تهیه شدند.

تجزیه و تحلیل آماری داده ها

آزمون ها در قالب طرح کاملا تصادفی با آرایش فاکتوریل و با سه تکرار انجام شد و تجزیه و تحلیل اختلاف ها توسط نرم افزار SAS نسخه 9/1 تعیین شد. مقایسه میانگین داده های فیزیکی و میکروبی به ترتیب به کمک آزمون دانکن و توکی انجام شد.

نتایج و بحث

نرخ زنده ماندن ل. کازئی 1608 و فعالیت ضد میکروبی فیلم ها در برابر لیستریا اینوکوا/10799

مقایسه میانگین های نرخ زنده ماندن ل. کازئی 1608 و نیز اثر بازدارندگی لیستریا اینوکوا/10799 فیلم های تهیه شده در شکل 1 آورده شده است. آنالیز داده ها نشان دادند نرخ زنده ماندن ل. کازئی 1608 در فیلم سدیم کازئینات نسبت به متیل سلولز به صورت معنی داری بیشتر بوده است ($p < 0/05$). مقایسه روند تغییرات نرخ زنده ماندن نیز تفاوت هایی را نشان می دهد که بیشترین نرخ زنده ماندن ل. کازئی 1608 در فیلم های کازئینات سدیم و متیل سلولز به ترتیب در روزهای هشتم ($123/8\%$) و اول (100%) مشاهده گردید. در مجموع کمترین نرخ زنده ماندن در فیلم متیل سلولز و در روز دوازدهم 81% دیده شد ($p < 0/05$). بالا بودن توانایی زنده ماندن لاکتوباسیلوس ها در ماتریکس پروتئینی می تواند به دلیل ظرفیت بافری بالا و تامین مواد مغذی (پپتید و آمینو اسید) باشد (Leonard et al., 2014). در همین راستا Sanchez-Gonzalez و همکاران (2014) بیان کردند توانایی زنده ماندن لاکتوباسیلوس های اسیدوفیلوس و روتری در ماتریکس

پروتئینی نسبت به بیوپلیمر سلولزی بالاتر است که با نتایج به دست آمده در این تحقیق مطابقت دارد. بررسی تصاویر میکروسکوپ الکترونی SEM (شکل 2) نشان می دهد ل. کازئی 1608 (اجزاء لوبیایی شکل) به طور مناسب در ماتریکس کازئینات سدیم قرار گرفته که می تواند یکی از دلایل بالا بودن توانایی زنده ماندن در این ماتریکس باشد. کاهش نرخ زنده ماندن ل. کازئی 1608 در فیلم کازئینات سدیم از روز هشتم به بعد می تواند به دلیل افزایش استرس اسمزی و تراکم متابولیت های باکتری در محیط اطراف باشد (Kanmani et al., 2013).

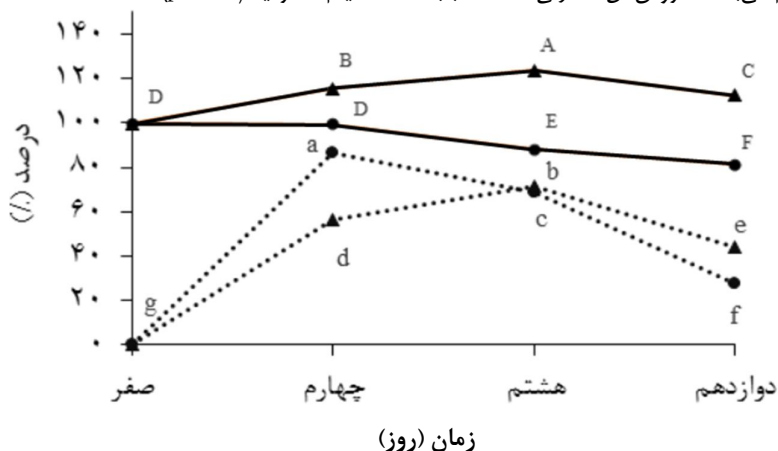
تحلیل داده های مربوط به اثر مهارکنندگی بر روی رشد لیستریا اینوکوا/10799 طی مدت 12 روز و در شرایط آزمایشگاهی (شکل 1) بیانگر آن است که فیلم های متیل سلولز و کازئینات سدیم حاوی ل. کازئی 1608 در تمام روزها دارای اثر مهارکنندگی معنی داری می باشند ($p < 0/05$). به طوری که بیشترین اثر بازدارندگی در روز چهارم و در فیلم متیل سلولز مشاهده گردید ($p < 0/05$). احتمالاً ایجاد تنش در متابولیسم سلولی میکروب باعث افزایش تولید ترکیبات ضد میکروبی (باکتریوسین، اسیدهای آلی هیدروژن پراکسید و...) گردیده است (Gálvez et al., 2007). همچنین کمترین مقدار اثر بازدارندگی لیستریا اینوکوا/10799 در فیلم متیل سلولز و در روز دوازدهم مشاهده شد که با کاهش جمعیت باکتری اسیدلاکتیک در درون فیلم مطابقت دارد (Bevilacqua et al., 2010). از طرفی فیلم سدیم کازئینات از روز هشتم به بعد نرخ بازدارندگی بیشتری نسبت به فیلم متیل سلولز نشان داد ($p < 0/05$). که می تواند ناشی از توانایی بالا زنده ماندن ل. کازئی 1608 در ماتریکس کازئینات سدیم نسبت به متیل سلولز باشد (Leonard et al., 2014). همچنین نتایج حاصل از تحلیل آماری نشان داد فیلم های کنترل هیچ گونه اثر بازدارندگی بر روی رشد لیستریا اینوکوا/10799 ندارند ($p > 0/05$) (نتایج نشان داده نشده است). Gialamas و همکاران (2010) بیان کردند پوشش سدیم کازئینات حاوی لاکتوباسیلوس ساکی سبب مهار 4 سیکل لگاریتمی لیستریا منوسیتوژنز نسبت به نمونه فیلم بدون لاکتوباسیلوس گردید که نشان دهنده تاثیر باکتری های اسیدلاکتیک مهار شده درون پوشش بر باکتری های مولد فساد می باشد

خصوصیات مکانیکی فیلم

همانطور که در شکل 3 نشان داده شده است. نوع فیلم در خصوصیات مکانیکی تاثیر معناداری دارد (شکل 3 الف، ب، ج) ($p < 0/05$). به طوری که فیلم متیل سلولز مقاومت کششی $26/9$ مگاپاسکال، مدول الاستیک 480 مگاپاسکال و درصد طول شدن $27/3\%$ بالاتری نسبت به فیلم کازئینات سدیم نشان داد. احتمالاً بالا بودن مقادیر خواص فیزیکی فیلم متیل سلولز نسبت به کازئینات

کاهش مقاومت کششی، مدول الاستیسیته و افزایش کشش پذیری فیلم‌ها گردید ($p < 0/05$).

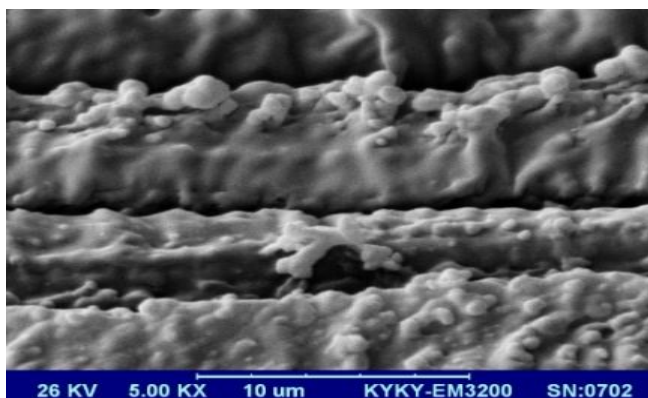
سدیم، همانطور که شکل 4 نشان می‌دهد، می‌تواند ناشی از ساختار یکنواخت و همگن این فیلم می‌باشد. افزودن ل-کازئی 1608 سبب



شکل 1- اثر زمان بر نرخ زنده‌مانی لاکتوباسیلوس کازئی PTCC 1608 (—) و بازدارندگی لیستریا اینوکوا IBRC-M 10799

(.....). ماتریکس کازئینات سدیم (▲) و متیل سلولوز (●)، حروف غیرمشابه بزرگ و کوچک بترتیب بیانگر تفاوت معنی‌دار مقادیر میانگین نرخ

زنده‌مانی لاکتوباسیلوس کازئی PTCC1608 و بازدارندگی لیستریا اینوکوا IBRC-M10799 می‌باشند ($p < 0/05$).



شکل 2- تصویر میکروسکوپ الکترونی از مقطع عرضی فیلم کازئینات سدیم حاوی لاکتوباسیلوس کازئی PTCC1608، با بزرگنمایی 5000x

باعث می‌شود پیوندهای شبکه پلیمر تغییر کرده و در نتیجه ساختار منسجم ماتریکس متیل سلولوز و به دنبال آن مقاومت مکانیکی کاهش یابد (Chambi et al., 2006).

نفوذپذیری بخار آب فیلم

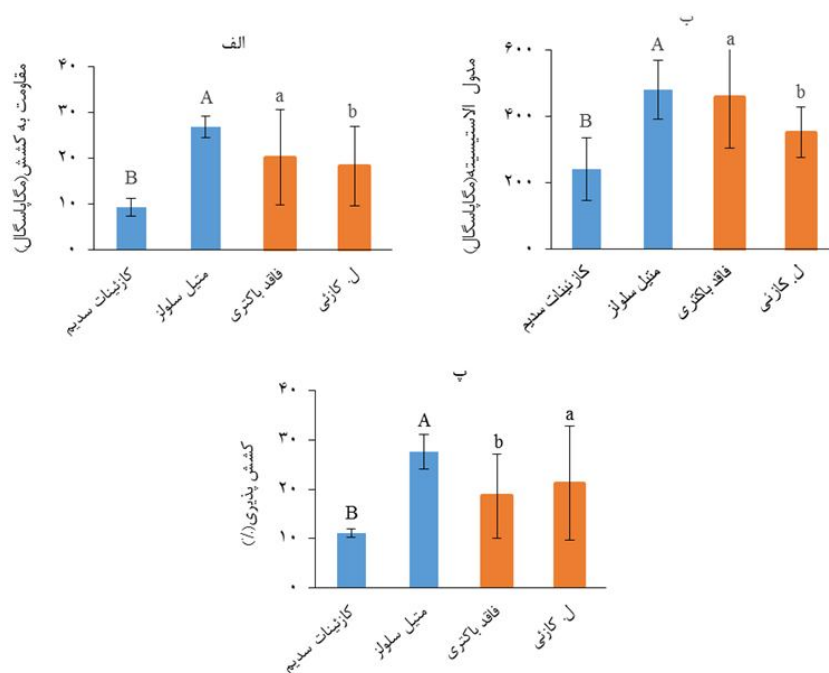
نفوذپذیری به بخار آب یکی از مهم‌ترین پارامترهای بیان‌کننده خصوصیات عملکردی فیلم می‌باشد. نتایج حاصل از ارزیابی این ویژگی نشان می‌دهد (شکل 5) نوع فیلم بر مقدار نفوذپذیری به بخار آب تأثیر معناداری دارد ($p < 0/05$). به نحوی که فیلم کازئینات سدیم

گزارشات متعددی در دست است که نشان می‌دهند حضور لاکتوباسیلوس در ماتریکس بیوپلیمر سبب کاهش مقاومت به کشش و عدم تغییر مدول الاستیسیته و کشش‌پذیری گردیده است (Odila et al., 2016; Beristain-Bauza et al., 2016). Sanchez-Gonzalez و همکاران (2014) بیان کردند حضور لاکتوباسیلوس/اسیدوفیلوس سبب کاهش مدول الاستیسیته و افزایش کشش‌پذیری در فیلم متیل سلولوز و عدم تغییر خصوصیات مکانیکی در فیلم کازئینات گردید. خصوصیات مکانیکی فیلم‌ها تحت تأثیر ساختار به هم پیوسته ماتریکس فیلم است. احتمالاً تلقیح باکتری

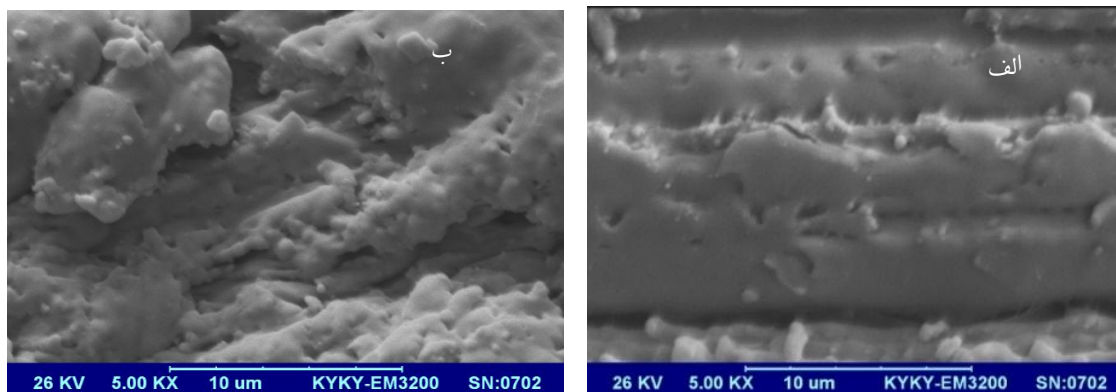
(2014) بیان کردند حضور لاکتوباسیلوس در ساختار فیلم زیستی سبب افزایش نفوذپذیری بخار آب گردیده است. تصاویر SEM (شکل 2 و 6) فیلم‌های زیستی تهیه شده نشان می‌دهد حضور ل. کارژی 1608 در فیلم باعث ایجاد ناپیوستگی‌هایی در ماتریکس گردیده است. این خصوصیت می‌تواند باعث افزایش قابلیت جابه‌جایی زنجیرهای پلیمری و انتقال مولکول‌های آب گردد- Sanchez (Gonzalez *et al.*, 2013).

نفوذپذیری بالاتری نسبت به متیل سلولز دارد. این مهم می‌تواند احتمالا ناشی از تفاوت ساختار ملکولی پلیمرها باشد (Beristain-Bauza *et al.*, 2016).

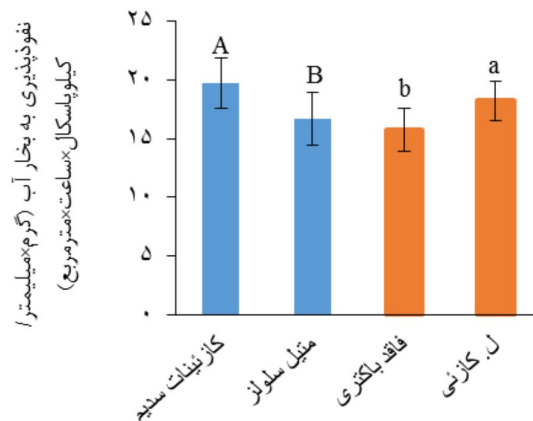
نتایج حاصل از داده‌ها نشان داد حضور ل. کارژی 1608 بر قابلیت نفوذپذیری بخار آب فیلم‌ها تاثیر داشت به‌صورتی که در مقایسه با نمونه‌های فاقد میکروب به‌طور معنی‌داری باعث افزایش مقدار نفوذپذیری به بخار آب گردید. Sanchez-Gonzalez و همکاران



شکل 3 - اثر نوع فیلم (■) و باکتری لاکتوباسیلوس کارژی PTCC 1608 (■) بر مقدار نفوذپذیری به بخار آب نمونه‌های فیلم. حروف بزرگ و کوچک غیرمشابه بالای هر ستون به ترتیب بیانگر تفاوت اثر معنی دار نوع فیلم و حضور باکتری لاکتوباسیلوس کارژی PTCC 1608 می‌باشند ($p < 0/05$).



شکل 4- تصویر میکروسکوپ الکترونی از مقطع عرضی فیلم متیل سلولز (الف) و کارژینات سدیم (ب) با بزرگنمایی 5000x.

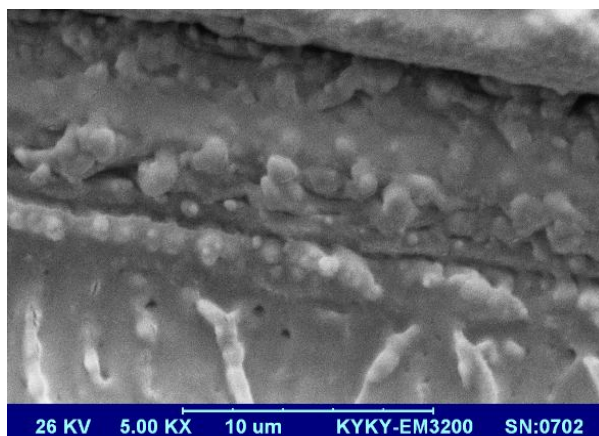


شکل 5 - اثر نوع فیلم (■) و باکتری لاکتوباسیلوس کازنی PTCC 1608 (■) بر مقدار نفوذ پذیری به بخار آب نمونه های فیلم. حروف بزرگ و کوچک غیر مشابه بالای هر ستون به ترتیب بیانگر تفاوت اثر معنی دار نوع فیلم و حضور باکتری لاکتوباسیلوس کازنی PTCC 1608 می باشند ($p < 0/05$).

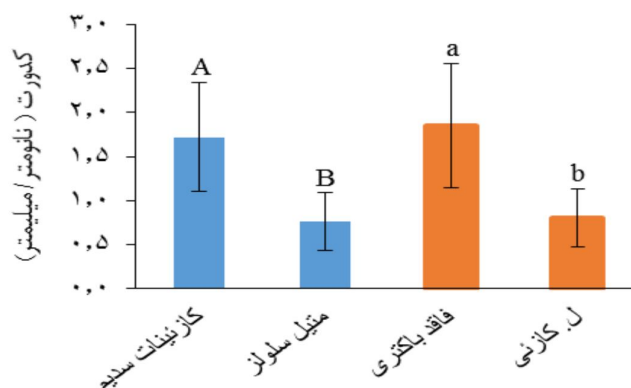
نشان داده شده است. آنالیز داده‌های بدست آمده نشان می‌دهد نوع فیلم در مقدار کدورت تاثیر معنی‌داری دارد ($p < 0/05$). به‌طوری‌که فیلم متیل سلولوز نسبت به کازئینات سدیم شفاف‌تر است ($p < 0/05$). بر طبق نظریه Randazzo و همکاران (2016) ساختار یکنواخت و همگن فیلم (شکل 4) می‌تواند سبب شفافیت بیشتر آن گردد.

کدورت

ویژگی کدورت فیلم‌ها به دلیل تاثیر مستقیم بر ظاهر محصولات بسیار مهم است. عواملی چون قابلیت کریستالیزاسیون، اندازه ذرات، نوع و مقدار نرم‌کننده، روش آماده‌سازی و همچنین ضریب انعکاس از مهمترین عوامل موثر در شفافیت فیلم می‌باشد (Fakhouri *et al.*, 2013). نتایج حاصل از ارزیابی کدورت نمونه‌های فیلم در شکل 7



شکل 6- تصویر میکروسکوپ الکترونی از مقطع عرضی فیلم متیل سلولوز حاوی لاکتوباسیلوس کازنی PTCC 1608. با بزرگنمایی 5000x.



شکل 7- اثر نوع فیلم (■) و باکتری لاکتوباسیلوس کازئی PTCC 1608 (■) بر مقدار کدورت نمونه های فیلم. حروف بزرگ و کوچک غیر مشابه بالای هر ستون به ترتیب بیانگر تفاوت اثر معنی دار نوع فیلم و

متیل سلولوز و کازئینات سدیم از پتانسیل مناسبی جهت نگهداری باکتری ل. کازئی 1608 برخوردار بوده و به خوبی دارای فعالیت ضدلیستریایی هستند. هرچند قابلیت زنده ماندن باکتری اسید لاکتیک در ماتریکس کازئینات سدیم بیشتر بود. حضور ل. کازئی 1608 در فرمولاسیون فیلم سبب افزایش شفافیت، افزایش کشش پذیری، کاهش مدول الاستیسیته و مقاومت کششی نسبت به نمونه کنترل گردید. نتایج به دست آمده نشان دادند تهیه لفاف های بسته بندی خوراکی با استفاده از بیوپلیمرهای زیست تخریب پذیر همراه با باکتری های اسید لاکتیک از قابلیت های منحصر بفردی برخوردار است که می تواند در توسعه فیلم های ضد میکروبی، کاهش مشکلات زیست محیطی و نیز افزایش انبارمانی فرآورده های گوشتی موثر باشند.

نتایج به دست آمده در شکل 7 بیانگر آن است که حضور ل. کازئی 1608 باعث کاهش کدورت فیلم ها شده است. Sanchez-Gonzalez و همکاران (2014) تاثیر حضور باکتری اسید لاکتیک بر شفافیت فیلم های خوراکی را بررسی نموده و بیان داشتند حضور باکتری اسید لاکتیک باعث شفافیت بیشتر فیلم می شود که احتمالاً می تواند ناشی از افزایش محتوی رطوبت فیلم می باشد. Kanmani و همکاران (2013) بیان داشتند حضور لاکتوباسیلوس ها در فیلم پلوان/ نشاسته سبب افزایش کدورت گردید که می تواند بدلیل تفاوت فرمولاسیون نوع فیلم ها باشد.

نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان داد فیلم های تهیه شده از پلیمرهای

منابع

- Alegre, I., Viñas, I., Usall, J., Anguera, M. & Abadias, M., 2011, Microbiological and physicochemical quality of fresh-cut apple enriched with the probiotic strain *Lactobacillus rhamnosus* GG. *Food Microbiology*, 28, 59-66.
- ASTM, 2001, Standard test method for tensile properties of thin plastic sheeting. Standard D882 ASTM, Annual book of ASTM, pp. 162-170.
- Aminabhavi, T. M., Balundgi, R. H., & Cassidy, P. E., 2008, A review on biodegradable plastics. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 29, 235-262.
- Banada, P. P., Guo, S., Bayraktar, B., Bae, E., Rajwa, B., Robinson, J. P., & Bhunia, A. K. (2007). Optical forward scattering for detection of *Listeria monocytogenes* and other *Listeria* species. *Biosensors and Bioelectronics*, 22(8), 1664-1671.
- Barmpalia, I. M., Koutsoumanis, K. P., Geornaras, I., Belk, K. E., Scanga, J. A., Kendall, P. A., Smith, G. C. & Sofos, J. N., 2005, Effect of antimicrobials as ingredients of pork bologna for *Listeria monocytogenes* control during storage at 4 or 10 °C. *Food Microbiology*, 22, 205-211.
- Beristain-Bauza, S. C., Mani-López, E., Palou, E., & López-Malo, A., 2016, Antimicrobial activity and physical properties of protein films added with cell free supernatant of *Lactobacillus rhamnosus*. *Food Control*, 62, 44-51.
- Bevilacqua, A., Sinigaglia, M., & Corbo, M. R., 2010, an acid/alkaline stress and the addition of amino acids induce a

- prolonged viability of *Lactobacillus plantarum* loaded into alginate gel. *International Journal of Food Microbiology*, 142(1-2), 242-246.
- Bourtoom, T., 2008, Edible films and coatings: characteristics and properties. *International Food Research Journal*, 15(3), 237-248.
- Broumand, A., Emam-Djomeh, Z., Manouchehr, H., & Razavi, S. H., 2011, Antimicrobial, water vapour permeability, mechanical and thermal properties of casein based *Zataria multiflora* Boiss. Extract containing film. *LWT - Food science and Technology*, 44, 2316-2323.
- Castro, K. A.D.F., Moura, N. M.M., Fernandes, A., Faustino, M. A. F., Simoes, M. M.Q., Cavaleiro, J. A.S., Nakagaki, S., Almeida, A., Cunha, A., Silvestre, A. J.D., Freire, C. S.R., Pinto, R. J.B., & Neves, M. d. G. P.M.S., 2017, Control of *Listeria innocua* biofilms by biocompatible photodynamic antifouling chitosan based materials. *Dyes and Pigments*, 137, 265-276.
- Chambi, H., & Grosso, C., 2006, Edible films produced with gelatin and casein cross linked with transglutaminase. *Food Research International*, 39, 458-466.
- Corcoran, B. M., Stanton, C., Fitzgerald, G. F. & Ross, R. P., 2007, Growth of probiotic lactobacilli in the presence of oleic acid enhances subsequent survival in gastric juice. *Microbiology*, 153, 291-299.
- Fakhouri, F. M., Costa, D., Yamashita, F., Martelli, S. M., Jesus, R. C., & Alganer, K., 2013, Comparative study of processing methods for starch/gelatin films. *Carbohydrate Polymers*, 95(2), 681-689.
- Falguera, V., Quintero, J. P., Jiménez, A., Muñoz, J. A., & Ibarz, A., 2011, Edible films and coatings: structures, active functions and trends in their use. *Trends in Food science & Technology*, 22(6), 292-303.
- Galotto, M. J., Guarda, A., & Lopez de Dicastillo, C., 2015, Antimicrobial active polymers in food packaging. In G. Cirillo, F. Iemma, & U. G. Spirizzi (Eds.), *Functional polymers in food science* (1st ed.). *New Jersey, USA: scrivener Publishing Editorial*.
- Galvez, A., Abriouel, H., Lopez, R. L., & Ben Omar, N., 2007, Bacteriocin-based strategies for food biopreservation. *International Journal of Food Microbiology*, 120(1-2), 51-70.
- Gialamas, H., Zinoviadou, K. G., Biliaderis, C. G. & Koutsoumanis, K. P., 2010, Development of a novel bioactive packaging based on the incorporation of *Lactobacillus sakei* into sodium-caseinate films for controlling *Listeria monocytogenes* in foods. *Food Research International*, 43, 2402-2408.
- Jayasena, D. D., & Jo, C., 2013, Essential oils as potential antimicrobial agents in meat and meat products: A review. *Trends in Food science & Technology*, 34, 96-108.
- Kanmani, P., & Lim, S. T., 2013, Development and characterization of novel probiotic residing pullulan/starch edible films. *Food Chemistry*, 141, 1041-1049.
- Kristo, E., Koutsoumanis, K. P. & Biliaderis, C. G., 2008, Thermal, mechanical and water vapor barrier properties of sodium caseinate films containing antimicrobials and their inhibitory action on *Listeria monocytogenes*. *Food Hydrocolloids*, 22, 373-386.
- Léonard, L., Degraeve, P., Gharsallaoui, A., Saurel, R. & Oulahal, N., 2014, Design of biopolymeric matrices entrapping bioprotective lactic acid bacteria to control *Listeria monocytogenes* growth: Comparison of alginate and alginate-caseinate matrices entrapping *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* cells. *Food Control*, 37, 200-209.
- Martinez, R. C. R. & De Martinis, E. C. P., 2005, Evaluation of bacteriocin-producing *Lactobacillus sakei* 1 against *Listeria monocytogenes* 1/2a growth and haemolytic activity. *Brazilian Journal of Microbiology*, 36, 83-87.
- Núñez-Flores, R., Gimenez, B., Fernandez-Martín, F., Lopez-Caballero, M. E., Montero, M. P., & Gomez-Guillen, M. C., 2012, Role of lignosulphonate in properties of fish gelatin films. *Food Hydrocolloids*, 27(1), 60-71.
- Odila Pereira, J., Soares, J., Sousa, S., Raquel Madureira, Ana. Gomes, Ana. & Pintado, M., 2016, Edible films as carrier for lactic acid bacteria. *LWT - Food science and Technology*, 73, 543-550.
- Randazzo, W., Jimenez-Belenguer, A., Settanni, L., Perdonés, A., Moschetti, M., Palazzolo, E., Guarrasi, V., Vargas, M., Antonietta German, M., & Moschetti, G., 2016, Antilisterial effect of citrus essential oils and their performance in edible film formulations. *Food Control*, 59, 750-758.
- Sánchez-González, L., Quintero Saavedra, J. I. & Chiralt, A., 2013, Physical properties and antilisterial activity of bioactive edible films containing *Lactobacillus plantarum*. *Food Hydrocolloids*, 33, 92-98.
- Sánchez-González, L., Quintero Saavedra, J. I. & Chiralt, A., 2014, Antilisterial and physical properties of biopolymer films containing lactic acid bacteria. *Food Control*, 35, 200-206.
- Seyedi, S., Koocheki, A., Mohebbi, M., & Zahedi, Y., 2014, *Lepidium perfoliatum* seed gum: A new source of carbohydrate to make a biodegradable film. *Carbohydrate Polymers*, 101, 349-358.
- Schou, M., Longares, A., Montesinos-Herrero, C., Monahan, F. J., O'Riordan, D., & O'Sullivan, M., 2004, Properties of edible sodium caseinate film and their application as food wrapping. *LWT- food science and technology*, 38, 605-610.
- Vescovo, M., Scolari, G., & Zacconi, C., 2006, Inhibition of *Listeria innocua* growth by antimicrobial-producing lactic acid cultures in vacuum-packed cold-smoked salmon. *Food Microbiology*, 23, 686-693.
- Zheng, L. Y., & Zhu, J. F., 2003, Study on antimicrobial activity of chitosan with different molecular weight. *Carbohydrate Polymers*, 54(4), 527-530.



Preparation of anti-*Listeria* films by using methyl cellulose, sodium caseinate biopolymers and *Lactobacillus casei* PTCC 1608

H. Ghayoomi¹, M. A. Najafi^{1*}, N. Soltani Tehrani¹, M. Rahnama²

Received: 2016.11.15

Accepted: 2017.03.15

Introduction: The environmental problems of plastic materials have increased the importance of renewable edible films. In the manufacture of edible films, hydrocolloid compounds such as methyl cellulose and sodium caseinate are usually employed. Methyl cellulose is a biopolymer, soluble in water, and has substantial inhibitory properties against oxygen and lipids. Sodium caseinate has favorable mechanical properties and a high inhibitory effect on air transmission. Furthermore, it possesses good nutritional value. One of the most notorious pathogenic bacteria in food is the *Listeria spp.* which hastens food decay. *Listeria monocytogenes* is one of the most harmful species of bacteria that causes disease in humans. Lactic acid bacteria can inhibit the growth of cells that cause decay in food. The use of lactic acid bacteria in food has been made legal by the Food and Drug Administration of the United States of America (FDA). In this study, *Lactobacillus casei* PTCC1608 (*L. casei* 1608) was added directly to the film forming solution. The primary effect of *L. casei* 1608 and film type, i.e. sodium caseinate and methylcellulose polymers, were evaluated based on mechanical properties, water vapor permeability (WVP) and the opacity of films. Anti-listeria features of the films were studied under experimental conditions as the films were prepared against the growth of *Listeria innocua* IBRC-M10799 (*L. innocua* 10799). The *L. innocua* 10799 was selected because of its non-pathogenicity and its physiological similarity with *Listeria monocytogenes*.

Materials and methods: *L. casei* 1608 and *L. innocua* 10799 were purchased from credible organizations. The bacteria were prepared as lyophilization form. In order to propagate and prepare bacterial suspensions of *L. casei* 1608 and *L. innocua* 10799, the cells were inoculated in the de Man Rogosa Sharpe Broth (MRS Broth, Liofilchem, Italy) and Blood Heat Infusion broth medium (BHI, Liofilchem, Italy), respectively. The cultures were then incubated at temperatures between 30 and 37°C, respectively, for 24 hour. The cells were harvested after centrifugation for 15 minutes at 3500 rpm (Eppendorf 5810 model, Germany). The collected medium was washed twice with a saline buffer solution. The population growth curve of *L. casei* 1608 and *L. innocua* 10799 were obtained using the pour plate method and by using the UV-VIS spectrophotometer device (Cecil model, England) at OD= 600nm. In order to prepare the film formation solution of methyl cellulose (CAS 9004-67-5, Sigma-Aldrich, Madrid, Spain), four grams of powder and 1 g of glycerol were mixed with 100 ml sterilized distilled water. After homogenization and degassing, the film forming solution was transferred to the plastic container. To prepare the film formation solution of sodium caseinate, 5 g of sodium caseinate powder (CAS 9005-46-3, Sigma-Aldrich, Madrid, Spain) was added to distilled water along with 1.5 g of glycerol. The solution was planned to reach 100 ml and, after complete dissolution, the film formation solution warmed up to 85°C and then cooled. To prepare the bio-film, *L. casei* 1608 was added to the film forming solution until the number of *L. casei* 1608 in the dried film reached 10⁶ CFU/cm². The film formation solutions were transferred to plastic containers and were dried at 25°C for 24 hours. All films were placed in a desiccator at 25°C and 75% RH for one week. In order to evaluate the anti-listeria activity, the bio-films were put on tryptic soya agar (TSA) medium, inoculated with *L. casei* 1608 (10² CFU / cm²) for 12 days at 5°C. The number of pathogenic bacteria and *L. casei* 1608 were counted on days 0, 4, 8 and 12. Also, the prepared films were evaluated according to the ASTM D-882 (ASTM, 2001) as per the ASTM D-882 instruction manual (Testometric, Model M350-10CT, UK). WVP was determined according to the ASTM-96-95. The opacity of the films were assessed by using the spectrophotometric apparatus according to the method described by Nu nez-Flores *et al.* (2012). Comparing the mean values of data was based on a factorial experiment in a completely randomized design (CRD) with three replications, by the SAS software version 9.1. The chemical and microbial mean values were calculated using Duncan's and Tukey's tests, respectively.

1. Food Science and Technology Department, Faculty of Agriculture, Zabol University, Bonjar Ave, Zabol, Iran

2. Health and Food Quality Control Department, Faculty of Veterinary, Zabol University, Bonjar Ave, Zabol, Iran

(*Corresponding author: E-mail addresses: m.najafi413@uoz.ac.ir, Najafi413@yahoo.com)

Results & Discussion: Data analysis showed that the bio-caseinate film hosted the highest survival rate of *L. casei* 1608 on the eighth day of culture (123.8%) when *L. casei* was concurrently present with *L. innocua* 10799. Analysis of data by the bio-methyl cellulose film showed that the strongest inhibitory effect on the growth rate of *L. innocua* 10799 was observed on the fourth day of the 12-day experimental duration ($P < 0.05$). Furthermore, the weakest inhibitory effect on the growth rate was observed in pure films ($P > 0.05$). Laboratory evaluations showed that the presence of lactic acid bacteria in films significantly increased the transparency, WVP and amount of elasticity. Nonetheless, a significant decrease in tensile strength and modulus of elasticity was observed. The type of matrix had a significant effect on mechanical properties. By comparing the methyl cellulose matrix and the sodium caseinate, it was observed that the methyl cellulose matrix showed significantly greater elasticity, tensile strength and higher modulus of elasticity while having less WVP and less opacity ($p < 0.05$). The results of this study showed that sodium caseinate and methylcellulose films can exhibit anti-listeria properties when the films contain *L. casei* 1608. Accordingly, these processed films could be used as a suitable method for the storage and packaging of food. The approaches of this study are therefore effective in developing antimicrobial films.

Key words: Biopolymer, Lactic acid bacteria, *L. innocua*

اثر هم افزایی صمغ های دانه ریحان و کتیرا بر ویژگی های کیفی نان بربری نیم پز منجمد

زهره شیخ الاسلامی^{1*} - مهدی کریمی¹ - تکتیم هجرانی² - مهدی قیافه داودی¹ - حامد فاطمیان³

تاریخ دریافت: 1395/12/17

تاریخ پذیرش: 1396/07/30

چکیده

با آگاهی از مضرات افزودنی های شیمیایی تمایل برای مصرف افزودنی های طبیعی افزایش یافته است. این پژوهش با هدف معرفی صمغ های بومی ایران به عنوان یک افزودنی طبیعی در بهبود کیفیت نان بربری نیم پز منجمد انجام شد. صمغ ریحان و کتیرا هر کدام در سه سطح (صفر، 0/3 و 0/5 درصد) در در فرمولاسیون نان استفاده شد. بدین منظور نان بربری به صورت نیم پز تهیه و به مدت 15 روز در در دمای 18°C - سانتی گراد نگهداری شد. پس از رفع انجماد و پخت نهایی آزمون های کیفی، حسی و بافت سنجی انجام گردید. نتایج نشان داد که استفاده همزمان از صمغ ریحان در سطح 0/5 و کتیرا در سطح 0/3 درصد سبب بهبود حجم مخصوص، تخلخل و خصوصیات حسی و کاهش سفتی شدند.

واژه های کلیدی: صمغ دانه ریحان، صمغ کتیرا، نان بربری، نیم پز کردن.

مقدمه

کربوهیدرات ها، فراوان ترین و متنوع ترین رده ترکیبات آلی موجود در طبیعت هستند و به طور وسیعی در صنایع مختلف مورد استفاده قرار می گیرند. امروزه فناوری های مرتبط با کربوهیدرات ها؛ نقش مهمی در تولید محصولات جدید یا بهبود عملکرد محصولات موجود ایفا می کنند. پلی ساکاریدها به عنوان فراوان ترین پلیمرهای آلی از منابع مختلف گیاهی، حیوانی، میکروبی و جلبکی به دست می آیند. عبارت هیدروکلوئید به مجموعه ای از پلی ساکاریدها و پروتئین ها اطلاق می شود که به دلیل عملکردهایی نظیر غلیظ کنندگی، ژل سازی محلول های آبی، پایداری کف ها و ممانعت از تشکیل کریستال شکر و یخ و آزاد کردن کنترل شده عطر و طعم، به طور گسترده در صنایع مختلف به کار می روند (Matuda et al., 2008; Barcenace et al., 2007). صمغ های ترشخی در زمره قدیمی ترین عوامل قوام دهنده و پایدارکننده هستند.

گون ها گیاهانی، یک ساله یا چندساله، علفی یا بوته ای یا نیمه درختچه ای و دارای تیغ یا فاقد آن، دارای ساقه مشخص یا فاقد آن

هستند. از گیاه گون صمغ کتیرا استخراج می شود که از لحاظ اقتصادی بسیار اهمیت دارند زیرا کتیرا مورد مصرف دارویی و صنعتی فراوانی دارد. کتیرا نوعی پلی ساکارید است که شدیدا دارای خاصیت جذب آب است، قدری شیرین می باشد، بی بو و به صورت ملکولی بسیار سنگینی با ساختمان شیمیایی پیچیده است و ساختمان پلی ساکاریدی گسترده ای را از خود نشان می دهد. این ماده علاوه بر عناصر معدنی مانند کلسیم، پتاسیم و منیزیم دارای 70 درصد مواد نامحلول، 10 درصد آب و قندهای اسید گالاکتورونیک، گالاکتوز، فوکوز، آرابینوز و رامنوز می باشد. کتیرا دارای 15 درصد ماده معدنی و 3 درصد نشاسته است (Lapasin and Pricl 1995; Weiping, 2000).

ریحان عضو خانواده نعنائیان است، گونه ای از آن که در ایران گسترش دارد/وسیموم باسیلیکوم (*Ocimum Bacilicum*) می باشد (Hosseini Parvar, 2009) در طب سنتی ایران، از جوشانده و دم کرده دانه و برگ گیاه ریحان برای رفع التهاب مجاری ادراری، رفع درد سینه و ریه ها، رفع زخم معده و سوء هاضمه استفاده می شود، با خیساندن دانه سیاه رنگ ریحان در آب، پریکارپ خارجی به سرعت

3- مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

(Email: shivasheikhholeslami@yahoo.com)

DOI: 10.22067/ifstrj.v0i0.63165

1- بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

2- دانشجوی دکتری، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران.

افزایش زمان ماندگاری نان شده است. این در حالی است که بیشتر افزودنی‌های مصرفی عمدتاً وارداتی و گران قیمت می‌باشند و در نتیجه تهیه آن‌ها برای تولیدکنندگان این بخش از صنعت هزینه‌بر و مستلزم خروج ارز زیادی از کشور است. ضمن اینکه برخی از آن‌ها تا حدودی ماهیت شیمیایی دارند که می‌تواند از نقطه نظر بهداشتی و سلامتی مسئله‌ساز باشند. به همین دلیل لزوم استفاده از ترکیبات طبیعی و بومی به عنوان افزودنی در این بخش از صنعت احساس می‌گردد. از این رو با توجه به نیاز جامعه برای داشتن نان تازه با کیفیت بالا و زمان نگهداری بیشتر و همچنین تمایل مصرف‌کنندگان برای داشتن محصولاتی بدون ترکیبات شیمیایی این پژوهش با هدف معرفی صمغ‌های بومی ایران به عنوان یک افزودنی طبیعی در بهبود کیفیت نان بربری نیم‌پز منجمد انجام شد.

مواد و روش‌ها

آرد مورد استفاده در این پژوهش از کارخانه آرد رضوی، مشهد تهیه شد. ترکیبات شیمیایی آرد ستاره با درجه استخراج 87 درصد و مشخصات (گلوتن مرطوب 26/7 درصد، پروتئین 10/8 درصد، خاکستر 0/79 درصد و رطوبت 10/52 درصد) براساس روش استاندارد (AACC.2000) اندازه‌گیری شد.

خمیر از نوع خشک فعال از کارخانه خمیر مایه رضوی مشهد تهیه گردید. سایر مواد مورد نیاز (نمک بدون ید، شکر، روغن) از شرکت‌های معتبر خریداری شد. دانه ریحان و صمغ کتیرا نیز از بازار محلی شهر مشهد تهیه گردید. صمغ کتیرا آسیاب (آسان توس شرق، ایران) و از الک با مش 70 عبور داده شد. صمغ ریحان مطابق با روش (Mohammad Amini., 2007) استخراج شد. ابتدا دانه به صورت دستی تمیز و ناخالصی آن جدا گردید. جهت استخراج ترکیبات هیدروکلوئیدی دانه ریحان در شرایط بهینه (دمای 37 درجه سانتی گراد، نسبت آب به دانه 37:1، pH=8/5) از دستگاه اکستراکتور از نوع سانتریفوژ سبیدی (dmo412 Hettich، آلمان) استفاده شد. عصاره استخراج‌شده در آن با دمای 60 ± 2 درجه سانتی گراد خشک و سپس آسیاب (مارک آر تیسان، 5000) و الک (مش 50) گردید. پودر حاصله در کیسه‌های پلی‌اتیلنی زیپ‌دار قرار داده شد و تا زمان مصرف در مکانی خشک و خنک نگهداری گردید (Karazhiyan et al., 2010; Sahraian et al., 2013).

تهیه خمیر و نان بربری نیم‌پز

نان بربری نیمه حجیم با فرمولاسیون آرد 100 درصد، چربی 2 درصد، مخمر 0/8 درصد، نمک 1/2 درصد، شکر 0/7 درصد و آب (بر حسب جذب آب فارینوگرافی) تهیه شد و به هر تیمار غلظت‌های متفاوتی از صمغ اضافه شد.

جذب آب کرده و متورم می‌گردد، با توجه به خوراکی بودن دانه ریحان، لایه موسیلاژی تشکیل شده در مواد غذایی نیز قابل استفاده است (Emadzadeh, 2010).

نان مهم‌ترین غذای مصرفی در ایران و جهان است و تأمین‌کننده اصلی ویتامین‌های گروه B، آهن و انرژی است. اما به دلیل کیفیت پایین نان و فرآیند بیاتی بخش اعظمی از آن از بین می‌رود. خواست مصرف‌کنندگان داشتن نان با کیفیت بالا، قیمت مناسب و امکان دسترسی به نان تازه در تمام طول شبانه‌روز است (Lorenzo et al., 2009; Giyanou et al., 2003).

تکنولوژی منجمد کردن از جمله تمهیداتی است که علاوه بر کاهش ضایعات حاصل از بیاتی، آماده‌سازی سریع و رضایت‌مندی مشتری به دلیل دسترسی به نان گرم تازه در هر ساعت از شبانه‌روز مورد استقبال قرار گرفته است (Le Bail and Goff, 2008; Le Bail et al., 2011). اگرچه تهیه نان به صورت منجمد، نگهداری و پس از آن خروج از انجماد تأثیرات مخربی بر ویژگی‌های نان دارد (Rosell et al., 2004; Hejrani et al., 2013). بنابراین استفاده از انواع بهبوددهنده‌های نان مثل امولسیفایرها، اکسیدان‌ها و هیدروکلوئیدها می‌تواند بدون هیچ اثر منفی برای کاهش این تأثیرات استفاده شود (Matuda et al., 2008; Skara et al., 2013).

Sheikhholeslami و همکاران (1396) در پژوهشی تأثیر صمغ بالنگو و کتیرا بر ویژگی کیفی و حسی نان بربری نیم‌پز منجمد بررسی کردند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که صمغ کتیرا تأثیر بیشتری بر کاهش سفتی، افزایش حجم مخصوص، تخلخل و ویژگی‌های حسی نان بربری نیم‌پز منجمد و صمغ بالنگو تأثیر بیشتری بر افزایش رطوبت داشت. استفاده همزمان صمغ کتیرا و بالنگو در سطح 0/3 درصد بهترین تأثیر را بر بهبود ویژگی‌های کیفی و حسی نان بربری نیم‌پز منجمد داشت.

Lorenzo و همکارانش (2009) تأثیر هیدروکلوئیدهای HPMC و مخلوط گزانتان گوار و گزانتان / HPMC را بر ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر منجمد و سرد شده (بدون گلوتن و تخمیر شده) مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که ترکیب صمغ گزانتان و HPMC باعث بهبود ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر منجمد و کیفیت محصول نهایی بعد از انجماد شد.

Hejrani و همکاران (2016) اثر صمغ گوار و گزانتان در ترکیب با آنزیم آمیلاز و لیپاز را بر روی نان بربری نیم‌پز منجمد بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که استفاده از صمغ گوار در سطح 0/4 درصد در ترکیب با آمیلاز و لیپاز در مقایسه با گزانتان تأثیر بیشتری بر بهبود حجم مخصوص، تخلخل، رنگ و کاهش سفتی نان بربری نیم‌پز منجمد داشت.

امروزه در غالب کشورهای دنیا برای افزایش کیفیت محصولات پخت از انواع افزودنی‌ها استفاده می‌شود که سبب بهبود کیفیت و

کامپیوتر ذخیره و به‌وسیله نرم‌افزار imageJ و با فعال کردن قسمت 8 بیت، به‌صورت تصاویر خاکستری درآمده و سپس با فعال کردن گزینه دودویی نرم‌افزار تصویر به‌صورت نقاط تیره و روشن درآمد که محاسبه نسبت نقاط روشن به نقاط تیره به‌عنوان شاخص میزان تخلخل نان برآورده شد (Wilderjans et al., 2008).

خصوصیات حسی

خصوصیات حسی نان توسط 10 داور از بین افراد آموزش‌دیده (مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی) مطابق با آزمون مثلی و روش Gacula & Singh (1984) انتخاب گردیدند به روش آزمون هدونیک 5 نقطه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفت (Gacula & Singh, 1984).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از طرح کامل تصادفی با آرایش فاکتوریل و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح آماری $p < 0/05$ و $p < 0/01$ انجام گرفت. برای مقایسه میانگین و رسم نمودارها از نرم‌افزار SPSS نسخه 19 استفاده شد. آزمون‌ها در سه تکرار انجام شد.

نتایج و بحث

رطوبت

بررسی میزان رطوبت در نان بربری نیم‌پز منجمد نشان داد که استفاده از صمغ ریحان و کتیرا در سطح 0/5 درصد بیشترین رطوبت را در نان حاصل نمود. همین روند را می‌توان در اثر متقابل صمغ‌ها مشاهده کرد به‌طوری‌که استفاده هم‌زمان ریحان و کتیرا بیشترین میزان رطوبت در سطح 0/5 درصد صمغ‌ها به‌دست آمد و کمترین میزان رطوبت در نمونه شاهد بود. مقایسه نان بربری نیم‌پز منجمد شاهد با نان‌های حاوی صمغ نشان داد که استفاده از صمغ‌های ریحان و کتیرا به‌خوبی توانسته است رطوبت را در مدت زمان نگهداری به‌صورت منجمد حفظ کند و از دست رفتن رطوبت در حین نگهداری جلوگیری کند. در کل در راستای افزایش میزان رطوبت محصولات صنایع پخت حاوی انواع مختلف صمغ باید گفت که صمغ‌ها به دلیل طبیعت آبدوست خود با آب برهمکنش می‌دهند و سبب کاهش انتشار آب و پایداری حضور آن در سیستم می‌شوند و از این طریق در افزایش جذب آب و حفظ رطوبت نمونه‌های تولیدی در حین فرآیند پخت و نگهداری مؤثر است. همچنین دلیل افزایش رطوبت با استفاده از صمغ وجود گروه‌های هیدروکسیل در ساختار هیدروکلوئیدها است که باعث واکنش بیشتر آنها با آب از طریق پیوندهای هیدروژنی می‌شود. این امر ظرفیت نگهداری رطوبت را در دوره‌ی ماندگاری نان نیم‌پز منجمد

کلیه ترکیبات نان به‌وسیله خمیرگیر اسپیرال آزمایشگاهی مدل M80 (ایتالیا) به مدت 7 دقیقه مخلوط شد. پس از آن در انکوباتور مجهز به کنترل رطوبت در دمای 47 درجه سانتی‌گراد با 88 درصد رطوبت تخمیر به مدت زمان 45 دقیقه انجام گرفت. به‌منظور نیم‌پز کردن نمونه‌ها در فر آزمایشگاهی گردان (Zuccheli forni، ایتالیا) با درجه حرارت 210°C به مدت 7 دقیقه تا انجام مرحله تثبیت و شکل‌گیری بافت مغز نان قبل از آغاز واکنش‌های تشکیل رنگ پوسته نیم‌پخت انجام شد. سپس در دمای محیط (25°C) نمونه‌ها سرد و در بسته‌های پلی اتیلنی بسته‌بندی گردید و در دمای 26- درجه سانتی‌گراد در بلاست فریزر (R507A، Munze، آلمان) و به مدت 15 روز در فریزر با دمای 18- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. پس از این مدت نمونه از فریزر خارج و یخ‌زدایی در دمای محیط انجام و پخت کامل در دمای 260 درجه سانتی‌گراد و زمان 8 دقیقه انجام گردید (Barcenas and Rosell, 2007).

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی نان

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نان نیم‌پز منجمد ارزیابی شد. رطوبت نان مطابق استاندارد AACC (2000) شماره 44-15-01 تعیین گردید. اندازه‌گیری میزان فعالیت آبی با استفاده از دستگاه سنجش فعالیت آبی (Novasina ms1-aw، Axair Ltd، سوئیس)، در دمای 25 درجه سانتی‌گراد دو ساعت بعد از پخت نهایی انجام شد. برای اندازه‌گیری حجم از روش جایگزینی دانه ارزن مطابق استاندارد AACC (2000) شماره 10-05 استفاده شد و حجم مخصوص از تقسیم حجم به وزن محاسبه گردید.

آنالیز بافت

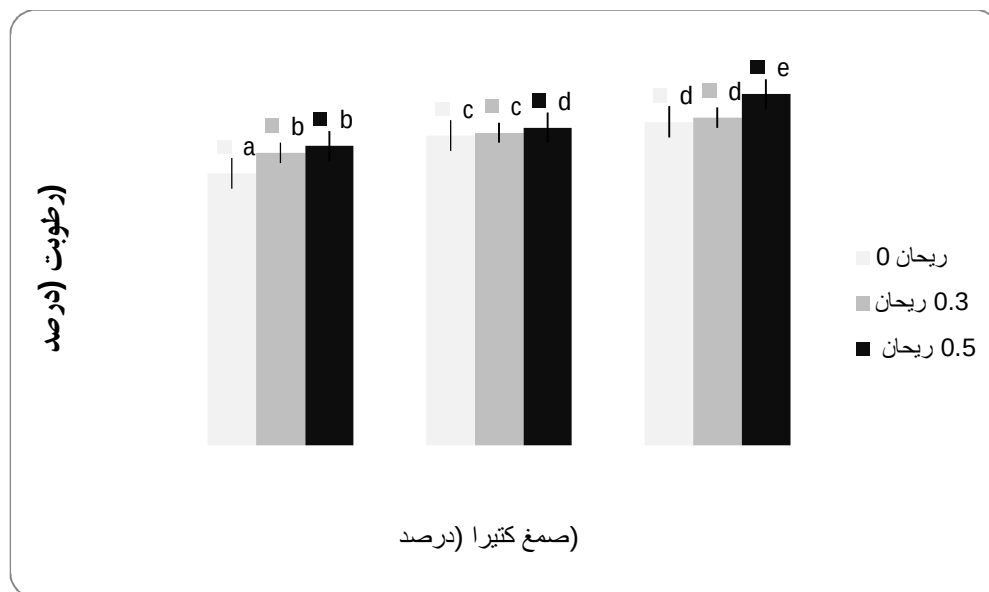
بافت نان بربری نیم‌پز منجمد تهیه شده با صمغ کتیرا و بالنگو با استفاده از آزمون نفوذ ارزیابی شد. آزمون بافت سنجی با استفاده از دستگاه بافت سنج (Universal، CNS farnell، انگلیس) که متصل به کامپیوتر بود با نرم‌افزار texture prob انجام گردید. این دستگاه متصل به یک پروب استوانه‌ای با قطر 10 میلی‌متر است. برای محاسبه آزمون نفوذ نمونه تهیه شده زیر پروب بر روی یک صفحه سوراخ‌دار قرار گرفت و نیروی لازم برای سوراخ کردن نان نیم‌پز به‌عنوان سفتی محاسبه شد، سرعت حرکت کاوشگر 30 میلی‌متر در دقیقه و نقطه شروع 0/5 (نیوتن) بود (Pourfarzad et al., 2009). این آزمون در سه تکرار از سه قسمت متفاوت نان انجام شد.

تخلخل

برای اندازه‌گیری تخلخل مغز نان از روش پردازش تصویر استفاده شد. بدین منظور قطعه 25 (میلی‌متر) از قسمت میانی مغز نان بریده شد، عکس آن به‌وسیله اسکنر (HP 48/50، چین) تهیه شد و در

افزایش رطوبت نان بربری نیم پز منجمد شد. Hejrani و همکاران (2016) نیز در نتایج پژوهش خود نشان دادند که افزودن صمغ گوار و گزانتان سبب افزایش رطوبت در نان بربری نیم پز منجمد شد.

افزایش می‌دهد (Rosell, et al., 2001; Guarda, et al., 2004). در همین راستا Sheikholeslami و همکاران (1396) در نتایج پژوهش خود نشان دادند که استفاده از صمغ بالنگو و کتیرا سبب



شکل 1- اثر متقابل صمغ ریحان و کتیرا بر میزان رطوبت

تأثیر آنها بر ازدیاد قوام و استحکام محیط داخلی خمیر و افزایش الاستیسیته دانست که به موجب آن سلول‌های گازی نمی‌توانند به خوبی به هم متصل شده، رشد کنند و در افزایش حجم محصول و نهایتاً حجم مخصوص محصول تأثیر مثبت داشته باشند (Bell, 1990) در مطالعات Bårçenas و Rosell همکاران (2007) و هجرانی و همکاران (1394) نتایج مشابهی را از افزودن صمغ در افزایش حجم نان نشان دادند.

تخلخل

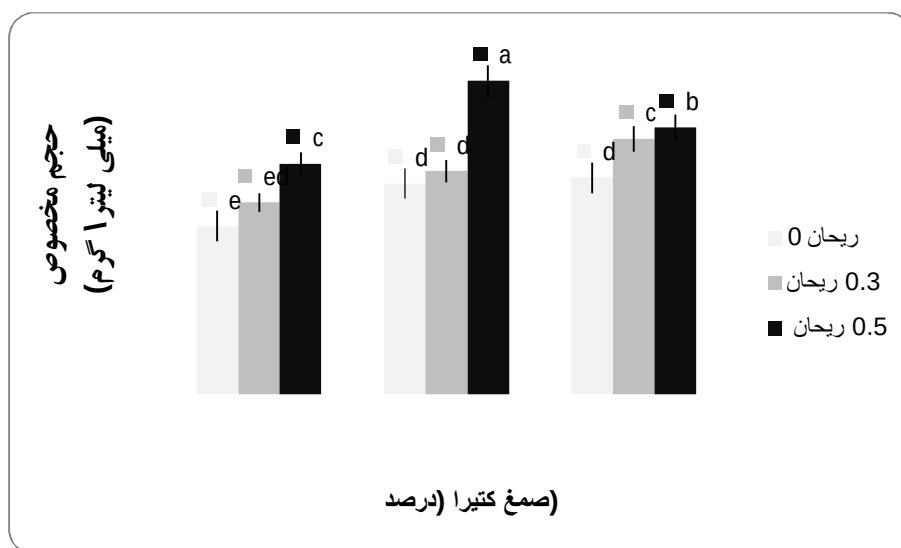
میزان تخلخل مغز بافت تحت تأثیر تعداد حفرات موجود در مغز بافت و همچنین نحوه توزیع و پخش این حفرات می‌باشد، که هرچه تعداد حفرات و سلول‌های گازی بیشتر باشد و توزیع و پخش آن‌ها یکنواخت تر صورت گرفته باشد، میزان تخلخل محصول نهایی بیشتر خواهد بود. مطابق با نتایج به دست آمده از آزمون حجم مخصوص، نتایج آزمون تخلخل نیز روند مشابهی داشت. بررسی اثر افزودن صمغ ریحان بر میزان تخلخل نشان داد که بیشترین میزان در سطح 0/5 درصد و کمترین میزان در نمونه شاهد بود. افزودن کتیرا نیز سبب افزایش تخلخل نان در مقایسه با نان شاهد شد، اگرچه با افزایش سطح صمغ تخلخل نیز بیشتر شد اما بین سطح 0/3 و 0/5 درصد تفاوت معنی داری در سطح آماری $P < 0/05$ مشاهده نشد. همان طور

حجم مخصوص

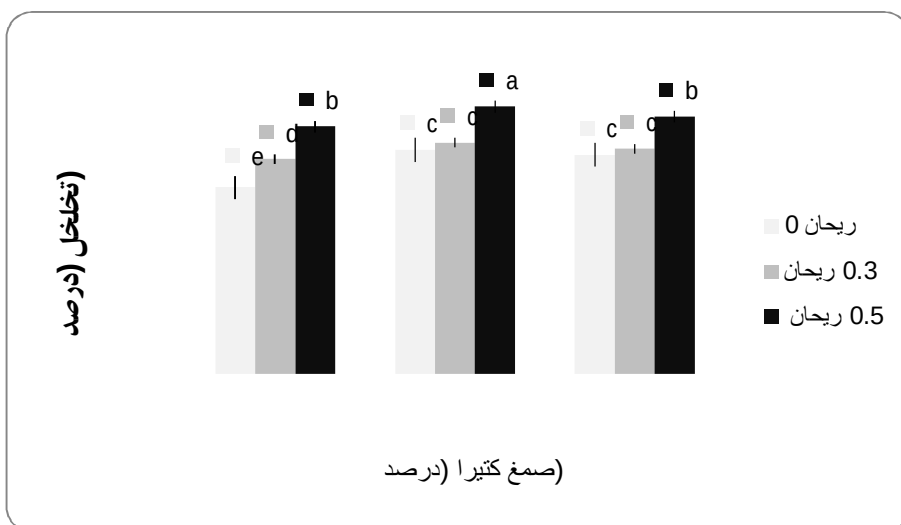
نتایج اثر مستقل افزودن صمغ ریحان نشان داد با افزایش سطح صمغ ریحان میزان حجم مخصوص افزایش یافت و بیشترین میزان در سطح معنی داری $P < 0/5$ مشاهده شد. افزودن صمغ کتیرا سبب افزایش حجم مخصوص شد اما بین سطح 0/3 و 0/5 درصد اختلاف معنی داری مشاهده نشد. نتایج افزودن همزمان صمغ ریحان و کتیرا در نان بربری نیم پز منجمد در مدت زمان نگهداری به صورت منجمد نشان داد که استفاده همزمان این دو صمغ نیز مانع کاهش حجم مخصوص نان نسبت به نمونه شاهد شد و بیشترین میزان حجم مخصوص در نان حاوی 0/5 درصد صمغ ریحان و 0/3 درصد کتیرا و کمترین مقدار در نان شاهد بود. همان طور که در نتایج مشاهده شد افزودن صمغ‌های ریحان و کتیرا سبب افزایش حجم مخصوص نان بربری نیم پز در مدت زمان نگهداری به صورت منجمد گردید. هیدروکلوئیدها با افزایش قوام خمیر، تشکیل شبکه موقت ژل و افزایش سفتی دیواره‌های احاطه‌کننده سلول‌های حاوی گاز در نان، موجب حفظ بیشتر گاز دی‌اکسید کربن و بخار آب تولید شده در خمیر می‌شوند، همچنین برخی از صمغ‌ها خواص امولسیفایری نشان داده و لایه سطحی دور حباب‌های گاز در خمیر تشکیل می‌دهند که به حفظ گاز کمک می‌کند (Primo-Martín, et al., 2008). دلیل کاهش حجم مخصوص با استفاده از درصد بالاتر صمغ‌ها را می‌توان ناشی از

یافت. Sheikholeslami و همکاران (1396) در پژوهش خود نشان دادند که افزودن صمغ‌های کتیرا و بالنگو در غلظت 0/3 حجم مخصوص نان نیم‌پز منجمد را افزایش دادند و افزایش بیشتر غلظت صمغ باعث کاهش حجم مخصوص و تخلخل در نان بربری نیم‌پز منجمد شد. این محققان علت کاهش حجم نان در پی بیشتر شدن غلظت صمغ‌ها را عدم انبساط آن‌ها در طی فرآیند پخت، اختلال در مرحله تخمیر که ناشی از افزایش بیش از حد آب توسط صمغ‌ها بود، دانستند.

که در شکل 3 مشاهده می‌شود، افزودن صمغ ریحان و کتیرا سبب افزایش میزان تخلخل نسبت به نان شاهد شد، بیشترین میزان تخلخل در نان حاوی 0/3 درصد کتیرا 0/5 درصد ریحان به‌دست آمد. تخلخل نشان‌دهنده تعداد سلول‌های گاز در بافت نان است. صمغ‌ها قابلیت این را دارند که دریواره‌های حباب‌های هوا را جهت نگهداری گاز تقویت کرده و تعداد سلول‌های ریز بیشتری در بافت نان ایجاد شود (Zibro et al., 2012). از این‌رو به نظر می‌رسد که صمغ کتیرا و ریحان در پخش یکنواخت حباب‌های هوای ورودی به خمیر نان مؤثر بوده‌اند که به موجب آن میزان تخلخل محصول تولیدی افزایش



شکل 2- اثر متقابل صمغ ریحان و کتیرا بر میزان حجم مخصوص

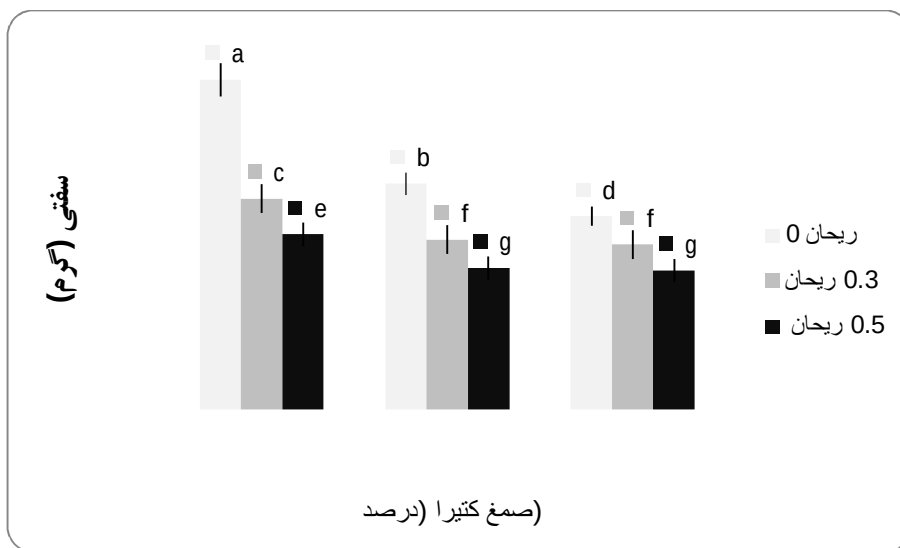


شکل 3- اثر متقابل صمغ کتیرا و ریحان بر میزان تخلخل

سفتی

تمایل بیشتری به پیوند با مولکول‌های آب دارند در نتیجه مانع انتقال آب از گلوتن به نشاسته می‌شوند، زیرا آمیلوز و آمیلوپکتین موجود در نشاسته در حضور آب مجدداً کریستاله شده و تشکیل پلیمر می‌دهند که سفتی نان را سبب می‌شوند (Sharadanat and Khan, 2003). میزان سفتی بافت محصولات صنایع پخت در بازه زمانی بلافاصله پس از پخت به عواملی نظیر حفظ رطوبت محصول در طی فرآیند پخت و برخی از خصوصیات تکنولوژیکی آن نظیر حجم و تخلخل بستگی دارد. حفظ رطوبت از سفت شدن و حتی شکننده شدن نمونه تولیدی پس از پخت جلوگیری می‌کند و بافت محصول نرم‌تر می‌شود. از سوی دیگر افزایش حجم و تخلخل به دلیل حضور تعداد بیشتر حباب‌های هوا در نمونه و پخش یکنواخت آن‌ها، دو فاکتور اثرگذار بر میزان نرمی بافت و کاهش فشردگی می‌باشند. از این رو این انتظار وجود داشت که نمونه‌هایی که ضمن دارا بودن رطوبت مطلوب، به دلیل حجم و تخلخل بالا از سفتی کمتری برخوردار باشند.

صمغ ریحان در غلظت 0/5 درصد باعث کاهش سفتی نسبت به نمونه شاهد شد. در اثر مستقل کتیرا نیز همین روند مشاهده شد، با افزایش غلظت صمغ سفتی نسبت به نمونه شاهد کاهش داشت. بررسی نتایج اثر متقابل صمغ‌ها نشان داد که نان حاوی 0/5 درصد ریحان و کتیرا با نان حاوی 0/5 درصد ریحان و 0/3 درصد کتیرا بدون تفاوت معنی‌داری در سطح معنی‌داری 95 درصد کمترین سفتی نان را داشتند. صمغ‌ها باعث افزایش حفظ رطوبت در محصول نهایی شدند، همچنین با افزایش میزان حجم مخصوص و تخلخل در کاهش فشردگی بافت محصول تولیدی نسبت به نمونه شاهد مؤثر بودند که این امر خود در نرمی بافت بسیار اثرگذار بود. کاهش سفت شدن بافت نان با افزایش غلظت صمغ را می‌توان به دلیل واکنش بیشتر هیدروکلوئیدها با آب در مقایسه با نشاسته بیان کرد، زیرا هیدروکلوئیدها در ساختار خود حاوی گروه‌های هیدروکسیل هستند و



شکل 4- اثر متقابل صمغ کتیرا و ریحان بر میزان سفتی

کمترین میزان روشنایی در سطح 0/5 صمغ ریحان و 0/5 درصد کتیرا مشاهده شد. افزودن صمغ‌ها سبب افزایش شاخص a^* نسبت به نمونه شاهد شد، اما بین سطح 0/3 و 0/5 درصد صمغ‌ها تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. همین روند را می‌توان در اثر متقابل صمغ‌ها مشاهده نمود، به‌طوری‌که بیشترین میزان شاخص a^* نان حاوی 0/5 درصد صمغ ریحان و کتیرا به دست آمد و کمترین میزان شاخص a^* در نان شاهد بود. مطابق با نتایج نشان داده شده در جدول 1، اثر مستقل صمغ ریحان، و کتیرا نشان می‌دهد که افزودن صمغ‌ها سبب افزایش شاخص b^* نسبت به نمونه شاهد شد و بیشترین میزان در سطح 0/5 درصد صمغ‌ها مشاهده شد. همین روند را می‌توان در اثر متقابل

رنگ نان بربری نیم‌پز منجمد

صمغ ریحان سبب کاهش روشنایی نان نسبت به نمونه شاهد شد، اما بین سطح 0/3 و 0/5 درصد آنها اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان 0/95 درصد مشاهده نشد. صمغ کتیرا در سطح 0/3 خود باعث افزایش روشنایی شده است و با افزایش میزان صمغ کتیرا میزان روشنایی نان کمتر شد اما بین نمونه 0/5 درصد و صفر کتیرا تفاوت معنی‌داری در سطح معنی‌داری مشاهده نشد. اثر متقابل ریحان و کتیرا نشان داد که افزودن همزمان این صمغ‌ها با هم به نان بربری نیم‌پز منجمد سبب کاهش روشنایی نان نسبت به نمونه شاهد گردید و با بیشتر شدن میزان صمغ روشنایی کاهش بیشتری داشت، به‌طوری‌که

تشکیل رنگ قهوه‌ای نان می‌شود، واکنش‌های کاراملیزاسیون است این واکنش در اثر تجزیه حرارتی قندها حین پخت ایجاد می‌شود (Sheikholeslami, et al., 2016). البته، در نان بربری میزان کم این رنگ قهوه‌ای مطلوب است. در مطالعات (Shalini and Laxmi, 2007) افزایش فاکتور a^* و b^* را در استفاده از هیدروکلوئیدها بر خمیر منجمد نشان داده اند. Hejrani و همکاران (2016) افزایش شاخص‌های a^* و b^* و کاهش شاخص L^* را با استفاده از صمغ گوار در نان بربری نیم‌پز منجمد مشاهده کردند.

صمغ ریحان و کتیرا مشاهده کرد، به‌طوریکه بیشترین میزان شاخص b^* نان حاوی 0/5 درصد صمغ ریحان و کتیرا به‌دست آمد و کمترین میزان شاخص b^* در نان شاهد بود. تیره‌تر شدن رنگ نان در درجه اول به‌دلیل رنگ تیره خود صمغ‌های ریحان است. از طرفی صمغ‌های ریحان و کتیرا جزء گروه صمغ‌های آرایان و گالاکتان هستند که حاوی میزان بالایی از قندهای احیاکننده می‌باشند که این قندها در واکنش‌های میلارد با زنجیرهای آزاد اسید آمینه پروتئین‌ها شرکت کرده و در نتیجه سبب افزایش شدت رنگ و کاهش روشنایی نان می‌شوند. واکنش شیمیایی دیگر که سبب

جدول 1- اثر صمغ‌ها بر رنگ نان بربری نیم‌پز منجمد بعد از 15 روز نگهداری

ریحان (درصد)	کتیرا (درصد)	L^*	a^*	b^*
0	0	67/35±1/23 ^a	1/99±0/05 ^d	22/09±0/53 ^e
0/3	0/3	66/71±1/74 ^b	2/15±0/07 ^c	22/3±0/4 ^{de}
0/5	0/5	65/92±1/38 ^b	2/27±0/06 ^{bc}	23/68±0/48 ^d
0/3	0	64/16±1/86 ^d	2/34±0/09 ^b	25/98±0/37 ^c
0/3	0/3	65/1±1/28 ^c	2/43±0/01 ^b	26/65±0/06 ^b
0/5	0/5	65/32±1/37 ^c	2/55±0/09 ^b	27/56±0/24 ^{ab}
0/5	0	63/78±1/37 ^{de}	2/51±0/02 ^b	26/85±0/67 ^b
0/3	0/3	63/4±1/19 ^e	2/63±0/07 ^{ab}	27/97±0/16 ^{ab}
0/5	0/5	63/12±1/65 ^e	2/9±0/04 ^a	28/9±0/43 ^a

* میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آزمون دانکن در سطح 5 درصد اختلاف معنی دار ندارد.

که استفاده از صمغ ریحان سبب بهبود امتیاز ویژگی‌های حسی نان بربری نیم‌پز منجمد در مدت زمان نگهداری نان شد.

خصوصیات حسی

بررسی نتایج افزودن صمغ ریحان بر ویژگی‌های حسی نشان داد

جدول 2- اثر متقابل صمغ ریحان و کتیرا بر ویژگی‌های حسی

ویژگی‌های حسی						ریحان (درصد)	کتیرا (درصد)
بو	طعم	بافت	رنگ پوسته	ظاهر پوسته	ظاهر کلی		
3/9±0/00 ^e	3/8±0/02 ^f	3/6±0/03 ^h	3/41±0/01 ^e	3/85±0/05 ^f	3/5±0/05 ^h	0	0
4/08±0/03 ^d	4/85±0/04 ^d	3/9±0/04 ^g	4/01±0/05 ^c	3/86±0/02 ^f	3/83±0/03 ^g	0/3	0
4/1±0/02 ^e	3/95±0/02 ^f	4/03±0/03 ^e	4/13±0/02 ^c	3/96±0/03 ^e	3/96±0/1 ^{ef}	0/5	0/5
4/05±0/05 ^d	3/91±0/04 ^g	3/96±0/02 ^f	4/08±0/03 ^c	4/18±0/02 ^d	3/9±0/02 ^f	0	0
4/08±0/05 ^d	4/08±0/03 ^c	4/15±0/05 ^c	4/28±0/00 ^b	4/13±0/0 ^d	4±0/02 ^e	0/3	0/3
4/25±0/03 ^d	4/1±0/03 ^e	4/25±0/06 ^d	3/9±0/02 ^d	4/31±0/0 ^b	4/1±0/03 ^d	0/5	0/5
4/15±0/06 ^c	3/95±0/01 ^c	4/43±0/04 ^c	3/95±0/03 ^d	4/21±0/04 ^c	4/3±0/02 ^c	0	0
4/25±0/04 ^a	4/25±0/02 ^a	4/6±0/06 ^b	4/08±0/04 ^c	4/5±0/02 ^a	4/4±0/02 ^b	0/3	0/5
4/5±0/04 ^b	4/38±0/04 ^b	4/71±0/03 ^a	4/41±0/01 ^b	4/55±0/02 ^a	4/6±0/04 ^a	0/5	0/5

* میانگین‌ها دارای حروف مشترک از نظر آزمون دانکن در سطح 5 درصد اختلاف معنی دار ندارد.

امتیاز این ویژگی‌ها افزایش داشت اما بین سطح 0/3 و 0/5 درصد اختلاف معنی داری در سطح معنی داری 95% مشاهده نشد. استفاده از صمغ کتیرا سبب بهبود امتیاز ویژگی‌های حسی نان بربری نیم‌پز

در ویژگی‌های حسی ظاهر عمومی، بافت و طعم بیشترین امتیاز در نان حاوی 0/5 درصد صمغ ریحان مشاهده شد. در مورد ویژگی‌های حسی ظاهر پوسته، رنگ پوسته و بو با استفاده از صمغ

نتیجه‌گیری

در این پژوهش اثر صمغ ریحان و کنیرا به‌عنوان صمغ‌های طبیعی و بومی بر نان بربری نیم‌پز منجمد بررسی شد. نتایج به وضوح نشان داد که استفاده از صمغ‌های ریحان و کنیرا باعث بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی نان بربری نیم‌پز منجمد شدند. استفاده از صمغ در سطح 0/5 درصد سبب بهبود رطوبت، حجم مخصوص، تخلخل و خصوصیات حسی (بافت، ظاهر کلی و ظاهر پوسته)، کاهش روشنایی و افزایش مؤلفه‌های a^* و b^* و کاهش سفتی شدند. استفاده همزمان صمغ ریحان و کنیرا در سطح 0/5 درصد باعث افزایش حجم رطوبت، حجم مخصوص، تخلخل، آنالیز رنگ و خصوصیات حسی (بافت، ظاهر کلی و ظاهر پوسته) و سفتی نان بربری نیم‌پز منجمد شد و نان حاوی 0/3 درصد کنیرا و 0/5 درصد ریحان بیشترین امتیاز بو و طعم داشت. نتایج این تحقیق نشان داد استفاده از صمغ‌های بومی ریحان و کنیرا می‌تواند سبب حفظ کیفیت نان بربری در مدت زمان نگهداری نان به‌صورت نیم‌پز و منجمد شود.

منجمد در مدت زمان نگهداری نان شد. در ویژگی‌های حسی ظاهر عمومی، ظاهر پوسته، رنگ پوسته، بافت و طعم بیشترین امتیاز در نان حاوی 0/5 درصد صمغ کنیرا مشاهده شد. در مورد خصوصیت حسی بو با استفاده از صمغ امتیاز این خصوصیت افزایش داشت اما بین سطح 0/3 و 0/5 درصد اختلاف معنی‌داری در سطح معنی‌داری 95% مشاهده نشد. استفاده همزمان صمغ ریحان و کنیرا بر ویژگی‌های حسی نشان داد که استفاده ریحان و کنیرا در سطح 0/5 درصد سبب افزایش تمام ویژگی‌های حسی ظاهر کلی، ظاهر پوسته، رنگ پوسته و بافت شد و نمونه حاوی 0/5 ریحان و 0/3 کنیرا بالاترین امتیاز طعم و بو را در نان بربری نیم‌پز منجمد داشت. صمغ ریحان و کنیرا حاوی قندهای قابل تخمیر می‌باشند (Hosseini Parvar, 2010)، که در واکنش‌های مؤثر بر ایجاد رنگ، طعم و آروما (واکنش مایلارد و کاراملیزاسیون) شرکت می‌کنند و از این‌رو باعث افزایش تولید مواد مولد عطر و طعم می‌شوند.

منابع

- شیخ الاسلامی، ز.، هجرانی، ت.، کریمی، م.، قیافه داودی، م.، فاطمیان، ح. 1395. تأثیر صمغ بالنگو و کنیرا بر ویژگی کیفی و حسی نان بربری نیمه پز منجمد. نشریه پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی، جلد 5، شماره 4، صفحات 395-404.
- AACC. (2000). Approved methods of the AACC (10th Ed.). St. Paul: The American Association of Cereal Chemists.
- Bárcenas, M. E., & Rosell, C. M. (2007). Different approaches for increasing the shelf life of partially baked bread: low temperatures and hydrocolloid addition. *Food Chemistry*, (100/4), 1594–1601.
- Bell, D. A., (1990). Methylcellulose as a structure enhancer in bread baking. *Cereals Foods World*, 35(10): 1001-1006.
- Emadzadeh, B. (2010). Formulation of low-calorie pistachio butter and evaluation of the rheological, sensory and chemical characteristics: A surface response methodology. PhD thesis. Ferdowsi University of Mashhad.
- Gacula, J. R., & Singh, J. (1984). Statistical methods in food and consumer research. Academic press Inc. U.S.A.
- Giannou, V., Kessoglou, V., Tzia c. (2003). Quality and safety characteristics of bread made from frozen dough in Food Science & Technology. 14, 99–108.
- Guarda, A., Rosell, C M., Benedito, C., Galotto, M. J. (2004). Different hydrocolloids as bread improvers and ant staling agents *Food Hydrocolloids* 18, 241–247.
- Hejrani, T., Sheikholeslami, Z., Mortazavi, A., Ghiyafe Davoodi, M. (2016). The properties of part baked frozen bread with guar and xanthan Gums. *Food Hydrocolloids xxx* (2016) 1e6.
- Hosseini Parvar, S. H. (2010). Basil seed gum: Physicochemical, rheological and emulsifying characterization and its synergistic effect in mixtures with locust bean gum and guar gum. PhD thesis. Ferdowsi University of Mashhad. Iranian National Standard No. 2852.
- Lapasin, R., and Prici, S. (1995). Rheology of industrial polysaccharides: theory and applications. Blackie Academic & Professional, London.
- Le Bail A, Goff HD. (2008). Freezing of Bakery and Dessert Products. In: Evans JA, editor. *Frozen Food Science and Technology*. UK: Blackwell Publishing. p. 184-204.
- Le-Bail, A., Leray, G., Perronet, A., Roelens, G. (2011). Impact of the chilling conditions on the 370 kinetics of staling of bread. *Journal of Cereal Science* 54, 13-19.
- Lorenzo, G., Zaritzky, N. E., Califano, A. N. (2009). Rheological characterization of refrigerated and frozen non-fermented gluten-free dough: Effect of hydrocolloids and lipid phase *Journal of Cereal Science* 50:255–261.
- Karazhiyan, H., Razavi, S. M. A., & Phillips, G. O. (2010). Extraction optimization of a hydrocolloid extract from cress seed (*Lepidium sativum*) using response surface methodology. *Food Hydrocolloids, xxx*, 1e6.
- Matuda, T G., Chevallier, S., Filho, P. A., LeBail, A., Tadini, C. (2008). Impact of guar and xanthan gums on proofing and calorimetric parameters of frozen bread dough *Journal of Cereal Science*. 48, 741–746.
- Mohammad Amini, A. (2007). Extraction optimization of Balangu seed gum and effect of Balangu seed gum on the

- rheological and sensory properties of Iranian flat bread, MSc.
- Pourfarzad, A., Khodaparast, M. H., Karimi, M., Mortazavi, S. A., Ghiafeh Davoodi, M., Hematian Sourki, A. (2009). Effect of polyols on shelf-life and quality of flat bread fortified with soy flour. *Journal of Food Process Engineering*, 34, 1435e1445.
- Primo-Martín C., de Beukelaer H., Hamer R.J, Van Vliet T., (2008). Fracture behaviour of bread crust: Effect of ingredient modification *Journal of Cereal Science* 48 604–612
- Rosell, C.M., Rojas, J.A., and Benedito de Barber, C. (2001). Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. *Food Hydrocolloids*, 15: 75-81.
- Sahraian, B., Naghipour, F., Karimi, M., Ghiafe Davoodi, M. (2013). Development of gluten-free flat bread using hydrocolloids: Xanthan and CMC. *Food Hydrocolloids*. 30: 698e703
- Sharadanat, R., and Khan, K. (2003). Effect of hydrophilic gums on the quality of frozen dough: II. Bread characteristics. *Cereal Chemistry*, 80:773-780.
- Shalini K.G., and Laxmi A. (2007). Influence of additives on rheological characteristics of whole-wheat dough and quality of chapatti (Indian unleavened flat bread). *Food Hydrocolloid*, Vol. 21: 110-117.
- Weiping, W. (2000). Tragacanth and karaya, In: *Handbook of hydrocolloids* G.O. Philips and P.A. Williams (Eds). Woodhead Publishing Ltd, Cambridge, Ch.13.
- Wilderjans, E., Pareyt, B., Goesaert, H., Brijs, K., and Delcour, J. A. (2008). The role of gluten in a pound cake system: A model approach based on luten–starch blends. *Food Chemistry*, 110:909-915. ¶
- Ziobro R, Korus J, Witczak M, and Juszcak L. (2012). Influence of modified starches on properties of gluten free dough and bread. Part II: Quality and staling of gluten free bread. *Food Hydrocolloids*; 29(1):68- 74.



Synergistic effect of Basil and Tragacanth native gums on improving the quality and shelf life of frozen part baked Barbari bread

Z. Sheikholeslami^{1*}, M. Karimi¹, T. Hejrani², M. Ghiafeh Davoodi¹, H. Fatemian³

Received: 2017.03.07

Accepted: 2017.10.22

Introduction: Hydrocolloids have been employed for reduction of moisture migration from the crumb to crust, added to the formulation, improved texture, prevent ice Crystallization and delay staling (Ba'rcenas et al 2003, 2004, Hager, and Arendt, 2013). However, given the importance of their role still trying to find new resources will continue to create the best quality. Today, researchers introduced new technologies such as modified atmosphere packaging, frozen technology and using different additives to produce bread with higher quality, longer shelf life and high nutritional value. Production of the part baked frozen bread is a method which interrupted baking process, the first stage is the crumb formation and the crust color is not developed. The aim of this study was to evaluate the effect of *Ocimum Bacilicum* and tragacanth at 3 levels (0, 0.3 and 0.5%) (W/W flour basis) on the quality of part-baked Barbari bread after frozen storage and re-baking.

Materials and methods: The *Ocimum Bacilicum* seeds were cleaned, then were firstly soaked in distilled water to obtain a water to seed ratio of 37:1 at 40°C and pH 7. Separation of the hydrocolloid from the swollen seeds was achieved by passing the seeds through an extractor equipped with a rotating plate that scraped the gum layer on the seed surface. The extracted solution was then filtered and dried in an air forced oven at 60°C and finally the powder was milled, sieved using a mesh 18 sifter, packed and kept at cool and dry condition (Karazhiyan et al., 2010, Sahraiyani et al., 2013). Tragacanth purchased from the local market as a tape shape after milling and sieve (70 mesh) were used. Bread prepared as part baked, freezing in -18°C and storage for 15 days, after this time samples were thawing and full baked. The test includes moisture content, specific volume, porosity, firmness, image analysis and sensory properties was measured. For Data Analysis used SPSS software and Duncan test, for mean comparisons.

Results and discussions: The results obtained from volume, texture, moisture content and sensory properties showed Tragacanth gum at 0.5 concentrations and *Ocimum Bacilicum* gum at 0.5 levels improved moisture content. Using tragacanth at 0.3% and *Ocimum Bacilicum* gums at 0.5 % concentration improved the specific volume, porosity, firmness, and sensory properties. The hydrocolloids are highly hydrophilic nature, it made hydrogen link between the water available in the system, prevent the movement of water from crumb and improved the firmness and improved the quality of bread (Manadala et al., 2008). The hydrocolloids capable to strengthen the gluten matrix surrounded cell gas as result maintenance them during part baked and frozen storage. Hydrocolloid, coalescence of gas cells as a result of expansion during the proofing step and increase the volume and porosity of bread (Shillini & Laxemi, 2007).

Conclusion: Addition of *Ocimum Bacilicum* and tragacanth to bread recipe improved the crumb texture of the bread that obtained from part-baking, frozen storage and re-baking. In addition, the presence of gums improved the specific volume, texture and the overall quality of the product during frozen storage, removing the negative effects of that process conditions. The *Ocimum Bacilicum* in comparison of tragacanth had the greater concentration effect on PBF Barbari bread on improved the quality. The interaction of tragacanth and *Ocimum Bacilicum* (0.3 and 0.5 %) respectively had the best result to improving the all parameters that investigated in part baked and freezing storage of Barbari bread. This study provides insights into the complexity of interactions between tragacanth and *Ocimum Bacilicum* as a new source of hydrocolloids and their combined influence on

1. Agricultural engineering research department. Khorasan Razavi agricultural and natural Resources research education center, Agriculture Research, Education and Extension Organization (AREEO) AREEO, Mashhad, Iran.

2. PhD Student of Department of Food Science & Technology, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran

3. Agricultural engineering research institute, Agriculture Research, Education and Extension Organization AREEO, Karaj, Iran.

(*Corresponding author: shivasheikholeslami@yahoo.com)

bread characteristics, thereby serving as a guide for future research on the other bread.

Key words: Basil, Tragacanth, Barbari bread, part baked frozen, shelf life.

اثرات فیلم کامپوزیتی خوراکی نشاسته- کیتوزان حاوی ترکیب عصاره پوست انار و اسانس روغنی کاکوتی بر ماندگاری گوشت قرمز در زمان نگهداری

تورج مهدیزاده^{1*} - حسین تاجیک² - علی مجدر لنگرودی³

تاریخ دریافت: 1395/09/25

تاریخ پذیرش: 1396/02/30

چکیده

هدف از این تحقیق وارد نمودن دو ماده با خواص آنتی اکسیدانی و ضد میکروبی مناسب در قالب فیلم کامپوزیتی نشاسته- کیتوزان و ارزیابی اثرات آن بر ماندگاری گوشت قرمز می باشد. بعد از تهیه اسانس روغنی و عصاره، فیلم کامپوزیتی به روش کستینگ تهیه گردید. نمونه مدل غذایی (گوشت) با فیلم تهیه شده پوشش داده شد و اثرات آن شامل تغییرات جمعیت باکتری های مزوفیل هوازی، اسید لاکتیک و سودوموناس، تغییرات شیمیایی شامل pH و اکسیداسیون چربی و نیز خصوصیات حسی در طول نگهداری 21 روز بررسی گردید. نتایج نشان داد که در پایان 21 روز در جمعیت باکتری های مزوفیل هوازی 7/11 سیکل لگاریتمی کاهش در مقایسه با گروه بدون پوشش مشاهده شد. در جمعیت باکتری های اسید لاکتیک نیز بهترین اثر مربوط به فیلم حاوی اسانس 2 درصد و عصاره نیم درصد بود که نسبت به گروه کنترل 3/29 سیکل لگاریتمی اختلاف داشت. از طرفی در نمونه پوشش داده شده توسط فیلم حاوی 2 درصد اسانس و 1 درصد عصاره در پایان روز 21 ام، 6/92 سیکل لگاریتمی کاهش در جمعیت باکتری سودوموناس در مقایسه با گروه کنترل بدون پوشش مشاهده شد. تیمارهای حاوی عصاره نیم و یک درصد بیشترین ممانعت را از تشکیل مالون آلدئید داشته و بیشترین میزان اکسیداسیون نیز در نمونه بدون پوشش و کنترل بدون عصاره مشاهده گردید. در حالی که بقیه تیمارها به خصوص حاوی عصاره پوست انار، در طول نگهداری 22 روز از یک روند اکسیداسیون کند برخوردار بودند. این مطالعه نشان داد که فیلم کامپوزیتی حاوی عصاره و اسانس دارای خواص ضد میکروبی و آنتی اکسیدانی بالایی بوده و با بهبود برخی ویژگی های فیزیکی فیلم می تواند برای بسته بندی و نیز افزایش عمر نگهداری گوشت مورد استفاده قرار گیرد.

واژه های کلیدی: فیلم کامپوزیتی، نشاسته - کیتوزان، اسانس روغنی کاکوتی، پوست انار، گوشت قرمز

مقدمه

سمی آنها در ارتباط باشند. همه این موارد باعث شده که آگاهی مصرف کنندگان و تقاضای آنها به غذاهای نگهداری شده با مواد طبیعی افزایش یابد و محققین به دنبال یافتن ترکیبات و روش های نگهدارنده طبیعی و غیرشیمیایی نوین در مواد غذایی باشند (Schuenzel & Harrison, 2002). یکی از گروه های مواد ضد میکروبی طبیعی گیاهان دارویی، اسانس های روغنی و نیز عصاره های گیاهی می باشند. این ترکیبات علاوه بر اینکه بی ضرر شناخته می شوند طیف وسیعی از اثرات ضد میکروبی و آنتی اکسیدانی را در تحقیقات مختلف نشان داده اند (Kalembe & kunicka, 2003). بنابراین استفاده از این مواد سالم و بی خطر می تواند به عنوان یک روش جایگزین برای کنترل عوامل بیماری زا و فسادزا و افزایش عمر نگهداری مواد غذایی کاربرد داشته باشد (Thangavelu et al., 2004). استفاده مستقیم این ترکیبات در خود مواد غذایی با محدودیت هایی مواجه است بنابراین محققین به دنبال روش های بهبود فعالیت آنها می باشند. یکی از روش های استفاده از این مواد طبیعی در بسته بندی و پوشش مواد غذایی تحت عنوان بسته بندی

در دهه اخیر گرایش مصرف کنندگان به محصولات غذایی با کیفیت بهتر، تازه تر و نیز با دسترسی آسان تر رو به فزونی نهاده است. رشد میکروبی و نیز تغییرات اکسیداتیو و شیمیایی مهم ترین عوامل کاهش دهنده کیفیت فرآورده های غذایی در طی نگهداری می باشند (Thakur & Singh, 1994). مهمترین روش مورد استفاده برای مقابله با عوامل فساد و بیماریزا در مواد غذایی استفاده از نگهدارنده های شیمیایی می باشد. با وجود چندین نوع مواد ضد میکروبی تایید شده و تجاری، استفاده از آنها با محدودیتهایی مواجه است. به طوری که در حال حاضر احتمال داده می شود که برخی سرطان ها ممکن است با نگهدارنده های شیمیایی و باقیمانده های

1 و 2 - به ترتیب استادیار، استاد و دانشجوی دکتری، گروه بهداشت و مواد غذایی، دانشگاه ارومیه، ایران.

(*) مسئول مکاتبات: (Email: Tooraj.mehdizadeh@yahoo.com)
DOI: 10.22067/iftstr.v0i0.61062

فعال می‌باشد. این پوشش‌های زیست سازگار بر پایه فیلم‌های خوراکی، که عمدتاً از پلی‌ساکاریدها، پروتئین‌ها، چربی‌ها و یا ترکیبی از آنها ساخته می‌شوند، به دلیل دارا بودن مواد طبیعی، قابلیت تجدید پذیری و عدم ایجاد آلودگی‌های زیست محیطی، روز به روز از اهمیت خاصی برخوردار می‌شوند (Ahvenainen; 2003). مزیت استفاده از مواد فعال در پوشش به‌جای خود ماده غذایی این است که اولاً در حین فرآوری ماده غذایی تغییری در ترکیبات ضد میکروبی ایجاد نمی‌شود و ثانیاً با توجه به انتشار آهسته و تدریجی مواد فعال از پوشش به داخل ماده غذایی در طول زمان میزان مواد فوق ثابت می‌ماند که در نتیجه به افزایش اثر و کارایی این مواد به دلیل عدم غیرفعال شدن توسط ترکیبات مختلف ماده غذایی منجر می‌شود (Ozdemir&Floros, 2004)

کیتوزان به‌عنوان یک پلیمر زیستی و پلی‌ساکارید پلی‌کاتیونی، از استیل‌زدایی کیتین (دومین پلی‌ساکارید فراوان در طبیعت) ساخته می‌شود. این پلی‌ساکارید زیست تخریب‌پذیر علاوه بر غیرسمی بودن دارای خصوصیات منحصر بفردی از جمله ضد میکروب، آنتی‌اکسیدان و تشکیل‌دهنده فیلم بوده و منشاء تحقیقات بسیاری در زمینه فیلم‌های فعال و ضد میکروبی بوده است (Rinaudo, 2006). نشاسته نیز یک پلی‌ساکارید تجزیه‌پذیر و قابل حل در آب با قابلیت تشکیل فیلم است. بسته‌بندی‌های ساخته شده بر پایه نشاسته علاوه بر ارزان بودن با توجه به منشاء طبیعی آن، از دسترسی آسان در مقیاس وسیع نیز برخوردار می‌باشند.

انار¹ که در جهان به‌عنوان بومی ایران شناخته می‌شود منبع مهمی از ترکیبات فعال زیستی بوده و با داشتن ترکیبات پکتین، آسکوربیک اسید، تانن‌ها، آنتوسیانین‌ها و فلاوونوئیدها اثرات آنتی‌اکسیدانی بالایی را نشان داده است (Martos et al., 2010). در این میان عصاره پوست انار مشخصاً دارای قابلیت و ظرفیت مهار یا ممانعت بیشتری در مقابل آنیون‌های سوپراکسید، رادیکال‌های هیدروکسیل و پروکسیل است (Li et al., 2006). تحقیقات انجام گرفته نشان داده است که عصاره پوست انار دارای خواص ضدباکتریایی، ضدویروسی (Al-Zoreky, 2009)، ضدجوش‌زایی (Singh, 2002) و آنتی‌اکسیدانی (Lansky & Newman, 2007) بوده و می‌تواند به‌عنوان ترکیب نگهدارنده طبیعی در صنایع غذایی و داروها مورد استفاده قرار گیرد. اسانس روغنی آویشن کوهی یا کاکوتی² به علت داشتن ترکیبات ضد میکروبی و فنولی مانند تیمول و کارواکرول پتانسیل بالایی را جهت کاربرد در صنایع گوشت دارد (Solomakos et al., 2008) و مطالعات متعددی در این مورد انجام یافته است. از نظر کمیت و کیفیت اسانس، تیمول، پاراسایمن، کارواکرول، آلفاپینن، کامفن، ترپینن، گاماترپینن، شناسایی شده‌اند و

لیمونول و کارواکرول مهمترین مواد موثر دارویی در گیاه آویشن کوهی می‌باشند. در مطالعه مرندی و همکاران (2011) بر روی اثرات ضد قارچی اسانس روغنی کاکوتی بر روی بوتریتیس سینرا و پنی سیلیوم اکپانوسوم نشان داد که اسانس روغنی کاکوتی دارای اثرات ضدقارچی بالایی بوده به‌طوری‌که در غلظت 200 میکرولیتر به ازای لیتر رشد قارچ‌ها متوقف شد و همچنین نمونه‌های گلابی به‌عنوان نمونه مدل غذایی نیز از اثرات قارچ‌ها در امان ماندند. در مطالعه دیگر مهربان سنگ آتش و همکاران (1385) اثرات اسانس روغنی کاکوتی بر روی باکتری‌های مولد فساد و بیماری‌زا را بررسی نمودند و نتایج نشان داد که رشد همه باکتری‌های مورد مطالعه به غیر از سودوموناس آئروژینوزا و شیگلا دیستتری متوقف شد، به‌طوری‌که حداقل غلظت ممانعت‌کنندگی برای باکتری‌های ایتروباکتر آئروژنز، اشریشیاکلی، کلبسیلا نومونیا و سالمونلا انتریتیدیس به ترتیب ۲۵۰، ۵۰۰، ۱۲۵ و 250 میکروگرم بر لیتر بود، و برای باکتری‌های گرم مثبت لیستریا مونوسیتوژنز و استافیلوکوکوس اورئوس 125 میکروگرم بر لیتر و برای باسیلوس سرئوس 1000 میکروگرم بر لیتر بر حسب غلظت اسانس روغنی بود. در مطالعه‌ای هم که توسط امیری (2012) انجام گرفت اثرات آنتی‌اکسیدانی اسانس روغنی کاکوتی با دو روش به دام‌اندازی رادیکال دی فنیل پیکریک هیدرازیل و بتاکاروتن، لینولئیک اسید سیستم مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج نشان داد که اسانس روغنی کاکوتی دارای IC50 برابر با 278 میکروگرم بر میلی‌لیتر بوده و همچنین تا حدود 69/2 درصد قادر به مهار در تست بتاکاروتن و لینولئیک اسید می‌باشد، که این مقادیر برای بوتیل هیدروکسی تولون به ترتیب برابر با 18/2 و 96/4 می‌باشند.

فیلم‌های کامپوزیتی یا مرکب می‌توانند شامل مخلوطی از فیلم‌های پلی‌ساکاریدی - پروتئینی و لیپیدی باشند. به‌منظور علیه بر تاثیر منفی یکی از ترکیبات مذکور و یا بهره‌مندی از ویژگی‌های کاربردی هر یک از آن‌ها از فیلم‌های مرکب یا چند ترکیبی استفاده می‌شود. فیلم‌های مرکب همانند سایر فیلم‌های مذکور دارای ویژگی ممانعت در برابر عبور رطوبت - گاز و مواد حل شده می‌باشند.

اضافه نمودن مستقیم افزودنی‌های ضد میکروبی در بسته‌بندی یکی از روش‌های مرسوم بسته‌بندی ضد میکروبی می‌باشد. چندین نوع ترکیب جهت ایجاد اثرات ضد میکروبی برای این منظور مورد آزمایش قرار گرفته‌اند (Dobias et al., 2000; Ouattara et al., 2000b; Vermeiren et al). در این روش به‌جای استفاده از ترکیب ضد میکروبی به‌طور مستقیم، ماده ضد میکروبی وارد پوشش بسته‌بندی شده در نتیجه امکان غیرفعال شدن آن توسط عوامل موجود در ماده غذایی کاهش یافته و در ضمن مدت طولانی‌تری اثر خود را نشان می‌دهد. به‌عنوان مثال نشان داده شده که ترکیبات سوربات در صورت وارد شدن به فیلم‌های بسته‌بندی مدت زمان بیشتری اثر خود را حفظ می‌کند (Coma, 2008). در این بین عصاره‌های گیاهی نیز توسط

1 Punica granatum

2 Thymus kotschyanus

با 27 درصد آمیلوز (سیگما - آلدریخ) به صورت 3/5 درصد وزنی/ وزنی با آب مقطر استریل تهیه شده و در 97 درجه سانتی گراد به مدت 30 دقیقه در حمام آبگرم ترمواستاتیک به طور اتوماتیک مرتباً همزده شد تا ژلاتینه گشته و سپس تا 50 درجه سانتی گراد خنک گردید (Xu et al., 2005). در مرحله بعدی بعد از افزودن پلاستی سائز گلیسرول به میزان 30 درصد وزنی/ وزنی به ازای ماده خشک تشکیل دهنده فیلم، محلول های کیتوزان و نشاسته به نسبت 50/50 بر روی همزن آهنربا دار مخلوط شده و در نهایت عصاره انار با درصدهای 1/0/5 و اسانس روغنی با درصدهای 1، 2 اضافه گردید و با هموژنیزاتور در دور 12000 بمدت دو دقیقه همزده شد. لازم به ذکر است که به تیمارهای حاوی اسانس روغنی توئین 80 به عنوان امولسیفایر اضافه شد. برای تهیه فیلم به روش کستینگ بعد از خارج کردن حباب های هوای داخل آن در شرایط خلاء و همچنین با استفاده از گاز نیتروژن، محلول فیلم بر روی قالب های تفلون نجسب و مقاوم به حرارت (پلی تترافلورواتیلن) در شرایط کاملاً مسطح ریخته شده و تا زمان خشک شدن در دمای اطاق قرار داده شدند. پس از خشک شدن کامل، فیلم ها از داخل قالب جدا شده، و در شرایط رطوبت ثابت 58 درصد و دمای 25 درجه سانتی گراد در داخل دسیکاتور حاوی محلول اشباع نمک برومید سدیم به مدت 48 ساعت قبل از انجام آزمایش های مربوطه نگهداری گردیدند.

ارزیابی اثرات فیلم های منتخب بر مدت زمان ماندگاری گوشت تازه

شمارش کلی باکتریایی و عوامل فساد: گوشت تازه گاو به طور مستقیم، در روز آزمایش از کشتارگاه تهیه گردید و به قطعات 2/1 در 2/5 در 1 سانتی متر بریده شده و سپس در داخل پوشش صلیبی شکل تهیه شده از تیمارهای مختلف فیلم قرار داده شد، به طوری که تمام سطح گوشت پوشانده شد. در کنار آن نمونه های بدون پوشش یا پوشش بدون مواد ضد میکروبی نیز به عنوان کنترل قرار داده شد. سپس نمونه ها در داخل ظرف پلاستیکی استریل قرار داده شده و با پوشش پلاستیکی پوشانده شد و در انکوباتور دقیق دمای پائین (4 درجه سانتی گراد) قرار داده شد. همه نمونه ها در فواصل روزهای صفر، ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۰، ۱۲، ۱۶ و 21 مورد ارزیابی میکروبیولوژیکی قرار گرفتند. بدین ترتیب که نمونه گوشت (5 گرم) با پوشش فیلم اطرافش به طور استریل برداشت شده و به 45 سی سی محلول رینگر یک چهارم افزوده شده و در استوماکر یکنواخت گردید سپس رقت های یک دهم با رینگر تهیه گشته و 0/1 سی سی از هر کدام بر روی محیط کشت پلیت کانت آگار جهت شمارش کلی منتقل و پخش شد و در 25 درجه سانتی گراد به مدت 72 ساعت انکوبه گردیدند. جهت شمارش باکتری های اسید لاکتیک نیز از محیط کشت دمان روگوزا و شرب

محققین مختلف به منظور اثرات ضد میکروبی در بسته بندی های ضد میکروبی مورد استفاده قرار گرفته اند. این ترکیبات به علت بی ضرر و نیز طبیعی بودن اهمیت ویژه ای دارند (Rodrigues and Han, 2000; Coma et al., 2001; Ha et al., 2001; Suppakul et al., 2002).

همچنین خواص ضد میکروبی اسانس روغنی آویشن در ترکیب با فیلم خوراکی در چند تحقیق بررسی گردیده است. ولی هیچ نوع بررسی در ارتباط با ترکیب این اسانس با عصاره پوست انار در قالب فیلم های کامپوزیتی وجود ندارد.

در مطالعه حاضر هدف این است که ضمن تهیه فیلم کامپوزیتی نشاسته - کیتوزان با ترکیب دو ماده تشکیل دهنده فیلم، کارایی اثر ترکیبات ضد میکروبی و آنتی اکسیدانی اسانس روغنی کاکوتی و نیز عصاره پوست انار در ترکیب با هم بر ماندگاری گوشت قرمز نگهداری شده در یخچال سنجیده و گزارش گردد.

مواد و روش ها

تهیه و آماده سازی عصاره پوست انار

برای این منظور پس از خریداری انارهای رسیده پوست به طور دستی جداسازی گردید و در هوای آزاد خشک گردید سپس توسط آسیاب به صورت پودر در آمده و از الک با قطر منافذ 60 مش عبور داده شد. سپس 250 گرم از پودر تهیه شده را با 700 میلی لیتر الکل و 300 میلی لیتر آب مقطر مخلوط کرده و حدود 24 ساعت در دستگاه شیکر قرار داده شد. پس از عبور از کاغذ صافی، مخلوط به روتاری (150 Rpm) در حرارت 45°C به مدت 24 ساعت منتقل گردید تا عصاره تهیه گردد (Fatehi-Hassanabad et al., 2005).

تهیه و آماده سازی اسانس روغنی کاکوتی

گیاه کاکوتی از عمده فروشی های شهرستان ارومیه خریداری و به همراه آب مقطر در دستگاه کلونجر به مدت 3 ساعت قرار داده شد. اسانس تهیه شده ابتدا با سرنگ استریل و سپس با سدیم سولفات آگیری گردید و پس از عبور از فیلترهای میلی پور 0/22 میکرون، در ظروف شیشه ایی ضد نور و سربسته تا زمان استفاده در یخچال نگهداری گردید (Hashemi et al., 2013).

تهیه فیلم کامپوزیتی نشاسته - کیتوزان

برای تهیه فیلم کامپوزیتی، پس از خریداری کیتوزان ساخت شرکت فلوکا با وزن مولکولی متوسط، به صورت دو درصد وزنی/ حجمی، در اسید استیک یک درصد حل شده و به مدت 6 ساعت در دمای 40 درجه سانتی گراد بر روی هات پلیت آهنربا دار قرار داده شد. برای تهیه محلول نشاسته سوسپانسیون آبکی نشاسته ذرت

شدند. آزمون آماری دانکن برای مقایسه اختلاف بین میانگین‌ها در سطح معنی‌داری 0/05 مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج و بحث

شمارش جمعیت باکتری‌های مزوفیل هوازی (شکل 1) در نمونه گوشت در دمای 4 درجه سانتی‌گراد نشان داد که در بین فیلم‌های مختلف، بهترین اثر مربوط به فیلم اسانس 2% + عصاره 1% است به طوری که در پایان 21 روز در جمعیت باکتری‌های مزوفیل هوازی 7/11 سیکل لگاریتمی کاهش در مقایسه با گروه بدون پوشش مشاهده شد. ضمن اینکه تمامی تیمارهای حاوی اسانس و عصاره اختلاف معنی‌داری با گروه کنترل بدون پوشش و فیلم خالی کامپوزیتی نشان دادند. ($p < 0/05$).

شمارش جمعیت باکتری‌های اسید لاکتیک (شکل 2) در نمونه گوشت در دمای 4 درجه سانتی‌گراد نشان داد که فیلم‌های حاوی پوشش و عصاره نسبت به گروه کنترل اختلاف معنی‌داری از نظر تعداد باکتری‌های اسید لاکتیک دارند. در جمعیت باکتری‌های اسید لاکتیک، بهترین اثر مربوط به فیلم حاوی اسانس 2% + عصاره 5/0% بود.

شمارش جمعیت باکتری سودوموناس (شکل 3) در نمونه گوشت در دمای 4 درجه سانتی‌گراد نشان داد که تیمارهای حاوی عصاره و اسانس نسبت به تیمار بدون پوشش و همچنین نسبت به تیمار فیلم بدون عصاره و اسانس به‌طور معناداری جلوی رشد باکتری سودوموناس را می‌گیرد.

افزایش عمر ماندگاری مواد غذایی به بهترین و بالاترین زمان لازم، مهمترین چالش تولیدکنندگان مواد غذایی است. در یک مطالعه، اثرات فیلم کامپوزیت ژلاتین - کیتوزان حاوی اسانس میخک بر روی عوامل مهم فسادزای ماهی در شرایط نگهداری سرد مورد بررسی قرار گرفت. استفاده از فیلم باعث کاهش معنی‌دار باکتری‌های فسادزای گرم منفی به‌خصوص آنتروباکتریاسه گردید. در حالی که روند رشد باکتری‌های اسید لاکتیک از یک سیر ثابت در طول نگهداری تبعیت نمودند (Gomez-Estaca et al., 2010). به‌طور کلی باکتری‌های اسید لاکتیک، یکی از مقاوم‌ترین باکتری‌ها به ترکیبات ضد میکروبی به شمار می‌روند (Emiroglu et al., 2010). در مطالعه‌ای دیگر استفاده از غلظت 1/5 درصد اسانس پونه کوهی در فیلم پروتئین آب پنیر، موجب کاهش 3/3 سیکل لگاریتمی در میزان شمارش کلی باکتری‌ها در گوشت تازه گاو در دمای یخچال گردید و نیز موجب مهار کامل باکتری‌های اسید لاکتیک گردید (Zinoviadou et al., 2009) در بررسی اسلاوه و همکاران (2004) فیلم پروتئین شیر حاوی اسانس پونه کوهی و فلفل فرنگی شیرین در گوشت گاو مورد بررسی گرفت و باعث کاهش یک سیکل لگاریتمی در تعداد باکتری‌های

آگار¹ دمای انکوبه 30 درجه به مدت 96 ساعت، و برای شمارش باکتری‌های سودوموناس از محیط کشت سودوموناس آگار حاوی ساپلمنت اختصاصی² و دمای انکوباسیون 25 درجه سانتی‌گراد، استفاده گردید (Zinoviadou et al, 2009).

تعیین pH

5 گرم نمونه گوشت در روزهای آزمون با 45 سی‌سی آب مقطر دیونیزه به مدت 1 دقیقه با سرعت 1000 دور به دقیقه توسط هموژنایزر هموژنیزه شده و با دستگاه pH متر در دمای اطاق اندازه‌گیری صورت گرفت (Brannan, 2008).

ارزیابی میزان اکسیداسیون به روش تیوباربیتوریک اسید (TBA)

مالون دی آلدهید عموماً در طی اکسیداسیون چربی‌ها ایجاد می‌شود. این ترکیب با 2- تیوباربیتوریک اسید ایجاد یک ترکیب قرمز رنگ می‌کند که توسط اسپکتروفتومتر جذبی در 531 نانومتر قابل اندازه‌گیری است. 10 گرم نمونه گوشت با تری کلرواستیک اسید 10% مخلوط شده سپس به مدت 30 دقیقه با دور 2300 و دمای 5 درجه سانتی‌فیوژ شد سپس بخش فوقانی از فیلتر کاغذی عبور داده شده و دو سیسی از آن مایع با 2 سی سی محلول تیوباربیتوریک اسید 2 میلی‌مول هموژنیزه گشته و در 97 درجه به مدت 20 دقیقه انکوبه گردید و تا دمای اتاق سرد گردید و جذب آن در 531 نانومتر در مقایسه با محلول تنهای TBA خوانده شد. غلظت نمونه‌ها با رسم منحنی کالیبراسیون که بین دو مقدار 1 و 20 میلی‌مول را پوشش دهد محاسبه گردید. مقدار TBARS بر اساس میلی‌گرم از مالون دی‌آلدهید به ازای یک کیلوگرم نمونه گزارش گردید (Nerin et al, 2006).

ارزیابی‌های حسی

بر روی نمونه‌های گوشت نگهداری شده در روزهای ذکر شده، توسط 6 نفر افراد پانل نیمه ماهر (بر اساس دستورالعمل انجمن گوشت آمریکا) که آموزش و راهنمایی‌های اولیه بر اساس روش کراس و همکاران (cross et al, 1978) به آنها داده شده است، انجام پذیرفت (Djenane et al, 2003).

تجزیه و تحلیل‌های آماری داده‌ها

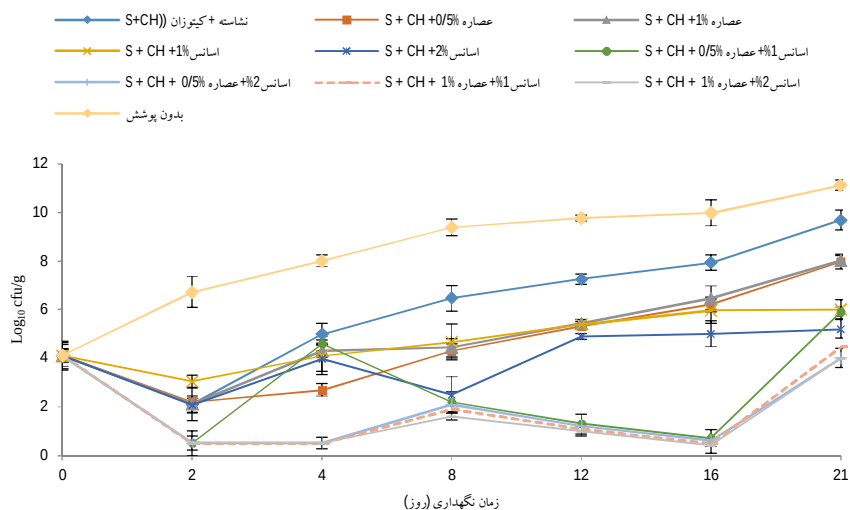
کلیه آزمایش‌ها حداقل در سه تکرار انجام گرفت. داده‌ها با استفاده از آنالیز واریانس یک‌طرفه و نرم‌افزار SPSS تجزیه و تحلیل

1 De Man, Rogosa and Sharpe (MRS) agar
2 Cetrimide-fucidin-cephaloridine (CFC)

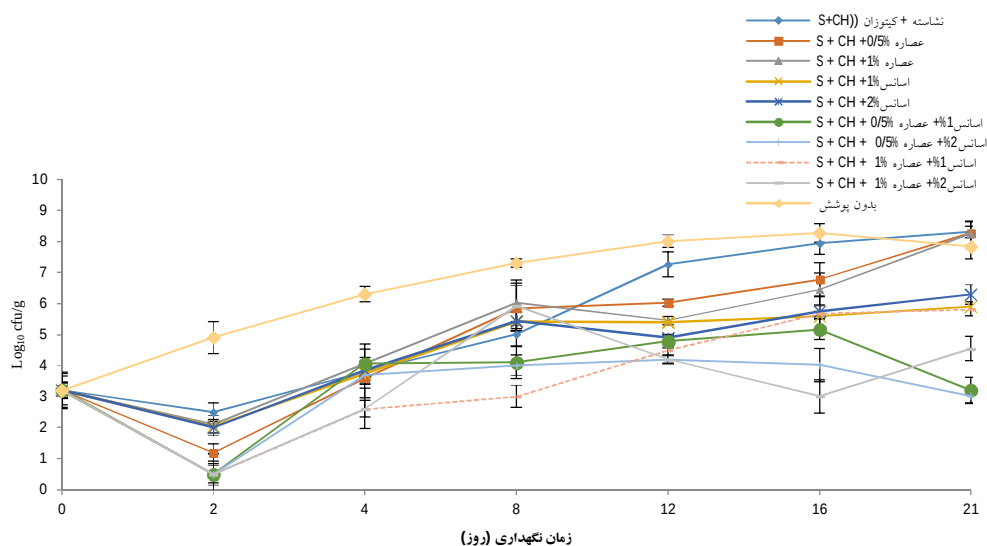
دارد. از روز 16 به بعد نیز به دلیل غالب شدن فلور فساد و فعل و انفعالات شیمیایی ناشی از فساد نمونه‌های گوشت pH رو به فزونی می‌گذارد. که این افزایش اختلاف معنی‌داری با نمونه کنترل و بدون پوشش دارد. مطالعه، ها و همکاران (2001) که با آزمون حاضر همخوانی دارد و از عصاره دانه گریپ فروت در بسته‌بندی پلی‌اتیلنی چند لایه استفاده کرده بودند نشان داد که در صورت استفاده از عصاره گریپ فروت pH نمونه گوشت بسته‌بندی شده تا روز 12 از یک سطح نسبتاً پایداری برخوردار می‌باشد که نشان از رشد کم میکروبی در نمونه‌های حاوی عصاره می‌باشد.

سودوموناس و اشیریشیا کلای O157:H7 گردید. یافته‌های آزمون pH مشابه نتایج مطالعه امیراوغلو و همکاران (2010) است که در استفاده از فیلم پروتئین سویا در پتی گاو به دست آمد.

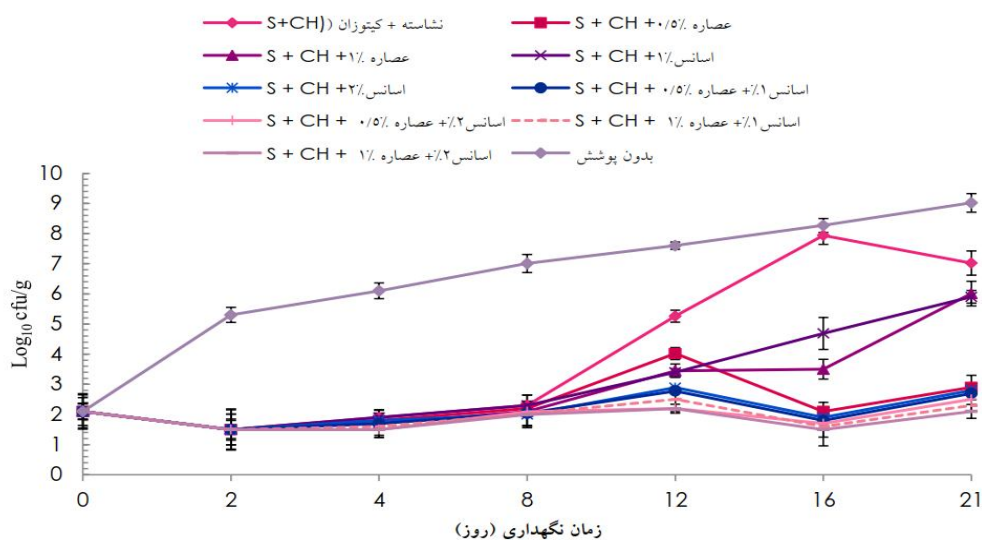
میزان pH فیلم کامپوزیتی حاوی اسانس کاکوتی و عصاره پوست انار در شکل 4 آمده است. نتایج تغییرات pH نشان داد که میزان pH نمونه‌های گوشت بدون پوشش در روز صفر 5/88 بود که با افزایش زمان نگهداری تا روز 12 کاهش منظمی را نشان می‌دهد و از روز 12 به بعد روند افزایشی یافته و در روز 21 به 6/65 می‌رسد. و از روز 16 نیز دوباره روند افزایش pH شروع می‌گردد. در ضمن در بین تیمارهای مختلف و کنترل در روزهای مختلف اختلاف معنی‌دار وجود



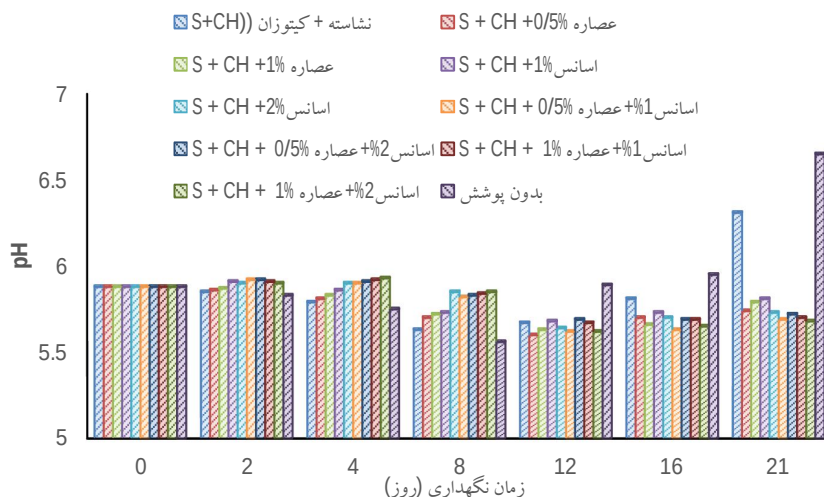
شکل 1- تغییرات جمعیت باکتریهای مزوفیل هوازی بر حسب (log10 CFU/g) در نمونه گوشت پوشش داده شده .



شکل 2- تغییرات جمعیت باکتریهای اسید لاکتیک بر حسب (log10 CFU/g) در نمونه گوشت پوشش داده شده



شکل 3- تغییرات جمعیت باکتری سودوموناس بر حسب (log10 CFU/g) در نمونه گوشت پوشش داده شده



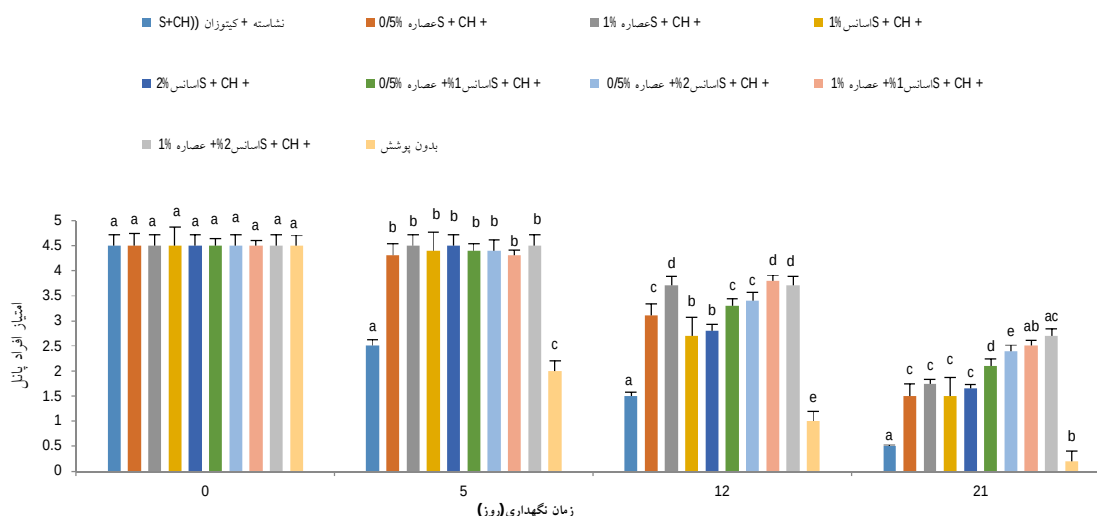
شکل 4- میزان تغییرات pH در نمونه گوشت پوشش داده شده توسط فیلم کیتوزان - نشاسته

ارزیابی میزان اکسیداسیون نشان داد که استفاده از فیلم کامپوزیت خالی و یا حاوی عصاره و اسانس اثرات معنی داری در روزهای مختلف بر روی میزان اکسیداسیون گوشت دارد ($p < 0/05$). در بین تمام تیمارهای مختلف تیمارهای حاوی عصاره نیم و یک درصد بیشترین مانعت را از تشکیل مالون آلدئید داشتند و بیشترین میزان اکسیداسیون نیز در نمونه بدون پوشش و کنترل بدون عصاره مشاهده گردید. در تیمارهای حاوی اسانس نیز میزان تشکیل مالون آلدئید حتی در روز صفر آزمون اختلاف معناداری با سایر تیمارها و کنترل

نتایج ارزیابی میزان اکسیداسیون که به شکل میلی گرم مالون آلدئید در هر کیلوگرم گوشت بیان می گردد، در جدول 1 آورده شده است. نتایج نشان داد که استفاده از فیلم کامپوزیت خالی و یا حاوی عصاره و اسانس اثرات معنی داری در روزهای مختلف بر روی میزان اکسیداسیون گوشت دارد ($p < 0/05$). در بین تمام تیمارهای مختلف تیمارهای حاوی عصاره نیم و یک درصد بیشترین مانعت را از تشکیل مالون آلدئید داشتند و بیشترین میزان اکسیداسیون نیز در نمونه بدون پوشش و کنترل بدون عصاره مشاهده گردید. نتایج

تحقیق دیگر توسط نرین و همکاران (2006) که از آنتی اکسیدان‌های طبیعی در قالب پوشش‌های بسته‌بندی برای پوشش‌دهی گوشت استفاده کرده بودند، نمونه کنترل بدون پوشش در پایان روز 14 نگهداری به 2/74 میلی گرم مالون آلدئید در کیلوگرم گوشت رسید در حالیکه این میزان در سایر نمونه‌ها 1/5 میلی گرم بود که باعث کاهش 43 درصدی در میزان تشکیل مالون آلدئید گردید.

داشت که علت آن می‌تواند به علت تولید ترکیباتی باشد که در اسانس‌ها موجود بوده و موجب تشکیل ترکیبات رنگی شبیه مالون آلدئید می‌گردد. نتایج مشابهی توسط هایس و همکاران (2010) و در نمونه‌های گوشت پوشش داده شده با عصاره برگ زیتون، سزامول، لوتئین و الازیک اسید و نیز ها و همکاران (2001) در کنترل میزان اکسیداسیون و تشکیل مالون آلدئید گزارش گردیده است. در یک



شکل 4- ارزیابی حسی (رنگ) نمونه‌های گوشت پوشش داده شده توسط فیلم حاوی عصاره الکلی پوست انار و اسانس روغنی کاکوتی، نگهداری شده در دمای 4 درجه سانتی‌گراد. حروف غیر مشابه در هر روز نشان دهنده اختلاف معنی دار ($p < 0/05$).

معنی‌دار از این نظر مشاهده گردید ($p < 0/05$) (شکل 5). در مورد مقبولیت ظاهری مانند وجود آگزودا در روزهای صفر و 5 تیمارهای حاوی عصاره و اسانس اختلاف معنی‌داری با نمونه‌های کنترل نداشتند ولی در روزهای 12 و 21 بین تیمارهای حاوی اسانس و عصاره و نمونه‌های کنترل اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید و همچنین نمونه گوشت حاوی پوشش با نمونه بدون پوشش نیز اختلاف معنی‌داری داشتند ($p < 0/05$) (شکل 6).

متاسفانه مطالعات زیادی در زمینه اثرات فیلم‌های ضد میکروبی حاوی عصاره و اسانس بر روی خصوصیات حسی مواد غذایی صورت نپذیرفته است. در یکی از این مطالعات، چی و همکاران (2006) تاثیر فیلم کیتوزان با وزن مولکولی متوسط حاوی اسانس پونه را بر روی ویژگی‌های حسی بلونا در چهار درجه سانتی‌گراد را ارزیابی نمودند و نشان دادند که اسانس در غلظت 45 ppm از لحاظ حسی مورد قبول بود.

مطالعه نرین و همکاران (2006) نیز نشان داد که نمونه‌های گوشت استیک گاو پوشش‌دهی شده با آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی از لحاظ تغییرات رنگی در روز 14 غیر قابل قبول تلقی می‌شدند در

در شکل‌های 5، 6 و 7 نتایج ارزیابی حسی گوشت پوشش‌دهی شده با فیلم کامپوزیتی حاوی اسانس کاکوتی و عصاره پوست انار از لحاظ رنگ، بو و ظاهری کلی آورده شده است. به‌طور کلی استفاده از فیلم‌ها اثرات معنی‌داری بر روی نمونه‌ها نشان داد. به‌طوریکه در مورد رنگ فیلم‌های حاوی عصاره و اسانس در روزهای مختلف به جز روز صفر، اختلاف معنی‌داری با نمونه بدون پوشش و فیلم بدون عصاره و اسانس نشان داد ($p < 0/05$). در روز 5 نیز فیلم‌های حاوی عصاره و اسانس اختلاف معنی‌داری از نظر رنگ با نمونه‌های بدون پوشش و کنترل داشتند. در روز 21 علاوه بر این بین تیمارهای حاوی اسانس و عصاره با فیلم‌های کنترل اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید، بین تیمارهای ترکیبی حاوی اسانس و عصاره توام با نمونه‌های حاوی عصاره تنها نیز اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید ($p < 0/05$).

از نظر بو نیز در روز صفر نمونه‌های حاوی عصاره 1 درصد و اسانس امتیاز پایینی نسبت به گروه کنترل و بدون پوشش داشتند. ولی به مرور زمان و در روزهای بعدی امتیاز نمونه‌های حاوی اسانس و عصاره کمتر کاهش یافته و در مقابل از امتیاز نمونه‌های بدون پوشش و بدون اسانس و عصاره کاسته گردید و بین آنها اختلاف

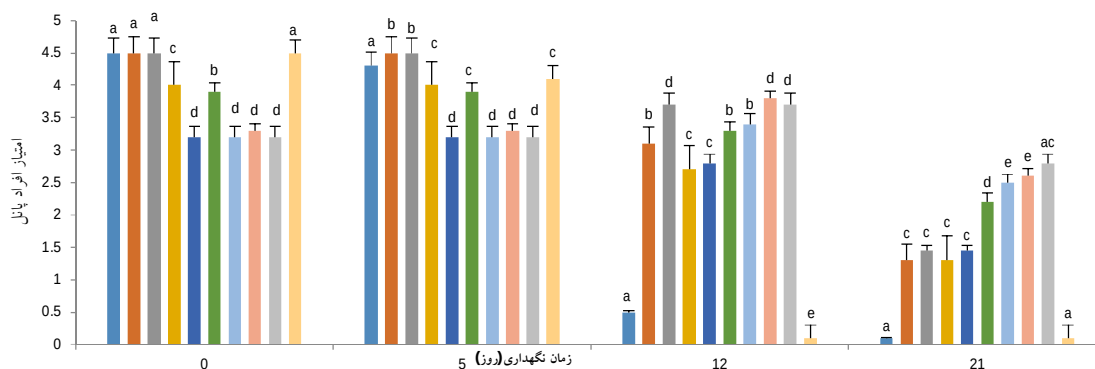
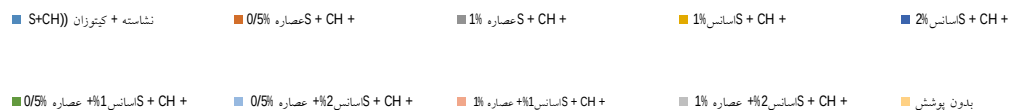
نیز با اضافه نمودن اسانس پونه کوهی انجام گرفت، مشخص کرد که تیمارهای حاوی اسانس در تمام تیمارهای بسته‌بندی در دماهای مختلف نسبت به گروه کنترل عمر نگهداری طولانی تری داشتند (Nychas&Skandamis.,2002). در تحقیق حاضر مشاهده گردید که تیمارهای حاوی اسانس و عصاره مقبولیت کلی بیشتری در مقایسه با نمونه‌های کنترل داشتند.

حالی که نمونه‌های کنترل در روز 12 به این حالت می‌رسیدند که نشان می‌دهد حدود 2 روز به عمر نگهداری آنها افزوده شده بود. تحقیق هایس و همکاران (2010) و بانون و همکاران (2010) نیز نشان داد که از لحاظ ارزیابی‌های حسی اضافه نمودن ترکیبات فعال و اسانس‌ها به نمونه‌های گوشت هیچ تاثیر منفی در ویژگی‌های حسی نمونه در مقایسه با کنترل نداشت. نتایج ارزیابی حسی مطالعه‌ای که در نمونه‌های گوشت بسته‌بندی شده در شرایط مختلف اتمسفری و

جدول 1- تغییرات TBA در نمونه گوشت پوشش داده شده توسط فیلم کیتوزان - نشاسته حاوی عصاره الکلی پوست انار و اسانس روغنی کاکوتی، نگهداری شده در دمای 4 درجه سانتی‌گراد و روزهای مختلف بر حسب میلی گرم مالون آلدهید در هر کیلوگرم نمونه

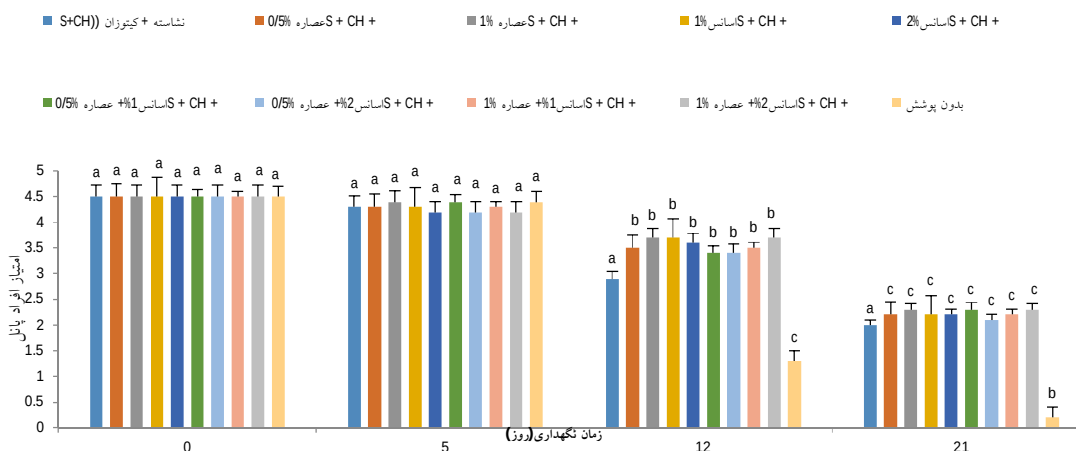
روزهای نگهداری							نوع فیلم
۲۲	۱۷	۱۳	۹	۵	۲	صفر	
۲/۹۰±۰/۰۶ ^{ad}	۲/۷۸±۰/۱ ^{ad}	۲/۴۱±۰/۰۹ ^{ad}	۲/۰۱±۰/۰۶ ^e	۱/۶۱±۰/۰۶ ^d	۱/۲۰±۰/۰۹ ^b	۱/۰۱±۰/۱۵ ^a	بدون پوشش
۲/۵۴±۰/۰۹ ^{ab}	۲/۰۴±۰/۰۴ ^e	۱/۹۶±۰/۰۸ ^{ab}	۱/۷۶±۰/۰۵ ^d	۱/۵۳±۰/۰۵ ^d	۱/۱۱±۰/۰۳ ^b	۱/۰۱±۰/۱۵ ^a	نشاسته + کیتوزان (S+CH)
۱/۴۱±۰/۰۹ ^b	۱/۳۹±۰/۰۷ ^b	۱/۳۰±۰/۰۷ ^b	۱/۲۲±۰/۰۶ ^b	۱/۰۷±۰/۰۲ ^b	۱/۰۳±۰/۰۴ ^a	۱/۰۱±۰/۱۵ ^a	عصاره S + CH +۰/۵%
۱/۱۱±۰/۰۹ ^a	۱/۰۹±۰/۰۷ ^a	۱/۰۳±۰/۰۵ ^a	۱/۰۷±۰/۰۳ ^a	۱/۰۴±۰/۰۲ ^a	۱/۰۲±۰/۰۵ ^a	۱/۰۱±۰/۱۵ ^a	عصاره S + CH +۱%
۲/۲۶±۰/۰۶ ^e	۲/۱۵±۰/۰۶ ^{ab}	۲/۰۳±۰/۰۷ ^{ab}	۱/۸۲±۰/۰۸ ^d	۱/۸۲±۰/۰۷ ^e	۱/۸۰±۰/۰۷ ^c	۱/۷۸±۰/۰۸ ^b	اسانس S + CH +۱%
۲/۷۸±۰/۰۸ ^{ac}	۲/۶۴±۰/۱۲ ^{ad}	۲/۴۱±۰/۱۲ ^{ad}	۲/۲۶±۰/۱۱ ^{ab}	۲/۲۸±۰/۰۷ ^{ac}	۲/۲۲±۰/۰۹ ^{ab}	۲/۲۲±۰/۱۹ ^c	اسانس S + CH +۲%
۱/۹۳±۰/۰۷ ^d	۱/۹۲±۰/۰۹ ^c	۱/۸۵±۰/۰۳ ^e	۱/۸۲±۰/۰۸ ^d	۱/۷۸±۰/۰۶ ^e	۱/۷۶±۰/۰۶ ^d	۱/۷۶±۰/۰۹ ^b	اسانس S + CH +۰/۵% + عصاره
۲/۳۱±۰/۰۳ ^c	۲/۲۹±۰/۰۲ ^{ac}	۲/۱۹±۰/۰۶ ^{ac}	۲/۰۴±۰/۰۴ ^e	۲/۰۶±۰/۱۱ ^{ab}	۲/۰۰±۰/۱۱ ^e	۱/۹۹±۰/۰۶ ^{ab}	اسانس S + CH +۰/۵% + عصاره
۱/۵۸±۰/۰۵ ^c	۱/۵۷±۰/۰۶ ^b	۱/۵۵±۰/۰۹ ^c	۱/۵۱±۰/۰۹ ^c	۱/۴۳±۰/۰۸ ^c	۱/۴۵±۰/۱۶ ^c	۱/۴۴±۰/۰۷ ^{ac}	اسانس S + CH +۱% + عصاره
۱/۸۸±۰/۰۴ ^d	۱/۸۳±۰/۰۵ ^c	۱/۷۴±۰/۰۶ ^d	۱/۶۹±۰/۰۸ ^d	۱/۵۶±۰/۰۴ ^d	۱/۵۷±۰/۰۸ ^c	۱/۵۷±۰/۰۳ ^{ad}	اسانس S + CH +۱% + عصاره

* میانگینها با حروف غیر مشابه در یک ستون نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار است ($p < 0.05$)



شکل 6- ارزیابی حسی (بو) نمونه‌های گوشت پوشش داده شده توسط فیلم حاوی عصاره الکلی پوست انار و اسانس روغنی کاکوتی، نگهداری

شده در دمای 4 درجه سانتیگراد. حروف غیر مشابه در هر روز نشان دهنده اختلاف معنی دار است ($p < 0/05$).



شکل 7- ارزیابی حسی (ظاهر کلی و آگزودا) نمونه های گوشت پوشش داده شده توسط فیلم کیتوزان - نشاسته حاوی عصاره الکلی پوست انار و اسانس روغنی کاکوتی، نگهداری شده در دمای 4 درجه سانتیگراد. حروف غیر مشابه در هر روز نشان دهنده اختلاف معنی دار است ($p < 0/05$).

فساد در گوشت را به تعویق می اندازد و موجب افزایش عمر نگهداری آن می گردد. بنابراین با تحقیقات بیشتر و بررسی سایر جنبه های فیلم خوراکی تولید شده می توان از آن در بسته بندی گوشت استفاده نمود.

نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که فیلم کامپوزیتی خوراکی نشاسته - کیتوزان حاوی اسانس کاکوتی و عصاره پوست انار به طور معناداری

منابع:

- مهربان آتش، معصومه، کاراژیان رضا، بیرقی طوسی شهرام. (1385) مطالعه اثر ضد میکروبی روغن فرار کاکوتی کوهی بر باکتریهای مولد فساد و بیماریزای مواد غذایی.. فصلنامه گیاهان دارویی، 23، 46-51.
- Ahvenainen, R, 2003, Novel food packaging techniques. In: Ahvenainen R. Editors. Active and intelligent packaging: an introduction. Cambridge, UK: Woodhead Publishing Ltd, 5-21.
- Al-Zoreky N.S., 2009. Antimicrobial activity of pomegranate (*Punicagranatum* L.) fruit peels. *International Journal of Food Microbiology*, 134, 244-248.
- Amiri, H., 2012, Essential Oils Composition and Antioxidant Properties of Three *Thymus* Species Evidence-Based *Complementary and Alternative Medicine*.
- Brannan, R., 2008, Effect of grape seed extract on physicochemical properties of ground, salted, chicken thigh meat during refrigerated storage at different relative humidity levels. *Journal of Food Science*. 73, C36-C40.
- Coma, V., Sebti, I., Pardon, P., Deschamps, A. & Pichavant, F.H., 2001, Antimicrobial edible packaging based on cellulosic ethers, fatty acids, and nisin incorporation to inhibit *Listeria innocua* and *Staphylococcus aureus*. *Journal of Food Protection*, 64, 470-475.
- Djenane, D., Sánchez Escalante, A., Beltrán, J. A. & Roncale's, P., 2003, Extension of the shelf life of beef steaks packaged in a modified atmosphere by treatment with rosemary and displayed under UV free lighting, *Meat Science*, 64, 417-426.
- Dobias, J., Chudackova, K., Voldrich, M. & Marek, M., 2000, Properties of polyethylene films with incorporated benzoic anhydride and/or ethyl and propyl esters of 4-hydroxybenzoic acid and their suitability for food packaging. *Food additives & contaminants*, 17, 1047-1053.
- Emiroglu, Z.K., Yemis, G.P., Coskunc, B.K. & Candoglu, K., 2010, Antimicrobial activity of soy edible films incorporated with thyme and oregano essential oils on fresh ground beef patties, *Meat Science*, 86, 283-288.
- Fatehi-Hassanabad, Z., Jafarzadeh, M., Tarhini, A. & Fatehi, M., 2005, The antihypertensive and vasodilator effects of aqueous extract from *Berberis vulgaris* fruit on hypertensive rats, *Phytotherapy research*, 19:222-225.
- Gomez-Estaca, J., Gimenez, B., Montero, P. & Gomez-Guillen, M.C., 2009. Incorporation of antioxidant borage extract into edible Films based on sole skin gelatin or a commercial fish gelatin, *Journal of Food Engineering*, 92(1):78-85.

- Hashemi, M., Ehsani, A., Hosseini Jazani N, Aliakbarlu, J., & Mahmoudi R., 2013, Chemical composition and *in vitro* antibacterial activity of essential oil and methanol extract of *Echinophora platyloba* DC against some of food-borne pathogenic bacteria. *Veterinary Research Forum*, 4, 123-127.
- Huang, T.H.W., Penga, G., Kota, B.P., Li, G.Q., Yamahara J., Roufogalis, B.D. & Li, Y., 2005. Anti-diabetic action of *Punicagranatum* L. flower extract: Activation of PPAR-g and identification of an active component, *Toxicology and Applied Pharmacology*, 207, 160-169.
- Kalemba, D. & Kunicka, A., 2003, Antibacterial and antifungal properties of essential oils, *Current Medicinal Chemistry*, 10, 813-829.
- Lansky, E.P. & Newman, R., 2007, *Punicagranatum* (pomegranate) and its potential for prevention and treatment of inflammation and cancer, *Journal of Ethnopharmacology*, 109(2): 177-206.
- Li Y., Guo, C., Yang, J., We, J. & Xu, J., 2006, Cheng S. Evaluation of antioxidant properties of pomegranate peel extract in comparison with pomegranate pulp extract, *Food Chemistry*, 96, 254-260.
- Marandi, J. R. ., Hassani, A., Ghosta, Y., Abdollahi, A., Pirzad, A. & Sefidkon F., 2011, Control of *Penicillium expansum* and *Botrytis cinerea* on pear with *Thymus kotschyianus*, *Ocimum basilicum* and *Rosmarinus officinalis* essential oils, *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(4):626-634.
- Martos, M.V., López, J.F. & Álvarez, J.A.P., 2010, Pomegranate and its Many Functional Components as Related to Human Health: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9(6): 635-654.
- Nerin, C., Tovar, L., Djenane, D., Camo. J. J.S., Beltraan, J.A. & Roncalea, P., 2006, Stabilization of Beef Meat by a New Active Packaging Containing Natural Antioxidants, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 7840-7846.
- Ouattara, B., Simard, R.E., Piette, G., Begin, A. & Holley, R.A., 2000, Diffusion of acetic and propionic acids from chitosan-based antimicrobial packaging films, *Journal of Food Science*, 65, 768-773.
- Ozdemir, M. & Floros, J.D., 2004. Active Food Packaging Technologies. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44(3): 185-193.
- Rinaudo, M., 2006, Chitin and chitosan: Properties and applications. *Progress in Polymer Science*, 31(7):603-632.
- Rodrigues, E.T. & Han J.H., 2000, Antimicrobial whey protein films against spoilage and pathogenic bacteria. Proceeding of the IFT Annual Meeting; Dallas, Texas; June 10-14. Chicago Illinois, *Institute of food Technologist*. P191.
- Schuenzel, K.M. & Harrison, M.A., 2002, Microbial antagonists of foodborne pathogens on fresh minimally processed vegetables, *Journal of Food Protection*, 65, 1909-1915.
- Solomakos, N., Govaris, A., Koidis, P. & Botsoglou, N., 2008, the antimicrobial effect of thyme essential oil, nisin and their combination against *Escherichia coli* O157:H7 in minced beef during refrigerated storage, *Meat Science*, 80, 159-166.
- Suppakul, P., Miltz, J., Sonneveld, K. & Bigger, S.W., 2002, Preliminary study of antimicrobial films containing the principal constituents of basil. World Conference on Packaging: Proceeding of the 13th Intl. Assoc. of Packaging Res. Inst., Michigan State Univ., East Lansing, Michigan, June 23-23. CRC Press LLC., Florida, USA. p. 834-839.
- Thakur, B. R. & Singh, R. K., 1994, Food irradiations Chemistry and applications. *Food Research International*, 10, 437- 473.
- Thangavelu, R., Sundararaju, P. & Sathiamoorthy, S., 2004, Management of anthracnose disease of banana caused by *Colletotrichum musae* using plant extracts, *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 79, 664-668.
- Vermeiren, L., Devlieghere, F. & Devere, J., 2002, Effectiveness of some recent antimicrobial packaging concepts, *Food additives & contaminants*, 19, 163-171.
- Xu Y.X, Kim K.M, Hanna M.A. & Nag D., 2005. Chitosan-starch composite film: preparation and characterization, *Industrial Crops and Products*, 21(2), 185-192.
- Zinoviadou, K.G., Koutsoumanis, K.P. & Biliaderis C.G., 2009, Physico-chemical properties of whey protein isolates films containing oregano oil and their antimicrobial action against spoilage flora of fresh beef, *Meat Science*, 82:338-345.



The effect of active and edible starch-chitosan composite film incorporated with thymus kotschyanus essential oil and punica granatum peel extracts on shelf life of meat during storage

T. Mehdizadeh^{3*}, H. Tajik¹, A.Mojaddar Langroodi¹

Received: 2016.12.25

Accepted: 2017.05.20

Introduction: Meat is sensitive to microbial spoilage and chemical oxidation, so it is favorable to use a natural preservative with antioxidant and antimicrobial effects. The objective of this study was to prepare composite films from chitosan and starch containing pomegranate peel extract (PPE) and *Thymus kotschyanus* EO alone and in combination to evaluate their effects on shelf-life characteristics, including physico-chemical (pH, aw and lipid oxidation), sensorial (color, odor and general appearance) and microbial (lactic acid bacteria, aerobic mesophiles, pseudomonas) on meat at 4°C for 21 days.

Materials and methods: Fresh pomegranate fruits (*Punica granatum*) were purchased from a local hypermarket. After separation, the peels were washed and dried. Thus 700 ml alcohol and 300 ml distilled water were added to 250g of powdered peel. The mixture was left in a shaker for 24 hr. After cooling and filtration using a paper filter, the solvent was removed in a rotary evaporator and the extract was stored at 4 °C until use. The *Thymus kotschyanus* was purchased a local market in Urmia. Hydrodistillation of dried parts of plant was performed in a Clevenger-type apparatus for 3 hr. Sodium sulfate was used for dehydration of the oil, then oil was filtered using 0.22 μ m filters and stored in colored glass tubes in the dark at refrigerated temperature. Chitosan film solution was prepared by dissolving 1.5% (w/v) of chitosan in 1% (v/v) of glacial acetic acid solution with constant agitation using a magnetic stir plate during 24 h at room temperature. As a plasticizer, glycerol was added in the proportion of 30% (w/w) to chitosan powder, and the system was agitated for 5 min to complete homogenization. Starch solutions with concentrations of 3.5 % (w/v) were prepared by dispersing 27% amylose corn starch (Sigma-Aldrich Chemie GmbH, Steinheim, Germany) in distilled water and heating the mixtures on hotplates 95 °C during 30 min with stirring until it gelatinized, and then cooling to 40 °C. Composite films were prepared by mixing 100 mL of 2% chitosan solution with 100 mL of 3.5% starch solutions. For the films incorporated with the essential oils, tween 80 at a level of 0.2% w/v of essential oil was used as emulsifier. EO or hydro-alcoholic extracts were incorporated to the system at the level of 1% (v/v) of film form solution and homogenized in magnetic stir plate during more 5 min at room temperature. For microbial tests ten grams of each sample was diluted in 90 ml sterile 0.1 % ml peptone water (Merck, Darmstadt, Germany) and homogenized using shaker for 3 min at room temperature. Then, 0.1 mL of serial dilutions (0.1 % peptone water) of beef meat homogenates were transferred to agar plates. Pseudomonas were counted on Pseudomonas agar supplemented with CFC at 25 °C for 48 h (CFC, Merck, Darmstadt, Germany). Lactobacillus were enumerated on MRS agar (Merck, Darmstadt, Germany, Oxoid) incubated at 30 °C for 48 h. Finally, total mesophilic counts were determined using Plate Count Agar (PCA, Merck, Darmstadt, Germany), after kept for 2 days at 30°C. Level of lipid oxidation was investigated using thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) method as described by Pikul et al (1989). Ten grams of sample was homogenized with 1 mL BHT (1 mg/mL) and 35 mL trichloroacetic acid (5%) in a blender. The mixture was filtered using Whatman no 1. Five mL TBA solution (0.02 M) of filtrate solution was added to 5 mL of filtrate solution and kept in a water bath at 100°C for 60 min to expand the malondialdehyde-TBA complex. After cooling the tube, the absorbance of the samples were determined at 532 nm. The pH values were determined using a digital pH meter. A 5 g of beef meat sample containing 25 ml of distilled water was homogenized for up to 1 min. The sensory analysis of meat samples was carried out with 10 trained PhD students. After preparation of treatments, the samples were offered to each

1. Department of Food Hygiene and Quality Control, Faculty of Veterinary Medicine, Urmia University, Urmia, Iran

(*Corresponding author. Email: T.Mehdizadeh@Urmia.ac.ir)

panelist separately. Fresh beef meat was used as a control. Panelists were asked to evaluate texture, color, flavor and odor and overall acceptance on a nine-point Hedonic scale, with 9 being so good and 1 being so poor.

Results and discussion: The incorporation of PPE and EO into composite film showed that aerobic mesophiles and lactic acid bacteria were the most sensitive and resistant groups to films by 7.11 and 6.92 log cycles reduction after 21 days' storage, respectively. In addition, meat wrapped by 1% PPE films had the lowest degrees of lipid oxidation (1.11 mg MDA/kg samples) which was 61% lower than the control samples (2.90 mg MDA/kg samples). This study showed that starch-chitosan composite films containing of pomegranate peel extract and *Thymus kotschyanus* EO was significantly antibacterial properties, while shows the higher antioxidant effect. PPE also improves some physical properties of the film. Our results indicated that incorporation of pomegranate peel extract (PPE) and *Thymus kotschyanus* EO as a natural antibacterial agents have a potential to prolong the shelf-life of meat.

Keywords: composite film, chitosan- starch, *Thymus kotschyanus*, *Punica granatum*, shelf life, meat

مدل سازی تبدیل جزء برای تغییرات رنگ سیب در فرآیند همزمان آنزیم‌بری خشک و آب‌زدایی با روش پرتودهی متناوب مادون قرمز

حسن صباغی¹ - امان محمد ضیائی‌فر^{2*} - مهدی کاشانی‌نژاد³

تاریخ دریافت: 1395/11/13

تاریخ پذیرش: 1396/04/06

چکیده

پرتودهی متناوب روش فرآوری نوینی در صنایع غذایی است که طی آن دمای سطحی محصول ثابت نگه داشته می‌شود. در این پژوهش، سینتیک تغییرات رنگ برش‌های سیب با هدف حفظ کیفیت ظاهری طی فرآیند آنزیم‌بری خشک و آب‌زدایی همزمان با پرتودهی متناوب مادون قرمز، بررسی شد. بدین منظور، برش‌های سیب (وارته زرد لبنانی) در سه ضخامت 5، 9 و 13 میلی‌متر در سه دمای سطحی ثابت محصول 70، 75 و 80°C خشک شدند. پارامترهای روشنایی (L)، قرمزی (a)، زردی (b)، شدت تغییرات رنگ (ΔE)، کروما (C_r) و اندیس قهوه‌ای شدن (BI) با استفاده از مدل تبدیل جزء، طی فرآوری محصول توصیف شدند. مقدار تعادلی شاخص‌های رنگی (C_r) به عنوان شاخصی جهت مقایسه شرایط مختلف فرآوری استفاده گردید. نتایج نشان داد که کنترل دمای سطحی محصول و ضخامت در جلوگیری از تیرگی محصول طی آنزیم‌بری و آب‌زدایی موثر است. در واقع، رنگ مطلوب محصول (روشنایی بیشتر، قرمزی کمتر و زردی بیشتر) با کاهش دما و افزایش ضخامت مشاهده شد. اگرچه ضخامت محصول روی فاکتور زردی تأثیر معکوس و اندکی نشان داد (62/583 و 57/491 به ترتیب برای ضخامت 5 و 13 میلی‌متر در دمای 70°C). شدت تیرگی رنگ وابستگی زیادی به ضخامت محصول داشت. کاهش دمای سطحی موجب کاهش غیرمعنی‌دار اندیس قهوه‌ای شدن گردید (162/99 و 108/482، 104/761 به ترتیب برای دمای 70، 75 و 80°C در ضخامت 5 میلی‌متر). این امر نشان‌دهنده این واقعیت است که عملیات همزمان آنزیم‌بری خشک و آب‌زدایی با دمای سطحی ثابت محصول می‌تواند از وقوع واکنش‌های نامطلوب تیرگی رنگ جلوگیری نماید.

واژه‌های کلیدی: آنزیم‌بری، آب‌زدایی، مادون قرمز، رنگ، مدل تبدیل جزء.

مقدمه

رنگ مهمترین ویژگی ظاهری مواد غذایی است، زیرا به شدت پذیرش مصرف‌کننده را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Krokida et al., 2001; Xiao et al., 2014). رنگ در محصولات آب‌زدایی‌شده ارتباط نزدیکی با عطر و طعم دارد (Tsami & Katsioti, 2000). در واقع، تحریک عصبی اشتها رابطه مستقیم با واکنش مشاهده‌گر به رنگ دارد (Maskan et al., 2002). مصرف‌کنندگان تمایل زیادی به استفاده از ماده غذایی دارند که ضمن سهولت نگهداری و مصرف، غذایی سالم و ایمن باشد (Velickova et al., 2014). رنگ غیرطبیعی ارتباط نزدیکی به تخریب کیفیت خوراکی یا فساد مواد غذایی دارد (Maskan, 2001).

فرآیند آنزیم‌بری⁴ یک عملیات حرارتی ملایم است که به‌عنوان یک پیش‌تیمار برای خشک‌کردن و منجمدکردن سبزیجات و میوه‌ها مورد نیاز است. فرآیند آنزیم‌بری و به دنبال آن آب‌زدایی می‌تواند موجب یکنواختی و پایداری رنگ، حفظ عطر و بهبود طعم در محصول نهایی شود (De corcuera et al., 2004). در مواردی لازم است تا رطوبت محصول بلانچ‌شده به مقدار جزئی خارج شود یا فعالیت آبی آن قبل از فرآوری بعدی کاهش یابد. برای تولید این محصولات دو مرحله فرآوری متوالی به‌صورت آنزیم‌بری و آب‌زدایی (خشک‌کردن) به‌طور معمول استفاده می‌شود (Pan et al., 2005). کاهش زمان خشک‌کردن بدون تخریب کیفی محصولات خشک‌شده یکی از دغدغه‌های اصلی صنعت غذا است. در روش‌های معمول خشک‌کردن استفاده از دمای بالا امکان‌پذیر نیست، زیرا محصولات غذایی نسبت به حرارت حساس هستند و تغییرات رنگی شدید در آن‌ها رخ می‌دهد. این امر یک محدودیت در نرخ تولید است و هزینه‌های آب‌زدایی را

1 و 2 - دانشجوی دکتری، دانشیار و استاد، گروه مهندسی مواد و طراحی صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

(*مسئول مکاتبات: Email: ziaifar@gmail.com)

DOI: 10.22067/food.v0i0.62293

(روشنی یا عمق رنگ) متغیر بین صفر (رنگ سیاه) تا 100 (رنگ سفید)؛ a (قرمزی یا سبزی رنگ) متغیر بین مقادیر مثبت (قرمزی) و مقادیر منفی (سبزی)؛ و b (زردی یا آبی رنگ) متغیر بین مقادیر مثبت (زردی) و منفی (آبی) است. شاخص‌های رنگ دیگری نیز وجود دارند که از این مقیاس رنگی محاسبه می‌شوند که شامل شدت تغییر رنگ (ΔE)، شاخص اشباع شدگی⁹ یا کروما¹⁰ (C_r) و زاویه رنگ¹¹ (H°) است (Dadali et al., 2007; Maskan, 2001; Ramallo & Mascheroni, 2012). همچنین، اندیس قهوه‌ای‌شدن¹² (BI) نیز قابل محاسبه است که نشان‌دهنده خلوص¹³ رنگ قهوه‌ای در فرآیند خشک کردن است (Dadali et al., 2007).

Krokida و همکاران (2001) ضمن بررسی تاثیر روش‌های خشک کردن بر رنگ محصولات مختلف از جمله سیب، گزارش کردند روش‌های مختلف خشک کردن تاثیر متفاوتی در سینتیک تغییر رنگ دارند. Tan و همکاران (2001) تغییرات رنگ آناناس و سیب‌زمینی را طی خشک کردن تحت تاثیر پرتودهی مادون قرمز بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که حرارت‌دهی مادون قرمز موجب افزایش سریع تغییر رنگ می‌گردد. استفاده از پرتودهی متناوب طی خشک کردن با هوای داغ کاهش معنی‌داری در تغییر رنگ نشان نداد اگر چه حداکثر تغییر رنگ با تاخیر بیشتری نسبت به پرتودهی مداوم مشاهده گردید. همچنین، Maskan (2002) سینتیک تغییر رنگ میوه کیوی طی خشک کردن با هوای داغ و مایکروویو را بررسی کرد. نتایج نشان داد که فرآیند خشک کردن هر سه پارامتر رنگی را تغییر می‌دهد که علت این تغییر رنگ بروز واکنش‌های قهوه‌ای شدن در محصول و ایجاد پلیمرهای تیره و ملانوئیدین¹⁴ تحت تاثیر افزایش دما است. Dadali و همکاران (2007) نیز سینتیک تغییر رنگ در بامیه¹⁵ را طی خشک کردن با مایکروویو بررسی کردند. Xiao و همکاران (2014) سینتیک تغییرات رنگ جنسینگ¹⁶ آمریکایی را طی خشک کردن با هوای داغ بررسی کردند. Nathakaranakule و همکاران (2010) خشک کردن ترکیبی با امواج دور مادون قرمز را روی میوه چشالو¹⁷ بررسی کردند. نتایج آن‌ها در ارتباط با رنگ نشان داد که میوه خشک شده دارای مقدار بیشتری قرمزی و زردی بوده ولی میزان روشنایی آن نسبت به میوه تازه کمتر است.

افزایش می‌دهد. استفاده از پرتو مادون قرمز به عنوان روش موثر جهت کوتاه کردن زمان خشک کردن بیان شده است. منابع مادون قرمز ارزان و بسیار مطمئن هستند، عمر طولانی و زمان پاستوردهی سریع و هزینه نگهداری کمی دارند (Tan et al., 2001). عملیات هم‌زمان آنزیم‌بری خشک مادون قرمز و آب‌زدایی¹ (SIRDBD) در میوه‌ها و سبزیجات با روش پرتودهی متناوب فرآیندی نوین است که طی آن دمای سطحی محصول ثابت نگه داشته می‌شود (Zhu & Pan, 2009; Zhu et al., 2010).

فاکتورهای مختلف موثر روی رنگ محصول شامل ترکیب و ویژگی‌های سطحی ماده غذایی، شرایط فرآیند (دما و زمان) و نوع فرآیندهای پیش تیمار می‌باشند. بنابراین، برای طراحی یک فرآیند نوین، مدل‌سازی سینتیکی جهت استخراج اطلاعات سینتیکی پایه در یک سیستم جهت پیش‌بینی تغییرات اهمیت دارد (Maskan, 2001). در این میان، مدل‌های سینتیکی تخریب حرارتی² شرایط حفظ حداکثری فاکتورهای کیفی را برای تولید یک محصول ایمن مشخص می‌نمایند (Dadali et al., 2007). مدل‌های توصیف رنگ به صورت توابع مرتبه صفر³، مرتبه اول⁴ و تبدیل جزء⁵ شناخته می‌شوند. مدل تبدیل جزء نشان‌دهنده میزان واکنش مورد نیاز در زمان مشخص جهت تکمیل یک پدیده است. این مدل‌سازی جهت طراحی سیستم‌های کنترل کیفیت برخط در فرآوری حرارتی نیز در صنعت غذا و حفظ کیفیت ظاهری محصول با بهینه‌سازی پارامترهای خشک کردن ضرورت دارد (Xiao et al., 2014).

واکنش‌های تیره شدن رنگ⁶ در برش‌های میوه طی خشک کردن اتفاق می‌افتند و منجر به تغییر رنگ نامطلوب⁷ می‌گردند (Cortes et al., 1999). از تغییرات رنگی نامطلوب می‌توان به واکنش‌های قهوه‌ای شدن میلارد میان اجزای قندی و آمینی یا اکسیداسیون اسید آسکوربیک اشاره کرد. بنابراین مقدار نهایی پارامترهای رنگی می‌تواند به عنوان شاخص کیفی جهت ارزیابی افت کیفی طی فرآیند حرارتی به کار رود (Krokida et al., 1998; Dadali et al., 2007). سنجش رنگ به روش غیرمستقیم توسط عکس برداری می‌تواند برای تخمین تغییرات رنگ مواد غذایی استفاده شود، زیرا این کار نسبت به آنالیز شیمیایی ساده‌تر و سریع‌تر است. در این روش از فضاهای توصیف رنگ استفاده می‌شود. پارامترهای رنگی هانتر⁸ شامل سه پارامتر L

9 Saturation index

10 Chroma

11 Hue angle

12 Browning index

13 Purity

14 Melanoidin

15 Okra

16 Ginseng

17 Longan

1 Simultaneous infrared dry-blanching and dehydration

2 Thermal degradation

3 Zero order

4 First order

5 Fractional conversion

6 Darkening process

7 Discoloration

8 Hunter

از ترموکوپل² نوع K و سیستم کنترل‌کننده الکترونیکی (PLC) کنترل می‌گردد. جهت انجام آزمایش، عملیات پرتودهی متناوب در سه دمای سطحی ثابت محصول برابر با 70، 75، 80 درجه سانتی‌گراد به ترتیب حدوداً به مدت 300، 420 و 240 دقیقه برای ضخامت‌های مختلف تا خروج کامل محتوی رطوبت از برش‌ها و دستیابی به وزن ثابت انجام شد.

عکس‌برداری و آنالیز تصویر

از برش‌های سیب طی فرآوری با فاصله زمانی 15 دقیقه عکس برداری انجام شد. به منظور عکس‌برداری از یک اسکنر مسطح (HP Scanjet G2710) ساخت ایالات متحده آمریکا مطابق با روش Romani و همکاران (2009) استفاده گردید. نمونه‌های تحت تیمار روی اسکنر قرار گرفته و سپس از یک جعبه سیاه جهت ممانعت از دخالت نورهای محیطی و بازتابش نور استفاده شد. تصاویر با کیفیت 300 dpi و فرمت TIFF-24 bit تهیه شد. تجزیه و تحلیل رنگ در تصاویر بدست آمده، در فضای رنگی $L^*a^*b^*$ با استفاده از پلاگین تبدیل فضای رنگ³ توسط نرم‌افزار ImageJ نسخه 1.6.0 انجام شد.

شدت تغییر رنگ و کروما

شدت تغییر رنگ (ΔE) مطابق روش Dadalı و همکاران (2007) براساس رابطه (1) محاسبه شد. در این معادله، اندیس i مربوط به پارامترهای رنگی اولیه $L^*a^*b^*$ محصول در زمان صفر و اندیس t مربوط به پارامترهای رنگی نمونه خشک شده در زمان t می‌باشد. مطابق روش Wojdyło و همکاران (2009) از مولفه‌های رنگی a (قرمزی) و b (زردی) که تعیین کننده وجود رنگدانه در محصول هستند؛ می‌توان شاخص کروما (C_r) را مطابق رابطه (2) محاسبه نمود.

$$\Delta E = \sqrt{(L_i - L_t)^2 + (a_i - a_t)^2 + (b_i - b_t)^2} \quad (1)$$

(2)

$$C_r = \sqrt{a^2 + b^2}$$

اندیس قهوه‌ای شدن

اندیس قهوه‌ای شدن (BI) مطابق روش Maskan (2001) از رابطه (3) حساب شد. متغیر x در این معادله از رابطه (4) حساب می‌گردد.

$$BI = \frac{[100(x - 0.31)]}{0.17} \quad (3)$$

$$x = \frac{(a + 1.75L)}{(5.645L + a - 3.012b)}$$

2 Thermocouple

3 Color space convertor

در این پژوهش به مطالعه رفتار تغییر رنگ برش‌های سیب طی آنزیم‌بری خشک و آبدایی همزمان با روش پرتودهی در دمای سطحی ثابت پرداخته شد. برای توصیف رفتار تغییر رنگ از مدل تبدیل جزء استفاده شد. با توجه به انجام عملیات آنزیم‌بری خشک، مطالعه سینتیک تغییرات رنگ تحت تاثیر دمای سطحی محصول و ضخامت آن می‌تواند در کنترل واکنش‌های تیرگی رنگ موثر باشد. بدین منظور لازم است پراکنش شیمیایی و آنزیمی وارسته مورد مطالعه در تمامی بخش‌ها ثابت فرض گردد.

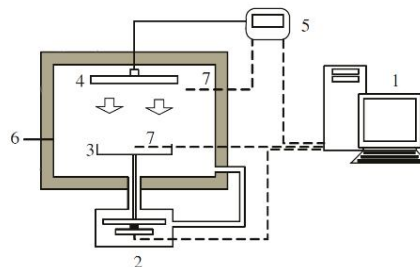
مواد و روش‌ها

آماده‌سازی برش‌های سیب

سیب وارسته زرد لبنانی¹ از بازار محلی در استان گلستان تهیه گردید و مطابق روش Acevedo و همکاران (2008) در دمای 0 ± 1 درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی 95-90 درصد نگهداری شد. نمونه‌ها پس از پوست‌گیری در سه اندازه به صورت برش‌هایی با ضخامت 5، 9 و 13 میلی‌متر و با قطر 20 میلی‌متر آماده شدند. میانگین محتوی رطوبت سیب توسط آون (Binder FD53) با دمای 103°C به مدت 24 ساعت اندازه‌گیری شد که برابر با 84 ± 1 درصد بر مبنای وزن مرطوب بود (AOAC, 2000).

عملیات پرتودهی متناوب مادون قرمز

برش‌های سیب بلافاصله پس از شستشو وارد عملیات همزمان آنزیم‌بری و خشک کردن مادون قرمز شدند. شکل (1) اجزای دستگاه خشک کن اتوماتیک ساخته شده توسط محققین پژوهش حاضر را مشابه با تجهیزات Liu و همکاران (2014) نشان می‌دهد.



شکل 1- سیستم خشک‌کن مادون قرمز و لوازم آن، (1) کامپیوتر (2) ترازو (3) سینی نمونه (4) تابش‌کننده سرامیکی مادون قرمز با توان 1000 وات (5) کنترل‌کننده الکترونیکی (PLC) (6) محفظه خشک‌کن (7) ترموکوپل‌ها

دمای سطحی نمونه در محفظه خشک‌کن به‌طور مداوم با استفاده

1 Golden delicious

(4)

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

تجزیه و تحلیل آماری اثر ضخامت و دما روی مقدار تعادلی شاخص‌های رنگی (C_f) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی (RCBD) با در نظرگیری دما به عنوان بلوک و ضخامت به عنوان تیمار در نرم‌افزار SPSS نسخه 19 انجام شد. در صورت وجود اختلاف معنی‌دار، مقایسه میانگین به صورت آزمون دانکن با سطح اطمینان 95 درصد ($P < 0/05$) انجام گرفت.

نتایج و بحث

تغییرات پارامتر روشنایی (L)

شکل 2 برازش مدل سینتیکی روی تغییرات روشنایی محصول را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشخص است روشنایی محصول طی فرآوردی به خصوص در زمان‌های ابتدایی فرآیند کاهش یافت. اطلاعات برازش مدل تبدیل جزء در جدول 1 به همراه مقایسه آماری میزان تعادلی این پارامتر (C_f) بیان شده است. جدول 2 نشان‌دهنده جدول آنالیز واریانس برای مقایسه دماها و ضخامت‌های مختلف از نظر روشنایی است. با افزایش دما و کاهش ضخامت روشنایی محصول به طور نسبتاً معنی‌داری کاهش یافت. در همین راستا، Maskan (2002) گزارش کرد، پارامترهای رنگی در ابتدای فرآیند خشک کردن سریع‌تر تغییر کردند. این رفتار احتمالاً ناشی از حضور واکنش‌های حساس به حرارت در فاز اول است که موجب تخریب رنگدانه‌های طبیعی ناپایدار نسبت به حرارت و تشکیل ترکیبات تیره کاهش‌دهنده روشنایی (واکنش مایلارد) می‌شود. همچنین Tan و همکاران (2001) بیان کردند که با افزایش حرارت‌دهی میزان پارامتر L با تولید ترکیبات تیره رنگ کاهش خواهد یافت. تشکیل این ترکیبات با افزایش دما و کاهش ضخامت به دلیل افزایش شدت حرارت‌دهی بیشتر خواهد بود. اگرچه Krokida و همکاران (2001) بیان کردند تغییرات روشنایی سیب طی خشک کردن با روش‌های مختلف واضح نیست و نسبتاً ثابت است.

تغییرات پارامتر قرمزی (a)

افزایش پارامتر قرمزی طی زمان فرآیند (شکل 3)، و همچنین با افزایش دما و کاهش ضخامت مشاهده شد ولی اختلاف بین ضخامت‌های مختلف از این نظر معنی‌دار نبود (جدول 3 و جدول 4). در همین راستا، Krokida و همکاران (2001) گزارش کردند که قرمزی سیب به طور معنی‌داری طی خشک کردن افزایش می‌یابد. Xiao و همکاران (2014) بیان کردند که پارامتر a در انتهای فرآیند نسبت به میانه فرآیند به آرامی تغییر می‌کند. Tan و همکاران (2001) علت افزایش پارامتر قرمزی را وقوع قهوه‌ای شدن در سطوح حرارتی بالا دانستند، که در اینجا در ضخامت 5 میلی‌متر و دمای 80 درجه سانتی‌گراد قابل مشاهده است.

مدل‌سازی تبدیل جزء

از مدل سینتیکی تبدیل جزء (رابطه 5) برای بیان سینتیک تغییرات شاخص‌های رنگ براساس روش Xiao و همکاران (2014) استفاده شد. در این معادله، C نشان‌دهنده میزان شاخص رنگی، C_0 مقدار اولیه شاخص رنگی، C_f مقدار تعادلی شاخص رنگی در نمونه خشک شده (مقدار شاخص رنگی در زمان بی‌نهایت) و t زمان فرآیند است. k ثابت نرخ تغییر رنگ برحسب (s^{-1}) است. مدل تبدیل جزء را می‌توان به صورت رابطه (6) ساده‌سازی کرد تا پارامترهای مدل به سادگی قابل پیش‌بینی باشند.

$$\frac{C - C_f}{C_0 - C_f} = \exp(\pm kt) \quad (5)$$

$$C = C_0 + a.(1 - \exp(-kt)), \quad C_f = C_0 + a \quad (6)$$

برازش

برازش مدل تبدیل جزء با استفاده از جعبه ابزار برازش منحنی در نرم افزار متلب نسخه 2009 و با سطح اطمینان 95 درصد ($P < 0/05$) انجام شد. جهت ارزیابی و مقایسه مدل‌ها، مطابق Krokida و همکاران (1998) از ضریب همبستگی تصحیح شده ($Adj.R^2$) و ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) به ترتیب مطابق رابطه (7) و رابطه (8) استفاده شد. در این روابط، P و O به ترتیب مقدار مشاهده شده و مقدار پیش‌بینی شده است. n تعداد مشاهده و p تعداد پارامترهای مدل می‌باشد.

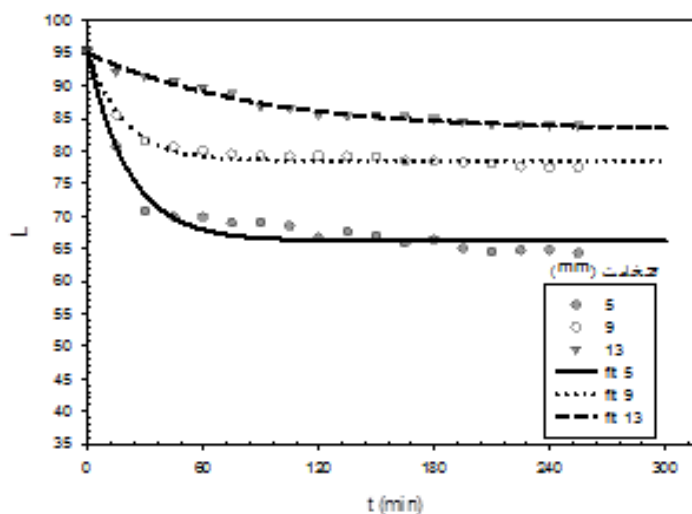
$$Adj.R^2 = R^2 - \frac{p-1}{n-p} (1 - R^2) \quad (7)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{(O-P)^2}{n-p}} \quad (8)$$

ارتباط قهوه‌ای شدن با ضخامت محصول و دمای فرآیند

ارتباط اندیس قهوه‌ای شدن (BI) با دمای فرآیند در ضخامت‌های مختلف محصول مشابه روش Xiao و همکاران (2014) با استفاده از شکل خطی معادله آرنیوس مطابق رابطه (9) بررسی شد. $\ln BI_0$ نشان‌دهنده عرض از مبدا، E_a نشان‌دهنده انرژی فعال‌سازی بر حسب $J.mol^{-1}$ و R ثابت جهانی گازها برابر با $8/309 J.mol^{-1}.K^{-1}$ می‌باشد. T دمای مطلق برحسب کلوین است.

$$\ln BI = \ln BI_0 - \frac{E_a}{RT} \quad (9)$$



شکل 2- برازش مدل تبدیل جزء روی تغییرات روشنایی برش‌های سیب در ضخامت‌های مختلف (دمای 80°C)

جدول 1- اطلاعات برازش مدل تبدیل جزء روی داده‌های روشنایی (L) در دما و ضخامت مختلف برش سیب

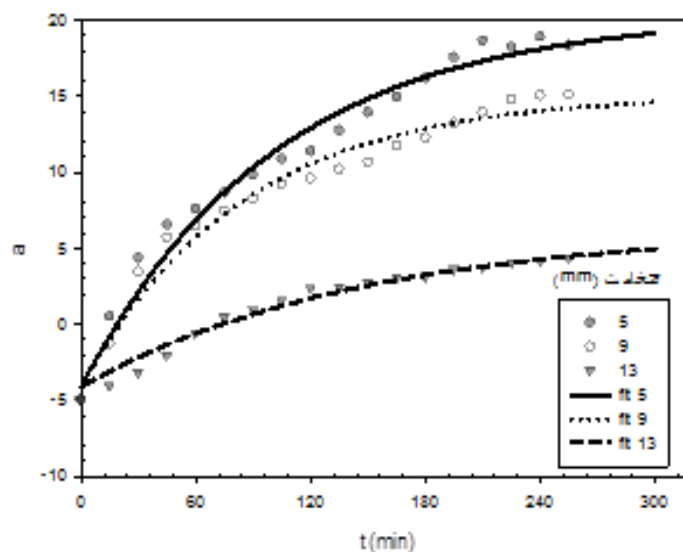
RMSE	Adj.R ²	پارامتر مدل			دما (°C)	ضخامت (mm)
		C _f	k	a		
0/393	0/994	81/466 ^{Ab}	0/003	-15/001	70	5
0/296	0/981	80/812 ^{ABb}	0/006	-15/159	75	
0/356	0/960	66/235 ^{Bb}	0/048	-28/818	80	
0/482	0/983	85/186 ^{Aab}	0/003	-10/281	70	9
0/465	0/979	84/472 ^{ABab}	0/007	-11/499	75	
0/348	0/977	78/483 ^{Bab}	0/053	-16/563	80	
0/577	0/977	86/836 ^{Aa}	0/003	-8/631	70	13
0/539	0/966	84/722 ^{ABa}	0/004	-11/249	75	
0/546	0/984	83/189 ^{Ba}	0/012	-11/857	80	

*حروف لاتین بزرگ مقایسه بین دماهای آزمون و حروف لاتین کوچک مقایسه بین ضخامت برش‌ها است.

* حروف مشترک نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار است ($P < 0/05$).

جدول 2- جدول ANOVA برای مقایسه تاثیر دما و ضخامت روی پارامتر روشنایی برش‌های سیب ($P < 0/05$)

معنی داری (sig.)	F	میانگین مربعات (MS)	درجه آزادی (df)	مجموع مربعات (SS)	
0/0000	887/772	11938/209	5	59691/047	مدل
0/031	4/615	62/062	2	124/124	ضخامت (تیمار)
0/047	4/771	64/160	2	128/320	دما (بلوک)
		13/447	4	53/790	خطا
			9	59744/836	کل



شکل 3- برازش مدل تبدیل جزء روی تغییرات قرمزی برش‌های سیب در ضخامت‌های مختلف (دمای 80°C)

جدول 3- اطلاعات برازش مدل تبدیل جزء روی داده‌های قرمزی (a) در دما و ضخامت مختلف برش سیب

RMSE	Adj.R ²	پارامتر مدل			دما (°C)	ضخامت (mm)
		C _f	k	a		
0/523	0/945	5/386 ^{Ba}	0/007	9/764	70	5
0/407	0/968	7/840 ^{ABa}	0/019	12/712	75	
0/714	0/974	20/411 ^{Aa}	0/010	24/502	80	
0/422	0/978	2/914 ^{Ba}	0/008	6/992	70	9
0/402	0/968	5/173 ^{ABa}	0/020	10/045	75	
0/591	0/970	15/161 ^{Aa}	0/012	19/252	80	
0/669	0/977	2/214 ^{Ba}	0/003	5/805	70	13
0/539	0/971	5/813 ^{ABa}	0/003	9/791	75	
0/633	0/971	6/289 ^{Aa}	0/007	10/380	80	

*حروف لاتین بزرگ مقایسه بین دماهای آزمون و حروف لاتین کوچک مقایسه بین ضخامت برش‌ها است.

* حروف مشترک نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار است ($P < 0/05$).

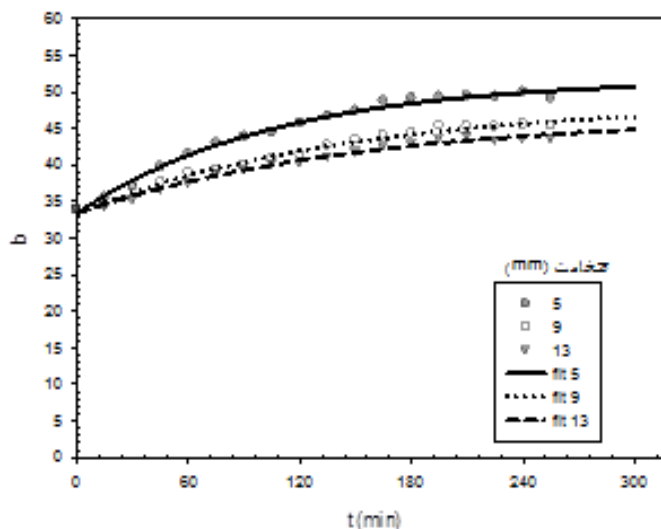
جدول 4- جدول ANOVA برای مقایسه تاثیر دما و ضخامت روی پارامتر قرمزی برش‌های سیب ($P < 0/05$)

معنی داری (sig.)	F	میانگین مربعات (MS)	درجه آزادی (df)	مجموع مربعات (SS)	
0/014	13/085	160/287	5	801/437	مدل
0/194	2/544	31/167	2	62/335	ضخامت (تیمار)
0/048	7/176	87/907	2	175/815	دما (بلوک)
		12/250	4	48/998	خطا
			9	850/435	کل

تغییرات پارامتر زردی (b)

محصول در دماها و ضخامت‌های مختلف نشان می‌دهد.

شکل 4 و جدول 5 برازش مدل تبدیل جزء را روی تغییرات زردی



شکل 4- برازش مدل تبدیل جزء روی تغییرات زردی برش‌های سیب در ضخامت‌های مختلف (دمای 80°C)

گرما، دسترسی به اکسیژن و حضور آنتی‌اکسیدان‌ها بستگی دارد. حفظ شاخص زردی در ضخامت کم (خروج سریع رطوبت و کاهش زمان کلی حرارت‌دهی) و دمای پایین (انرژی دریافتی کمتر) می‌تواند ناشی کاهش واکنش‌های تخریبی رنگدانه‌های طبیعی عامل رنگ سیب (کارتونوئید) باشد.

زردی طی زمان به آرامی افزایش یافت و میزان آن با کاهش دما و کاهش ضخامت به‌طور معنی‌داری بیشتر بود (جدول 6). نتایج زردی با گزارش بسیاری از محققین سازگاری دارد (Krokida *et al.*, 2001؛ 2010؛ Nathakaranakule *et al.*, 2014؛ Xiao *et al.*, 2006). Tarhan و Ergünes (2006) بیان کردند، تخریب رنگدانه‌های طبیعی مانند کارتونوئیدها در میوه‌ها به میزان انرژی دریافتی به شکل نور یا

جدول 5- اطلاعات برازش مدل تبدیل جزء روی داده‌های زردی (b) در دما و ضخامت مختلف برش سیب

RMSE	Adj.R ²	پارامتر مدل			دما	ضخامت
		C _f	k	a	(°C)	(mm)
0/726	0/987	62/583 ^{Aa}	0/005	30/208	70	5
0/529	0/986	54/543 ^{Ba}	0/012	21/182	75	
0/821	0/991	51/819 ^{Ca}	0/009	18/413	80	
0/682	0/989	57/618 ^{Ab}	0/005	25/243	70	9
0/456	0/986	49/332 ^{Bb}	0/016	15/971	75	
0/739	0/988	48/490 ^{Cb}	0/007	15/084	80	
0/613	0/979	57/491 ^{Ab}	0/003	25/116	70	13
0/544	0/988	48/558 ^{Bb}	0/011	15/197	75	
0/875	0/988	46/750 ^{Cb}	0/006	13/344	80	

*حروف لاتین بزرگ مقایسه بین دماهای آزمون و حروف لاتین کوچک مقایسه بین ضخامت برش‌ها است.

* حروف مشترک نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار است (P<0/05).

جدول 6- جدول ANOVA برای مقایسه تاثیر دما و ضخامت روی پارامتر زردی برش‌های سیب ($P < 0/05$)

معنی داری (sig.)	F	میانگین مربعات (MS)	درجه آزادی (df)	مجموع مربعات (SS)	
0/000	15485/729	5105/776	5	25528/878	مدل
0/001	75/834	25/003	2	50/006	ضخامت (تیمار)
0/000	270/488	89/182	2	178/364	دما (بلوک)
		0/330	4	1/319	خطا
			9	25530/197	کل

کروما (C_r)

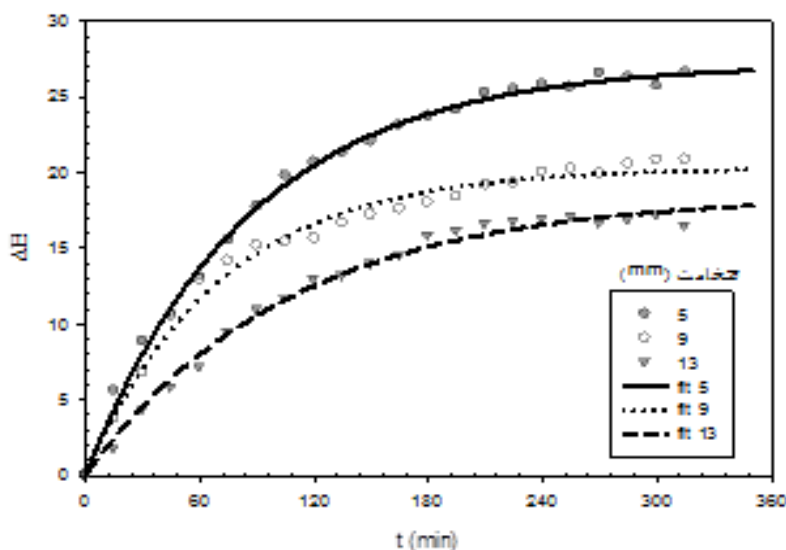
شاخص کروما طی زمان فرآیند افزایش یافت (شکل 6). کروما در محصول با افزایش ضخامت و افزایش دما به طور معنی‌داری به دلیل کاهش میزان پارامتر زردی همواره کاسته شد (جدول 10 و جدول 11).

Dadali و همکاران (2007) بیان کردند میزان کروما تحت تاثیر پارامتر زردی است. این نتایج نشان می‌دهد که میزان رنگدانه در محصول تا حد زیادی تحت تاثیر خصوصیات فیزیکی محصول شرایط دمایی فرآیند خواهد بود. با این وجود با توجه به رفتار متفاوت پارامترهای قرمزی و زردی در دماهای مختلف آزمون، مقادیر کروما به هم نزدیک بود.

شدت تغییرات رنگ (ΔE)

شدت تغییرات رنگ طی زمان افزایش یافت. این پارامتر در ابتدای فرآیند بیشتر بود و تغییرات آن به تدریج طی زمان کمتر شد (شکل 5).

شدت تغییرات رنگ در بیشترین دما و همچنین کمترین ضخامت به دلیل وقوع تغییرات شدید در پارامترهای رنگی با توجه به خروج شدید رطوبت و قهوه‌ای شدن به طور معنی‌داری بیشتر بود (جدول 8 و جدول 9). در همین راستا، Tan و همکاران (2001) گزارش کردند که تحت تاثیر خشک کردن فیبرهای سطحی محصول در ابتدای فرآیند، موجب افزایش تغییر رنگ کلی و ایجاد شرایط تولید رنگدانه خواهند شد. Sturm و همکاران (2014) گزارش کردند که فرآیند خشک کردن اثر معنی‌داری روی توسعه رنگ دارد و کنترل دمای محصول موجب تغییرات رنگ کمتر می‌گردد.



شکل 5- برازش مدل تبدیل جزء روی شدت تغییرات رنگ برش‌های سیب در ضخامت‌های مختلف (دمای 75°C)

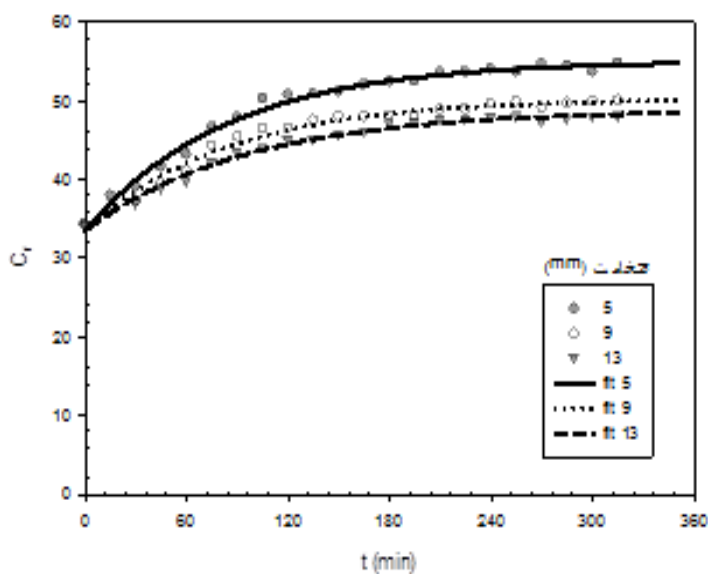
جدول 8- اطلاعات برازش مدل تبدیل جزء روی شدت تغییر رنگ (ΔE) در دما و ضخامت مختلف برش سیب

RMSE	Adj.R ²	پارامتر مدل			دما (°C)	ضخامت (mm)
		C _f	k	a		
0/669	0/994	26/793 ^{Ba}	0/005	26/793	70	5
0/648	0/996	27/209 ^{Ba}	0/012	27/209	75	
0/486	0/941	39/599 ^{Aa}	0/024	39/599	80	
0/576	0/993	20/195 ^{Bb}	0/005	20/195	70	9
0/550	0/987	21/272 ^{Bb}	0/014	21/272	75	
0/521	0/940	27/445 ^{Ab}	0/019	27/445	80	
0/645	0/977	17/458 ^{Bb}	0/003	17/458	70	13
0/728	0/991	17/449 ^{Bb}	0/009	17/449	75	
0/538	0/987	20/961 ^{Ab}	0/008	20/961	80	

*حروف لاتین بزرگ مقایسه بین دماهای آزمون و حروف لاتین کوچک مقایسه بین ضخامت برش‌ها است.
* حروف مشترک نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار است ($P<0/05$).

جدول 9- جدول ANOVA برای مقایسه تاثیر دما و ضخامت روی شدت تغییرات رنگ برش‌های سیب ($P<0/05$)

معنی داری (sig.)	F	میانگین مربعات (MS)	درجه آزادی (df)	مجموع مربعات (SS)	
0/000	158/069	1131/961	5	5659/807	مدل
0/011	17/094	122/415	2	244/830	ضخامت (تیمار)
0/039	8/103	58/030	2	116/059	دما (بلوک)
		7/161	4	28/645	خطا
			9	5688/452	کل



شکل 6- برازش مدل تبدیل جزء روی کروما برش‌های سیب در ضخامت‌های مختلف (دمای 75°C)

جدول 10- اطلاعات برازش مدل تبدیل جزء روی داده‌های کروما (Cr) در دما و ضخامت مختلف برش سیب

RMSE	Adj.R ²	پارامتر مدل			دما (°C)	ضخامت (mm)
		C _f	k	a		
0/705	0/984	56/23 ^{Aa}	0/004	25/041	70	5
0/785	0/989	55/107 ^{Ba}	0/012	21/575	75	
0/735	0/992	53/629 ^{Ca}	0/007	20/959	80	
0/615	0/987	53/83 ^{Ab}	0/004	20/641	70	9
0/624	0/984	51/629 ^{Bb}	0/016	17/440	75	
0/721	0/990	50/582 ^{Cb}	0/008	16/912	80	
0/645	0/977	51/361 ^{Ac}	0/003	18/172	70	13
0/564	0/987	48/485 ^{Bc}	0/012	15/296	75	
0/734	0/987	46/526 ^{Cc}	0/007	12/856	80	

*حروف لاتین بزرگ مقایسه بین دماهای آزمون و حروف لاتین کوچک مقایسه بین ضخامت برش‌ها است.

*حروف مشترک نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار است (P<0/05).

جدول 11- جدول ANOVA برای مقایسه تاثیر دما و ضخامت روی کروما برش‌های سیب (P<0/05)

معنی داری (sig.)	F	میانگین مربعات (MS)	درجه آزادی (df)	مجموع مربعات (SS)	
0/000	12641/611	4869/660	5	24348/301	مدل
0/001	74/834	28/827	2	57/654	ضخامت (تیمار)
0/006	24/906	9/594	2	19/188	دما (بلوک)
		0/385	4	1/541	خطا
			9	24349/841	کل

ناشی از تخریب رنگدانه، قهوه‌ای شدن اسید آسکوربیک و قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی مایلارد نیز است که با کنترل دمای سطحی یکنواخت تا حد زیادی طی خروج رطوبت می‌توان از شدت تغییر رنگ محصول جلوگیری کرد.

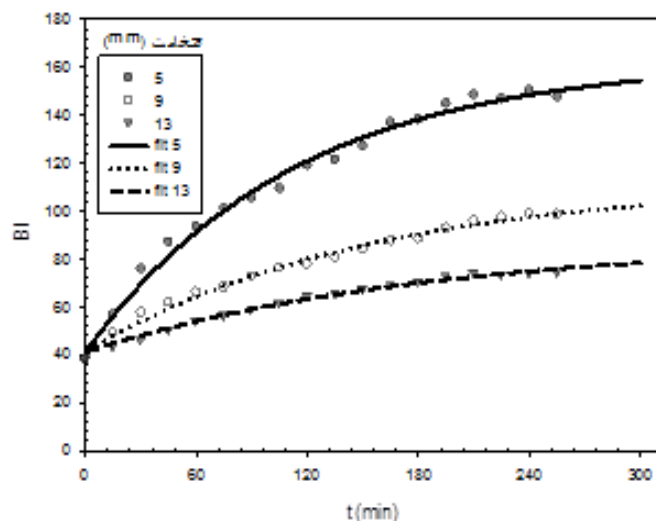
وابستگی قهوه‌ای شدن برش‌های سیب به ضخامت محصول و دمای فرآیند

شکل 8 نحوه محاسبه انرژی فعال‌سازی در ضخامت‌های مختلف برش‌های سیب را نشان می‌دهد. محاسبات انجام شده در جدول 14 نشان داده شده است. همان‌طور که مشخص است با افزایش ضخامت انرژی فعال‌سازی برای اندیس قهوه‌ای شدن کاهش می‌یابد که نشان‌دهنده این است که قهوه‌ای شدن در ضخامت بالا، به دلیل افزایش سطح رطوبت، کمتر تحت تاثیر دمای فرآیند قرار می‌گیرد. Nathakaranakule و همکاران (2010) گزارش کردند، ترکیب مادون قرمز با سایر روش‌های خشک کردن منجر به افزایش قرمزی و روشنایی کمتر در دمای بالا گردید. این نتایج به این علت است که دماهای بالا و ضخامت کم موجب واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی سریع‌تری می‌گردد.

اندیس قهوه‌ای شدن (BI)

اندیس قهوه‌ای شدن طی زمان فرآیند به تدریج افزایش یافت (شکل 7).

میان دماهای مختلف مورد آزمون از نظر اندیس قهوه‌ای شدن اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد در حالی که تاثیر ضخامت محصول بر اندیس قهوه‌ای شدن معنی‌دار بود (جدول 12 و 13). مطابق جدول 12 به‌طور کلی، با کاهش ضخامت و افزایش دما اندیس قهوه‌ای شدن به دلیل افزایش تولید رنگدانه تیره زیاد شد اما اختلاف میان دماهای مورد آزمون از این نظر معنی‌دار نبود. همچنین با افزایش ضخامت برش‌ها نیز شدت تغییرات اندیس قهوه‌ای شدن وابستگی کمتری به دما نشان داد. Krokida و همکاران (2001) بیان کردند که در بافت‌های گیاهی قهوه‌ای شدن و تغییر رنگ طی فرآوری حرارتی به دلیل وقوع واکنش‌ها در داخل ماده غذایی رخ می‌دهد. این واکنش‌ها می‌توانند تخریب برخی از رنگدانه‌ها مانند کارتنوئید و کلروفیل باشند و یا منجر به تولید رنگدانه تیره یا تغییر رنگ نامطلوب شوند. Zhu و همکاران (2010) گزارش کردند که ضخامت برش اثر معنی‌داری روی خصوصیات کیفی آن دارد و در فرآیند پرتودهی متناوب تغییر رنگ نامطلوب سطحی شدید مشاهده نشد. Tan و همکاران (2001) بیان کردند توسعه رنگ نامطلوب و کاهش روشنایی طی خشک کردن



شکل 7- برازش مدل تبدیل جزء روی اندیس قهوه‌ای شدن برش سیب در ضخامت‌های مختلف (دمای 80°C)

جدول 12- اطلاعات برازش مدل تبدیل جزء روی داده‌های اندیس قهوه‌ای شدن در دما و ضخامت مختلف برش سیب

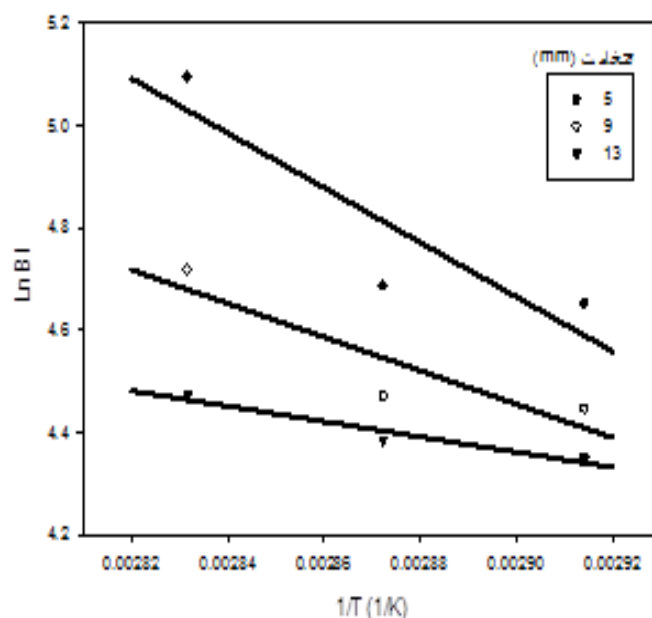
RMSE	Adj.R ²	پارامتر مدل			دما (°C)	ضخامت (mm)
		C _f	k	a		
0/764	0/993	104/761 ^{Aa}	0/003	66/907	70	5
0/757	0/994	108/482 ^{Aa}	0/009	70/768	75	
0/452	0/989	162/99 ^{Aa}	0/009	121/971	80	
0/559	0/991	85/267 ^{Aab}	0/003	47/553	70	9
0/512	0/988	87/298 ^{Aab}	0/011	49/495	75	
0/455	0/989	111/931 ^{Aab}	0/007	70/903	80	
0/645	0/975	77/375 ^{Ab}	0/002	39/572	70	13
0/653	0/988	80/244 ^{Ab}	0/008	42/530	75	
0/586	0/990	87/555 ^{Ab}	0/005	46/527	80	

*حروف لاتین بزرگ مقایسه بین دماهای آزمون و حروف لاتین کوچک مقایسه بین ضخامت برش‌ها است.

* حروف مشترک نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار است ($P < 0/05$).

جدول 13- جدول ANOVA برای مقایسه تاثیر دما و ضخامت روی اندیس قهوه‌ای شدن برش‌های سیب ($P < 0/05$)

معنی داری (sig.)	F	میانگین مربعات (MS)	درجه آزادی (df)	مجموع مربعات (SS)	
0/000	98/625	19205/677	5	96028/385	مدل
0/042	7/734	1506/152	2	3012/304	ضخامت (تیمار)
0/088	4/735	922/045	2	1844/089	دما (بلوک)
		194/735	4	778/938	خطا
			9	96807/323	کل



شکل 8- لگاریتم طبیعی اندیس قهوه‌ای شدن در برابر عکس دما (کلوین) در ضخامت‌های مختلف برش سیب

جدول 14- اطلاعات برازش رابطه آرنیوس در ضخامت‌های مختلف برش سیب

ضخامت (mm)	$\ln(BI_0)$	$E_a(J.mol^{-1})$	$Adj.R^2$	RMSE
5	20/135	44323/28	0/603	0/155
9	13/979	27287/27	0/616	0/093
13	8/696	12420/46	0/886	0/021

مادون قرمز جهت کاهش تغییرات رنگ نامطلوب تا حد زیادی تابع ضخامت سیب بود و دماهای سطحی پایین نیز حین فرآوری موجب زردی بیشتر و کاهش تیرگی برش سیب گردید. می‌توان گفت در صورت فرآوری برش‌هایی با ضخامت کم، استفاده از دماهای پایین در حفظ مطلوبیت رنگ اهمیت زیادی دارد.

نتیجه‌گیری

شرایط محصول و فرآیند در تغییرات رنگ برش‌های میوه طی پرتودهی مادون قرمز موثر است. در پژوهش حاضر ضخامت محصول روی سینتیک تغییر رنگ تأثیر بیشتری نسبت به دماهای مورد آزمون نشان داد. کاربرد مدل تبدیل جزء به گونه‌ای مطلوب توانست تغییرات رنگ را توصیف نماید. استفاده از فرآیند آنزیم‌بری خشک و آب‌زدایی

منابع

- Acevedo, N. C., Briones, V., Buera, P., & Aguilera, J. M. (2008). Microstructure affects the rate of chemical, physical and color changes during storage of dried apple discs. *Journal of Food Engineering*, 85(2), 222-231.
- AOAC. (2000). Official methods of analysis. 17th ed., Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC, Unites States.
- Cortes, H., Pardo, V., & Garcia, M. (1999). Color parameter changes in banana slices during osmotic dehydration. *Drying Technology*, 17(4-5), 955-960.

- Dadali, G., Kiliç Apar, D., & Özbek, B. (2007). Color change kinetics of okra undergoing microwave drying. *Drying Technology*, 25(5), 925-936.
- De Corcuera, J. I. R., Cavallieri, R. P., & Powers, J. R. (2004). Blanching of foods Encyclopedia of agricultural, food, and biological engineering (pp. 1-5): *Marcel Dekker*, Inc New York.
- Ergüneş, G., & Tarhan, S. (2006). Color retention of red peppers by chemical pretreatments during greenhouse and open sun drying. *Journal of Food Engineering*, 76(3), 446-452.
- Krokida, M., Tsami, E., & Maroulis, Z. (1998). Kinetics on color changes during drying of some fruits and vegetables. *Drying Technology*, 16(3-5), 667-685.
- Krokida, M. K., Maroulis, Z. B., & Saravacos, G. D. (2001). The effect of the method of drying on the colour of dehydrated products. *International journal of food science & technology*, 36(1), 53-59.
- Liu, Y., Zhu, W., Luo, L., Li, X., & Yu, H. (2014). A mathematical model for vacuum far-infrared drying of potato slices. *Drying Technology*, 32(2), 180-189.
- Maskan, A., Kaya, S., & Maskan, M. (2002). Effect of concentration and drying processes on color change of grape juice and leather (pestil). *Journal of Food Engineering*, 54(1), 75-80.
- Maskan, M. (2001). Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*, 48(2), 169-175.
- Nathakaranakule, A., Jaiboon, P., & Soponronnarit, S. (2010). Far-infrared radiation assisted drying of longan fruit. *Journal of Food Engineering*, 100(4), 662-668.
- Pan, Z., Olson, D. A., Amaratunga, K., Olsen, C. W., Zhu, Y., & McHugh, T. H. (2005). Feasibility of using infrared heating for blanching and dehydration of fruits and vegetables. Paper presented at the 2005 ASAE Annual Meeting.
- Ramallo, L., & Mascheroni, R. (2012). Quality evaluation of pineapple fruit during drying process. *Food and Bioproducts Processing*, 90(2), 275-283.
- Romani, S., Rocculi, P., Mendoza, F., & Dalla Rosa, M. (2009). Image characterization of potato chip appearance during frying. *Journal of Food Engineering*, 93(4), 487-494.
- Sturm, B., Vega, A.-M. N., & Hofacker, W. C. (2014). Influence of process control strategies on drying kinetics, colour and shrinkage of air dried apples. *Applied Thermal Engineering*, 62(2), 455-460.
- Tan, M., Chua, K., Mujumdar, A., & Chou, S. (2001). Effect of osmotic pre-treatment and infrared radiation on drying rate and color changes during drying of potato and pineapple. *Drying Technology*, 19(9), 2193-2207.
- Tsami, E., & Katsioti, M. (2000). Drying kinetics for some fruits: Predicting of porosity and color during dehydration. *Drying Technology*, 18(7), 1559-1581.
- Velickova, E., Winkelhausen, E., & Kuzmanova, S. (2014). Physical and sensory properties of ready to eat apple chips produced by osmo-convective drying. *Journal of food science and technology*, 51(12), 3691-3701.
- Wojdyło, A., Figiel, A., & Oszmiański, J. (2009). Effect of drying methods with the application of vacuum microwaves on the bioactive compounds, color, and antioxidant activity of strawberry fruits. *Journal of agricultural and food chemistry*, 57(4), 1337-1343.
- Xiao, H.-W., Law, C.-L., Sun, D.-W., & Gao, Z.-J. (2014). Color change kinetics of American ginseng (*Panax quinquefolium*) slices during air impingement drying. *Drying Technology*, 32(4), 418-427.
- Zhu, Y., & Pan, Z. (2009). Processing and quality characteristics of apple slices under simultaneous infrared dry-blanching and dehydration with continuous heating. *Journal of Food Engineering*, 90(4), 441-452. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.07.015>
- Zhu, Y., Pan, Z., McHugh, T. H., & Barrett, D. M. (2010). Processing and quality characteristics of apple slices processed under simultaneous infrared dry-blanching and dehydration with intermittent heating. *Journal of Food Engineering*, 97(1), 8-16.

Fractional conversion modeling of color changes in apple during simultaneous dry-blanching and dehydration process using intermittent infrared irradiation

H. Sabbaghi¹, A. Mohammad Ziaifar^{2*}, M. Kashaninejad³

Received: 2017.02.01

Accepted: 2017.06.27

Introduction: Color is the most important feature of food appearance, since it strongly affects consumer acceptance. The abnormal color is closely related to degradation of food quality or food spoilage. Various factors affecting color of the product include the composition and surface properties of the foodstuff, process conditions (temperature and time), and the type of pretreatment processes. Therefore, for the design of a new process, kinetic modeling is essential for extracting basic kinetic information in a system to predict changes. Intermittent irradiation is the novel processing method in food industry which the surface temperature of product is kept constant. Darkening process occur in the fruit slices during drying, resulting in undesirable color changes. Undesirable color variations can be attributed to Millard's browning reactions between sugar and amine compounds or ascorbic acid oxidation. Thermal degradation kinetic models define maximum maintenance conditions for qualitative factors to produce a safe food. Color descriptive models are known as zero order, first order, and fractional conversion model. The fractional conversion model represents the response rate required at a given time to complete a phenomenon. This modeling is necessary for designing online quality control systems for thermal processing in the food industry and preserving the apparent quality of the product by optimizing the most important drying parameters. In this study, the kinetic of color changes in apple slices was investigated, in order to maintain appearance quality of product during simultaneous infrared dry-blanching and dehydration with intermittent irradiation.

Materials and Methods: Apple slices (*Golden Delicious* Variety) were dried in three thicknesses of 5, 9 and 13 mm using three constant surface temperatures of 70, 75 and 80 ° C. Image acquisition of apple slices was made use of a flatbed scanner with an interval of 15 minutes during processing. The treated samples were placed on the scanner and then a black box was utilized so as to prevent the interferences of the peripheral lights. The images featured a 300 dpi quality and were saved in TIFF-24 bit format. The color analysis of the images was carried out in color space of L*a*b* by the use ImageJ software, version 1.6.0. The lightness parameter (L), redness (a), yellowness (b), the intensity of the color changes (ΔE), chroma (C_i) and browning index (BI) were described during product processing using fractional conversion model. Equilibrium color parameters (C_i) were also used as an indicator to compare different process conditions. The fitting of the model was done using the curve fitting toolbox in the 2009 version of the MATLAB software with 95% confidence level ($P < 0.05$). Relationship of Browning Index (BI) with process temperature studied in different thicknesses of the product, using the linear form of the Arrhenius equation. Statistical analysis of the effect of thickness and temperature on the equilibrium value of color parameters (C_i) performed in a randomized complete block design (RCBD) with respect to temperature as block and thickness as treatment using SPSS software version 19. Finally if there was a significant difference, the mean comparison was performed as Duncan test with 95% confidence level ($P < 0.05$).

Results & discussion: The results showed that the control of surface temperature of product and its thickness during irradiation can be effective to prevent the darkening of the product during blanching and dehydration. In fact, the desired color in product (more light, less red and more yellow) was observed with decreasing temperature and increasing in thickness. However, the thickness of the product showed a slight and opposite effect on yellowness (62.583 and 57.491 for thickness of 5 and 13 mm at 70 ° C, respectively). The maintenance of the yellowness parameter in lower thickness (rapid removal of moisture and reduced overall heating time) and lower temperature (lower energy intakes) can be caused by reducing the destructive reactions of natural pigmentation agents of color in the apple (carotenoid). It is observed that in the beginning of the process changing in color parameters was faster, because of under the influence of drying the surface fibers of the

1, 2 and 3. Ph. D. Candidate, Associate Professor and Professor, Food Processing Engineering Department, Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources.

(*Corresponding author: E-mail addresses: ziaifar@gmail.com)

product will increase the overall color variation and create the conditions for the production of pigment. The rate of color darkening was strongly dependent on product thickness. The reducing of surface temperature caused lower browning index, but the decrease was not significant (104.761, 108.482 and 162.99 for thickness of 5 mm at temperature of 70, 75 and 80°C, respectively). This fact indicates that the dry-blanching and dehydration with maintained product surface temperature, prevents the occurrence of undesirable darkening reactions of color. In general to reduce undesirable color changes, the use of infrared dry blanching and dehydration largely depends on the thickness of apple, and low surface temperatures during processing increased further yellowing and reduced the darkness of the apple slice. It can be said that in the case of low-thickness cuttings, the use of low temperatures is very important in maintaining the desirability of color. Finally, the results showed that the application of the fractional conversion model could appropriately describe the color variations.

Keywords: Blanching, Dehydration, Infrared, Color, Fractional conversion model.

اثر فرمولاسیون نانولیپوزوم‌های مختلف بر درون‌پوشانی و پایداری کورکومین

مریم رواقی^{1*} - آناماریا فدا²

تاریخ دریافت: 1395/10/21

تاریخ پذیرش: 1396/06/04

چکیده

کورکومین ماده‌ای هیدروفوب است که به علت ناپایداری در شرایط فیزیولوژیکی و جذب پایین، به سرعت از بدن دفع شده و دسترسی زیستی پایینی دارد. در این پژوهش به منظور تثبیت ساختار فسفولیپید، حفاظت از لیپوزوم‌ها و بهبود پایداری کورکومین در شرایط روده‌ای از فرمولاسیون‌های حاوی فسفولیپید (S75 و P90G)، سدیم هیالورونات و اودراجیت (S100 و L100) استفاده شد. نتایج نشان داد که P90G در مقایسه با S75 لیپوزوم‌هایی بسیار کوچک (130 ± 10 نانومتر) با شاخص پراکندگی پایین ($0/17 \pm 0/03$) ایجاد کرد در حالی که افزودن هیالورونات و اودراجیت به افزایش معنی‌دار این مقادیر منجر گردید. لیپوزوم‌های حاوی اودراجیت، دارای اشکال کروی و بیضی شکل چند لایه یا تک لایه بزرگ با میانگین اندازه 400-300 نانومتر بودند، طوری که برخی از آنها، تعدادی وزیکول کوچک‌تر را در درون خود محبوس کرده بودند. لیپوزوم‌های تولید شده با هر دو نوع اودراجیت، بازده درون‌پوشانی بالا (بیش از 80 درصد) بلافاصله پس از تولید داشتند، به علاوه در این نمونه‌ها حین نگهداری کاهش معنی‌داری نیز مشاهده نگردید. لیپوزوم‌های حاوی اودراجیت S100 دارای اندازه کوچک‌تری (287 ± 31 نانومتر) در مقایسه با نمونه حاوی اودراجیت L100 (407 ± 33 نانومتر) بلافاصله پس از تولید بوده، به علاوه پایداری خود را حین نگهداری حفظ کرد. تثبیت لیپوزوم‌ها در شبکه پلیمری هیالورونات - اودراجیت منجر به افزایش پایداری آنها در برابر شرایط سخت گوارشی مانند قدرت یونی و تغییرات pH شد؛ بدین ترتیب لیپوزوم‌های حاوی اودراجیت S100 با داشتن فاکتورهای ابعادی مناسب و پایداری مطلوب جهت بارگذاری و انتقال مقادیر بالای کورکومین انتخاب گردید.

واژه‌های کلیدی: اودراجیت، کورکومین، لیپوزوم.

مقدمه

زودرس، حفاظت در برابر استرس اکسیداتیو، کاهش بیماری‌های قلبی - عروقی و عصبی و حفاظت در برابر آلزایمر است (حسینی و همکاران، 1390). امروزه محصولات بر پایه کورکومین به دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی و ایمنی مصرف در کاربردهای غذایی، به عنوان مکمل‌های رژیمی به فروش می‌رسند (Maheshwari et al., 2006).

کورکومین قابلیت حل شدن ضعیفی در آب دارد و تحت شرایط فیزیولوژیکی بدن به ندرت پایدار می‌ماند، جذب کافی در بدن نداشته و به سرعت از بدن دفع می‌شود، از این رو دسترسی زیستی پایینی در بدن دارد (Patra et al., 2013). این ماده علی‌رغم نقاط ضعف ذکر شده، فعالیت بالایی در محیط آزمایشگاهی از خود نشان می‌دهد و از این رو به عنوان عامل دارویی خصوصاً در تولید نانوداروها به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار گرفته است. در سال‌های اخیر، تلاش‌های فراوانی از سوی محققان جهت افزایش دسترسی زیستی این ماده در مصرف خوراکی و استفاده از فواید سلامت بخشی آن صورت گرفته است. مصرف خوراکی کورکومین با به کارگیری حامل‌های جدید جهت انتقال و تجمع این ماده در روده و همچنین

در چند دهه اخیر با افزایش جمعیت و نیاز به تولید مواد غذایی بیشتر، گرایش روزافزونی به استفاده از مواد افزودنی مانند رنگدانه‌ها گزارش شده است (تیزچنگ و همکاران، 1394). کورکومین جزء اصلی ادویه زردچوبه است که به طور متداول از ریزوم‌های این گیاه (*Curcuma longa*) تولید می‌شود (Tayyem et al., 2006). این پلی‌فنل از دیرباز در آسیا به عنوان مکمل غذایی و همچنین در طب سنتی مورد استفاده قرار می‌گرفت (Hatcher et al., 2008). پژوهش‌های اخیر در این زمینه حاکی از اثرات سودمند این ماده آبریز در جلوگیری از سرطان، کاهش سطح کلسترول خون، افزایش عملکرد ایمنی، کاهش آرتروز، خاصیت ضدالتهاب، جلوگیری از پیری

1- باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران.

2- گروه محیط زیست، دانشگاه کالیاری، خیابان بیمارستان 72، کالیاری 09124، ایتالیا.

(*مستول مکاتبات: Email: ravaghi.maryam@gmail.com)

DOI: 10.22067/ifstrj.v1396i0.61728

درون پوشانی بالا و پایداری مطلوب داشته باشد.

مواد و روش‌ها

P90G (فسفولیپون 90 جی) با 94% فسفاتیدیل کولین سویا و S75 با 70% فسفاتیدیل کولین سویا (Lipoid GmbH, Ludwigshafen, Germany)، سدیم هیالورونات یا هیالورونان با وزن مولکولی پایین (200-400 کیلودالتون) (DSM Nutritional Products AG Branch Pentapharm Aesch, Switzerland)، اودراجیت S100 و L100 با وزن مولکولی تقریبی 125 کیلودالتون (Evonik Industries AG, Darmstadt, Germany)، کورکومین و سایر مواد (Sigma-Aldrich, Milan, Italy) تهیه گردید.

آماده سازی نمونه‌ها

1- اثر نوع فسفولیپید: در ابتدا فسفولیپید (P90G یا S75) و کورکومین (20 میلی گرم) به دقت وزن شد و پس از افزودن 2 میلی لیتر آب دو بار تقطیر شده، تحت تیمار اولتراسوند (Soniprep 150 plus, MSE Crowley, UK) به صورت 50 چرخه (5 ثانیه پالس روشن و 5 ثانیه پالس خاموش) قرار گرفت.

2- اثر هیالورونان: فسفولیپید انتخاب شده از بررسی اولیه همراه با کورکومین (20 میلی گرم) و هیالورونان (5 میلی گرم) به دقت وزن شد و سپس 2 میلی لیتر آب دو بار تقطیر شده به آن اضافه شد تا اثر هیالورونان بر ویژگی لیپوزوم مورد بررسی قرار گیرد.

3- اثر اودراجیت: اودراجیت پلیمری مقاوم به شرایط گوارشی است و افزودن آن به فرمول مناسب جهت بهبود پایداری لیپوزوم‌ها ضروری است. اودراجیت ترکیبی نامحلول در آب است؛ از این رو به منظور به کارگیری این ماده، از اتانول جهت حل کردن و پخش یکنواخت آن در میان سایر اجزاء استفاده شد. کورکومین (100 میلی گرم) و هیالورونان (50 میلی گرم) با 10 میلی لیتر آب دو بار تقطیر شده کاملاً مخلوط شد (دیسپرسیون 1). کورکومین (100 میلی گرم) و اودراجیت (250 میلی گرم) در 10 میلی لیتر اتانول حل شد (دیسپرسیون 2). 1 میلی لیتر از دیسپرسیون 1 و دیسپرسیون 2 به فسفولیپید توزین شده اضافه شد و تحت تیمار اولتراسوند به صورت 25 چرخه (5 پالس روشن و 5 پالس خاموش) قرار گرفت. جهت خروج اتانول و ادامه مراحل تولید، این مخلوط در دمای 80- درجه سانتی گراد منجمد شد و طی 24 ساعت در فشار 0 میلی متر جیوه توسط خشک کن انجمادی (FDU-8606, Operon Co, Korea) به پودر تبدیل شد. هر نمونه توسط 2 میلی لیتر آب دو بار تقطیر شده آبگیری شد و به منظور کاهش و یکنواخت سازی اندازه وزیکول‌ها تحت تیمار اولتراسوند به صورت 50 چرخه (5 ثانیه پالس روشن و 5 ثانیه پالس خاموش) قرار گرفت. نوع و مقدار مواد مصرفی

بهبود دسترسی زیستی، استراتژی جالبی می باشد (Li et al., 2015). سیستم‌های نانو در صورت طراحی مناسب، یک ابزار مهم در بهبود انتقال خوراکی مواد با دسترسی زیستی پایین به شمار می آیند و در این میان لیپوزوم‌ها به دلیل ایمنی مناسب و کاربردهای متنوع مورد توجه قرار گرفته اند. لیپوزوم‌ها دسته‌ای از حامل‌های لیپیدی هستند که از تجمع مولکول‌های آمفی فیل در محیط آبی ساخته شده اند و با به کارگیری انرژی کافی و تحت نیروی برشی، وزیکول‌هایی با غشای دو یا چند لایه تولید می کنند (محمد حسنی و همکاران، 1393). لیپوزوم‌ها برخلاف بسیاری از سیستم‌های درون پوشانی، با داشتن هر دو فاز آبی و لیپیدی در ساختار خود، می توانند جهت درون پوشانی ترکیبات آب دوست، آب گریز و آمفی فیل مورد استفاده قرار گیرند (قنبرزاده و همکاران، 1395).

اگرچه انتظار می رود درون پوشانی کورکومین در وزیکول‌های فسفولیپیدی منجر به تجمع این ماده در روده و برهمکنش با مخاط آن شود اما چنین سیستمی به دلیل تخریب فسفولیپیدها در شرایط گوارشی به تنهایی نمی تواند پایداری این ماده را تضمین کند (Rowland and Woodley, 1980; Liu et al., 2015). Li و همکاران (2012) از لیپوزوم‌های پوشش یافته با سیلیکا جهت مصرف خوراکی و افزایش پایداری در شرایط سخت گوارشی استفاده کردند. حضور پلیمر در اطراف سطح لیپوزوم نقشی کلیدی در افزایش پایداری چنین لیپوزوم‌هایی داشت. Chen و همکاران (2012) نیز با به کارگیری پلیمر تری متیل کیتوزان روی سطح لیپوزوم‌ها توانستند پایداری و دسترسی زیستی کورکومین را افزایش دهند. در هر دو پژوهش ذکر شده، از حلال آلی و روش‌های چند مرحله‌ای پیچیده استفاده شده است. اتصال مناسب فسفولیپیدها با پلیمرهای مقاوم به شرایط گوارشی، باعث حفاظت از وزیکول‌ها و بهبود دسترسی زیستی ماده مورد نظر می شود. سدیم هیالورونات یک پلیمر آنیونی است که می تواند موجب تثبیت لیپوزوم‌ها و بهبود پایداری آنها گردد. سدیم هیالورونات قابلیت حل شدن بالایی در آب دارد و زنجیره‌های اسیدی آن در pH های بالاتر از 3، یونیزه شده و برهمکنش بین مولکولی قوی ایجاد می کند (Manca et al., 2015). اودراجیت S100 و L100 نیز کوپلیمرهای بر پایه متاکریلیک اسید و متیل متاکریلات هستند که در سیستم‌های دارورسانی به روده بر پایه تغییرات pH کاربرد دارند (Tarcha, 1990).

در سال‌های اخیر تحقیقات گسترده‌ای جهت استفاده از نانولیپوزوم‌ها در صنعت غذا با هدف غنی سازی اجزای زیست فعال صورت گرفته است؛ از این رو، هدف از پژوهش حاضر، توسعه فرمولاسیون لیپوزوم‌ها با به کارگیری مواد مناسب همچون هیالورونان و اودراجیت و همچنین بهبود روش تولید، متناسب با مواد به کار گرفته شده جهت درون پوشانی کورکومین بود به نحوی که محصول تولیدی بتواند ضمن تولید وزیکول‌هایی با فاکتورهای ابعادی مناسب، بازده

فرمولاسیون کلیه نمونه‌های لیپوزومی در جدول 1 آورده شده است.

جدول 1- فرمولاسیون نمونه‌های لیپوزومی

نوع فسفولیپید	مقدار فسفولیپید (میلی گرم)	کوکومین (میلی گرم)	هیالورونان (میلی گرم)	نوع اودراجیت	مقدار اودراجیت (میلی گرم)	مقدار آب (میلی لیتر)
S75	360	20	-	-	-	2
P90G	360	20	-	-	-	2
انتخابی	360	20	5	-	-	2
انتخابی	360	20	5	S100	25	2
انتخابی	360	20	5	L100	25	2

منافذ 3 نانومتر (Spectrum Laboratories Inc., DG Breda, the Netherlands) در دمای اتاق به مدت یک ساعت در آب خیس‌انده شد. قطعه‌ای از غشا دیالیز به اندازه 10 سانتی‌متر بریده و سپس یک سر آن با گیره مخصوص بسته شد. 1 میلی‌لیتر از فرمولاسیون لیپوزومی تولید شده با اودراجیت S100 و L100 داخل غشا ریخته شد و پس از بستن سر دیگر توسط گیره مخصوص وارد 2/5 لیتر آب شد و به مدت 4 ساعت توسط همزن مغناطیسی در دمای محیط همزده شد. آب مورد استفاده هر ساعت تعویض و در مجموع 10 لیتر آب مورد استفاده قرار گرفت. پس از طی زمان لازم و باز کردن یکی از گیره‌های غشا دیالیز، 100 میکرولیتر از نمونه وارد میکروتیوب شد و به آن 900 میکرولیتر متانول جهت تخریب لیپوزوم‌ها اضافه گردید. نمونه حاصل به مدت یک ساعت با سرعت 10000 rpm سانتیفریوژ شد و غلظت کوکومین پس از رقیق‌سازی به روش اسپکتروفوتومتری (Lambda 25, Perkin Elmer, USA) در طول موج 424 نانومتر و پس از ترسیم منحنی کالیبراسیون با رقت‌های مختلف تعیین گردید. بازده درون‌پوشانی مطابق رابطه 1 محاسبه شد (Abd-Elbary et al., 2008).

$$EE (\%) = \frac{C_e}{C_t} \times 100 \quad (1)$$

در این رابطه EE بازده درون‌پوشانی، C_e کوکومین درون‌پوشانی شده توسط لیپوزوم و C_t کوکومین کل است.

اثر شرایط گوارشی مشابه معده و روده

اندازه، شاخص پراکندگی، پتانسیل زتا و بازده درون‌پوشانی نمونه‌های تولید شده با اودراجیت S100 و L100 توسط رقیق‌سازی نمونه (1:100 حجمی / حجمی) و نگهداری در pH=2 به مدت 2 ساعت و pH=7 به مدت 6 ساعت در دمای 37 درجه سانتی‌گراد و کلرید سدیم 0/3 مولار (جهت افزایش قدرت یونی محیط) تعیین گردید. این پارامترها بلافاصله پس از رقیق‌سازی و پس از 2 یا 6 ساعت نگهداری مورد ارزیابی قرار گرفتند.

آنالیز اندازه ذرات، شاخص پراکندگی¹ و پتانسیل زتا

اندازه، توزیع اندازه ذرات و پتانسیل زتا نمونه‌های نیوزومی توسط روش تفرق نور دینامیک² در دمای 25 درجه سانتی‌گراد تعیین شد. توزیع اندازه ذرات توسط شاخص پراکندگی اندازه‌گیری گردید. نمونه‌ها طی رقیق‌سازی 100 میکرولیتر از دیسپرسیون لیپوزومی توسط 10 میلی‌لیتر آب مقطر در کوط مخصوص دستگاه ریخته شد و اندازه، شاخص چندانداژی و پتانسیل زتا مورد بررسی قرار گرفتند (Gurrapu et al., 2012).

میکروسکوپ الکترونی عبوری برودتی³

دو نمونه لیپوزومی تولید شده با اودراجیت S100 و L100 پس از بررسی و انتخاب اولیه جهت بررسی تشکیل لیپوزوم‌ها، اندازه و مورفولوژی وزیکول‌ها توسط دستگاه میکروسکوپ الکترونی عبوری برودتی مورد ارزیابی قرار گرفت. لایه نازکی از نمونه روی گرید کربنی قرار گرفت و توسط غوطه‌وری در اتانول (رطوبت 100% و دمای اتاق) و باقیماندن در نقطه ذوب با استفاده از ویتروبو⁴ FEI (Company, Eindhoven, the Netherlands) به حالت شیشه‌ای تبدیل شد. این لایه شیشه مانند به دستگاه Tecnai F20 TEM (FEI Company) منتقل و تصویر میکروسکوپی با ولتاژ 200 کیلو ولت و دمای تقریبی 173- درجه سانتی‌گراد با شرایط تصویربرداری دوز پایین توسط دوربین CCD Eagle (FEI Company) تهیه گردید.

بازده درون‌پوشانی

بازده درون‌پوشانی پس از جداسازی کوکومین آزاد از دیسپرسیون لیپوزومی توسط روش دیالیز تعیین گردید (Muzzalupo et al., 2013). غشا دیالیز با قدرت جداسازی⁵ 12-14 کیلودالتون و اندازه

1 Polydispersity index (PDI)

2 Dynamic Light Scattering (DLS)

3 Cryo-TEM

4 Vitrobot

5 Cut off

پایداری طی زمان

نمونه‌های تولید شده با اودراجیت S100 و L100 به مدت یک ماه در شیشه‌های قهوه‌ای رنگ در دمای یخچال (4 درجه سانتی‌گراد) قرار گرفت و پس از این مدت از نظر اندازه، شاخص پراکندگی، پتانسیل زتا و بازده درون‌پوشانی ارزیابی شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

نتایج به صورت میانگین سه تکرار انحراف معیار گزارش شد و تحلیل و ارزیابی داده‌ها با استفاده از مدل خطی نرم‌افزار آماری SAS

9.1 در سطح احتمال 5% انجام شد. تست t و آزمون چنددامنه‌ای دانکن جهت تأیید وجود اختلاف بین میانگین‌ها صورت گرفت.

نتایج و بحث

جدول 1 اثر نوع فسفولیپید، افزودن هیالورونان و اودراجیت بر ویژگی لیپوزوم‌های تولیدی شامل؛ اندازه، شاخص پراکندگی و پتانسیل زتا را نشان می‌دهد.

جدول 1- اثر نوع فسفولیپید، افزودن هیالورونان و نوع اودراجیت بر اندازه، شاخص پراکندگی و پتانسیل زتا

فرمولاسیون	فسفولیپید	فسفولیپید (mg)	هیالورونان (mg)	اودراجیت	وضعیت	قطر (nm)	شاخص پراکندگی	پتانسیل زتا (mv)
1	S75	360	-	-	ژل	-	-	-
2	S75	300	-	-	دیسپرسیون غیر شفاف	470±40 ^a	0/62±0/05 ^a	-45/9±2/2 ^b
3	P90G	360	-	-	دیسپرسیون غیر شفاف	130±10 ^d	0/17±0/03 ^c	-33/6±2/8 ^a
4	P90G	360	5	-	دیسپرسیون غیر شفاف	313±36 ^c	0/36±0/03 ^b	-31/6±1/1 ^a
5	P90G	360	5	S100	دیسپرسیون غیر شفاف	287±31 ^c	0/30±0/03 ^b	-30/8±1/5 ^a
6	P90G	360	5	L100	دیسپرسیون غیر شفاف	407±33 ^b	0/35±0/03 ^b	-32/3±1/7 ^a

داده‌ها به صورت میانگین سه تکرار ± انحراف معیار گزارش شده‌اند. در هر ستون، حروف متفاوت نشان‌دهنده اثر معنی‌دار بین داده‌ها است ($P < 0/05$).

پراکندگی (0/36-0/03) گردید ($P < 0/05$). نتایج این پژوهش با نتایج Catalan-Latorre و همکاران (2016) مطابقت داشت. این محققان گزارش کردند، افزودن هیالورونان به شدت بر اندازه لیپوزوم‌ها تأثیرگذار است و منجر به افزایش اندازه می‌گردد.

اودراجیت یک ماده کم‌محلول در آب است و افزودن آن به‌طور مستقیم به فرمولاسیون لیپوزومی منجر به تولید وزیکول‌هایی بسیار بزرگ (قطر بیش از 800 نانومتر) و با توزیع اندازه غیریکنواخت (شاخص پراکندگی بیش از 0/80) شد؛ بدین ترتیب ابتدا اودراجیت همراه با کورکومین در اتانول حل شد و سپس با دیسپرسیون کورکومین و هیالورونان در آب مخلوط شد. دیسپرسیون تولیدی به این روش یکنواخت بوده و حضور تجمعات یا رسوبی در آن مشاهده نگردید. به دلیل حضور حلال در این روش و نقش تخریبی اتانول بر لیپوزوم‌ها، حلال با استفاده از خشک‌کن انجمادی خارج شد و پودر تولیدی جهت تولید لیپوزوم‌ها مجدد آب‌گیری شد. لیپوزوم‌های تولید شده با اودراجیت S100 (نمونه 5) از نظر اندازه، شاخص پراکندگی و پتانسیل زتا تفاوت معنی‌داری در مقایسه با نمونه فاقد اودراجیت (نمونه 4) نداشتند ($P > 0/05$) اما نمونه حاوی اودراجیت L100 (نمونه 6) به‌طور معنی‌داری باعث تولید لیپوزوم‌هایی با اندازه بزرگ‌تر (407±33) در مقایسه با نمونه 4 و 5 شد ($P < 0/05$). نتایج این پژوهش با نتایج Karn و همکارانش (2011) که نشان دادند افزودن

بررسی اثر نوع فسفولیپید در نمونه‌های 1، 2 و 3 نشان داد که P90G با 94% فسفاتیدیل کولین سویا و حضور ناخالصی‌های کم‌تر، لیپوزوم‌هایی با اندازه کوچک‌تر، توزیع اندازه یکنواخت‌تر و قدر مطلق پتانسیل زتا کم‌تر در مقایسه با S75 با 70% فسفاتیدیل کولین سویا تولید کرد ($P < 0/05$). وجود ناخالصی در S75 باعث شد تا بکارگیری آن در غلظتی مشابه P90G موجب تولید ژل شود. رقیق‌سازی این ژل لیپوزوم‌هایی با میانگین قطر بسیار بزرگ (بیش از 1 میکرومتر) و توزیع اندازه ذرات غیر یکنواخت (شاخص پراکندگی=1) ایجاد کرد. از آنجایی که تولید ژل، هدف پژوهش مورد نظر نبود، نمونه 1 حذف گردید و مقادیر کم‌تر از این نوع فسفولیپید (نمونه 2) مورد آزمون قرار گرفت. یکی دیگر از اهداف این مطالعه، به‌کارگیری برخی افزودنی‌ها جهت تولید لیپوزوم‌هایی پایدار در برابر شرایط سخت گوارشی بود؛ بدین ترتیب نمونه شماره 3 با ابعاد بسیار کوچک (10-130 نانومتر) و شاخص پراکندگی کم (0/17-0/03) این امکان را فراهم آورد تا حتی در صورت افزایش مقادیر این ویژگی‌ها با به‌کارگیری افزودنی‌ها، باز هم لیپوزوم‌هایی با فاکتورهای ابعادی مناسب تولید شود، از این رو نمونه 3 در مقایسه با نمونه 2 جهت بررسی‌های بیشتر انتخاب شد.

نتایج حاصل از بررسی نمونه حاوی هیالورونان (نمونه 4) نسبت به نمونه فاقد این ماده (نمونه 3) نشان داد که افزودن هیالورونان به‌طور معنی‌داری باعث افزایش اندازه (36-313 نانومتر) و شاخص

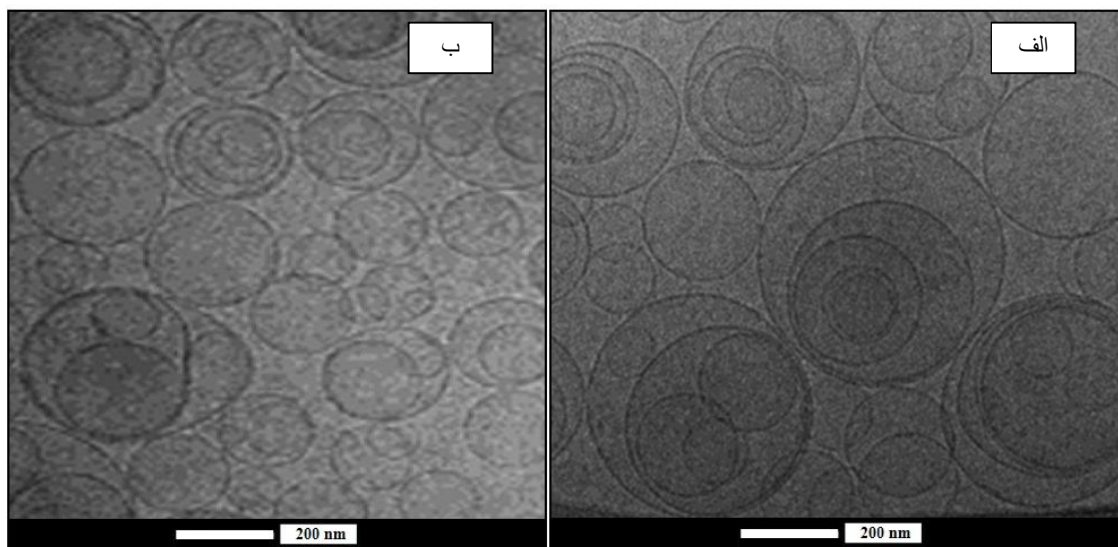
اودراجیت L100 و S100 توسط دستگاه میکروسکوپ الکترونی عبوری برودتی را نشان می‌دهد. بررسی میکروسکوپی نمونه‌ها تأییدکننده تشکیل لیپوزوم‌ها پس از آب‌گیری نمونه‌ها بود. وزیکول‌های تولید شده، کروی یا بیضی شکل بودند و ابعاد متفاوتی داشتند. نتایج حاصل از بررسی میکروسکوپ الکترونی عبوری با نتایج به‌دست آمده از دستگاه تفرق نور دینامیک، هم‌خوانی داشت و نمونه حاوی اودراجیت L100 (شکل 1-الف) دارای ابعاد بزرگ‌تر و غیریکنواخت‌تری در مقایسه با نمونه حاوی S100 (شکل 1-ب) بود؛ به‌علاوه اگرچه میانگین اندازه وزیکول‌ها در نمونه S100 حدود 300 نانومتر و در L100 حدود 400 نانومتر بود اما به دلیل شاخص پراکندگی حدود 0/3، تا حدی غیریکنواختی در ابعاد خصوصاً در نمونه L100 مشاهده شد. لیپوزوم‌های تولید شده جزء وزیکول‌های چندلایه یا وزیکول‌های تک لایه بزرگ بودند که برخی از آنها در درون خود وزیکول‌های کوچک دیگری را محبوس کرده بودند.

اودراجیت L100 به لیپوزوم‌ها منجر به افزایش اندازه می‌گردد، مطابقت داشت.

پتانسیل زتا تفاوت پتانسیل لایه لغزنده روی سطح وزیکول و محیط اطراف آن را نشان می‌دهد و به‌عنوان پارامتری مهم جهت ارزیابی بار سطحی لیپوزوم‌ها و در نتیجه پایداری آنها در برابر تجمع محسوب می‌شود. به‌طور کلی دیسپرسیون‌های لیپوزومی با پتانسیل زتا ± 30 یا بیشتر به‌عنوان نمونه‌های پایدار در نظر گرفته می‌شوند (Sezgin-Bayindir et al., 2015)؛ بدین ترتیب تمام نمونه‌های تولید شده پتانسیل زتای مناسبی داشتند و افزودن هیالورونان و اودراجیت اثر معنی‌داری بر این ویژگی لیپوزوم‌ها ایجاد نکرد ($P > 0/05$).

میکروسکوپ الکترونی عبوری برودتی

شکل 1 تصویر میکروسکوپی نمونه‌های لیپوزومی تولید شده با



شکل 1- تصویر حاصل از دستگاه میکروسکوپ الکترونی عبوری برودتی نمونه‌های لیپوزومی تولید شده با اودراجیت L100 (الف) و S100 (ب)

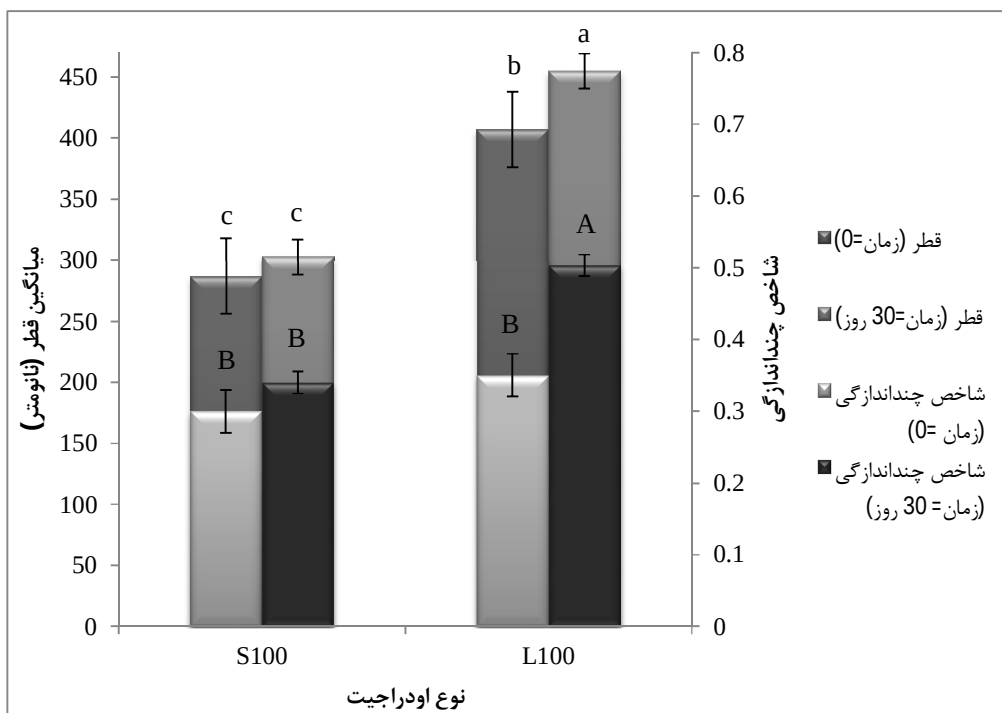
اندازه (455 ± 11) نانومتر) و شاخص پراکندگی $(0/50 \pm 0/02)$ را دارا بود ($P < 0/05$)؛ بدین ترتیب نمونه تولید شده با اودراجیت S100 به‌عنوان نمونه مطلوب مطرح گردید. هرچه اندازه وزیکول‌ها کوچک‌تر باشد، سطح خارجی بیشتری جهت توزیع بار فراهم می‌آورند؛ بدین ترتیب با افزایش اندازه نمونه‌ها طی 30 روز نگهداری، قدر مطلق پتانسیل زتا به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ($P < 0/05$). از طرف دیگر پتانسیل زتا خود با ایجاد دافعه بین وزیکول‌ها مانع از ادغام آنها، افزایش اندازه و مشکلات مرتبط با ناپایداری گردید و در حقیقت نوعی رابطه دو جانبه بین این پارامترها وجود داشت. Manca و همکارانش (2015) دریافتند که به‌کارگیری سدیم هیالورونات در تولید لیپوزوم‌ها،

پایداری طی زمان

نتایج حاصل از بررسی اندازه، شاخص پراکندگی و پتانسیل زتا دیسپرسیون‌های لیپوزومی تولید شده با اودراجیت L100 و S100 بلافاصله پس از تولید و پس از 30 روز نگهداری در یخچال در شکل 2 و 3 نشان شده است. نتایج نشان داد تفاوت معنی‌داری در اندازه، شاخص پراکندگی و پتانسیل زتا در نمونه حاوی اودراجیت S100 بلافاصله پس از تولید و پس از 30 روز نگهداری وجود نداشت، در حالی که نمونه حاوی اودراجیت L100 طی 30 روز نگهداری تغییرات معنی‌داری در پارامترهای اندازه‌گیری شده نشان داد و بزرگ‌ترین

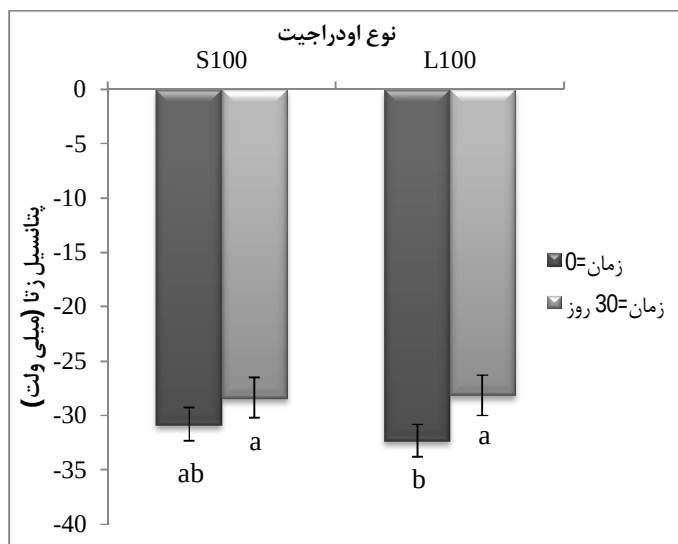
با نتایج حاصل از به کارگیری همزمان سدیم هیالورونات و اودراجیت S100 که در این پژوهش حاصل شد، داشت.

منجر به تولید محصولی با تغییرات بسیار اندک در قطر و شاخص پراکندگی طی 30 روز نگهداری می شود و این یافته ها مطابقت بالایی



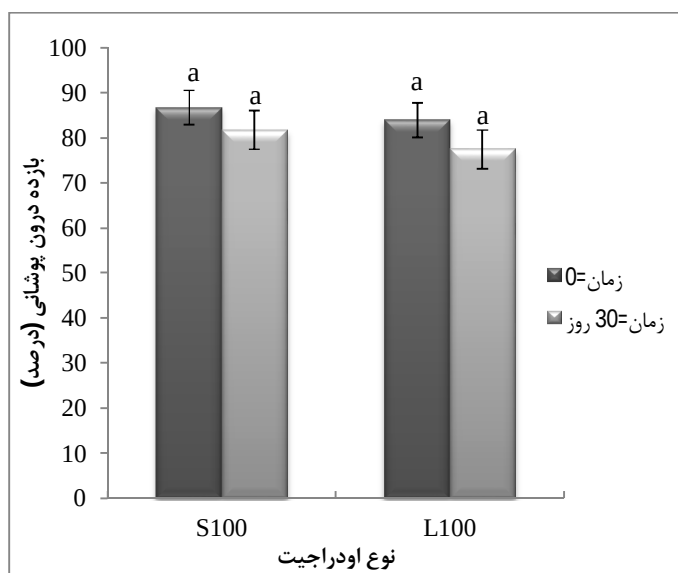
شکل 2- اندازه و شاخص پراکندگی دیسپرسیون های لیپوزومی تولید شده با اودراجیت L100 و S100 بلافاصله پس از تولید و پس از 30 روز نگهداری

حروف متفاوت نشان دهنده اثر معنی دار بین داده ها است ($P < 0.05$).



شکل 3- پتانسیل زتا دیسپرسیون های لیپوزومی تولید شده با اودراجیت L100 و S100 بلافاصله پس از تولید و پس از 30 روز نگهداری

حروف متفاوت نشان دهنده اثر معنی دار بین داده ها است ($P < 0.05$).



شکل 4- بازده درون‌پوشانی فرمولاسیون‌های حاوی اودراجیت S100 و L100 بلافاصله پس از تولید و پس از 30 روز نگهداری
حروف یکسان نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین داده‌ها است ($P > 0/05$).

وزیکول‌ها صورت گرفته است (Liu et al., 2016). از آنجایی که فرمولاسیون‌های خوراکی در طول دستگاه گوارش در معرض تغییرات قدرت یونی و pH قرار می‌گیرند رفتار دیسپرسیون‌های تولیدی با ارزیابی اندازه، شاخص پراکندگی، پتانسیل زتا و بازده درون‌پوشانی در شرایط مشابه انتقال از معده به روده بزرگ با به‌کارگیری دو محیط در pH=2 و pH=7 و قدرت یونی بالا (سیال مشابه معده⁶ و سیال مشابه روده⁷) مورد بررسی قرار گرفت (شکل 5 و 6). در هر نمونه تولیدی اندازه، شاخص پراکندگی و پتانسیل زتا تغییر معنی‌داری چه در pH اسیدی پس از 2 ساعت و چه در pH خنثی پس از 6 ساعت نسبت به نمونه در زمان صفر نشان نداد ($P > 0/05$)، این امر نشان‌دهنده توانایی لیپوزوم‌ها جهت حفاظت از ساختار خود علی‌رغم شرایط سخت گوارشی مانند pH و قدرت یونی به دلیل ارتباط مؤثر پلیمرها بود. در pH خنثی که تنها اثر قدرت یونی وجود داشت تنها از پتانسیل زتا نمونه کاسته شد اما تأثیر چندانی در اندازه و شاخص پراکندگی نسبت به نمونه اولیه (بدون اعمال قدرت یونی) مشاهده نشد. نمونه حاوی اودراجیت S100 تغییرات اندازه محدودتری در هر دو pH نشان داد که نشان‌دهنده توانایی وزیکول‌های تولیدی جهت حفظ بهتر ساختار علی‌رغم قدرت یونی و pH محیط بود.

شکل 7 بازده درون‌پوشانی نمونه‌های تولید شده توسط دو نوع اودراجیت را بلافاصله پس از افزودن سیال مشابه معده و سیال مشابه

بازده درون‌پوشانی یکی از پارامترهای مهم در ارزیابی فرمولاسیون‌های لیپوزومی است و توانایی یک فرمولاسیون جهت حفظ مولکول‌های مشخص در غشاهای دو لایه یا هسته مرکزی وزیکول را نشان می‌دهد (Aboelwafa et al., 2010; Tavano et al., 2014). دو نمونه تولید شده با اودراجیت S100 و L100 از نظر درصد بازده درون‌پوشانی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌ها از نظر بازده درون‌پوشانی بلافاصله پس از تولید و پس از 30 روز نگهداری وجود نداشت ($P > 0/05$). بازده درون‌پوشانی بیش از 80 درصد در نمونه‌های تولید شده بیانگر توانایی بارگذاری مطلوب و حفظ مولکول‌های آنتی‌ژن کورکومین بود (شکل 4). ارتباط مؤثر هیالورونان و اودراجیت باعث حفظ وزیکول‌های چند لایه و همچنین وزیکول‌های چند وزیکولی شد و این امر منجر به حفاظت بهتر از کورکومین و تأخیر در آزادسازی این ماده گردید. نتایج حاصل از این تحقیق با یافته‌های Manca و همکارانش (2015) که بازده درون‌پوشانی حدود 80 درصد و با تغییرات محدود را طی 30 روز نگهداری را در مورد هیالوزوم‌های کورکومین گزارش دادند، همخوانی داشت.

اثر شرایط گوارشی مشابه معده و روده

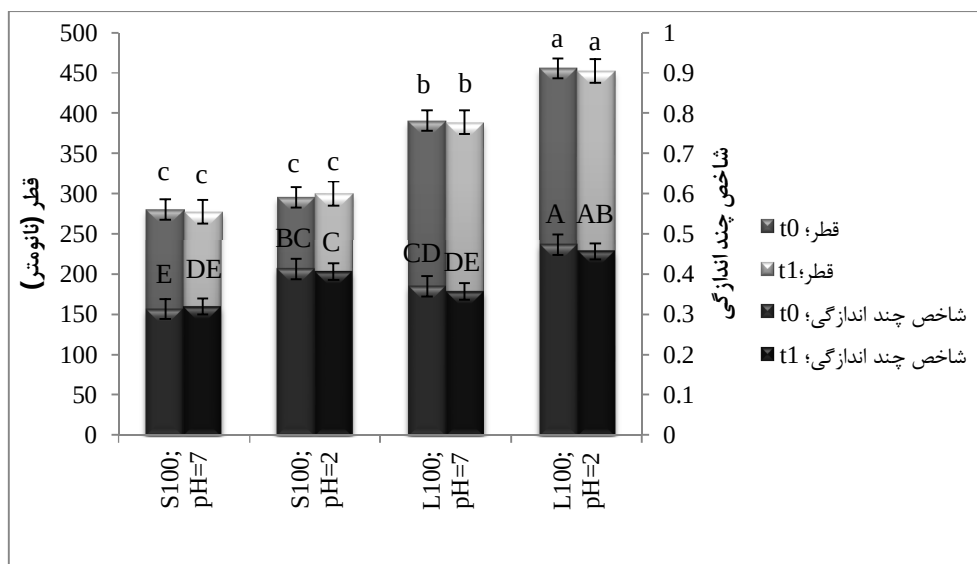
برهم‌کنش‌های الکترواستاتیک با یون‌های خارجی نقش مهمی در پایداری لیپوزوم‌ها دارند چرا که می‌توانند باعث تغییر اندازه و احیاناً تخریب و نشت محتویات شوند. مطالعات فراوانی جهت بررسی اثر شرایط گوارشی مانند pH و قدرت یونی در بررسی پایداری

6 Simulated Gastric Fluid (SGF)

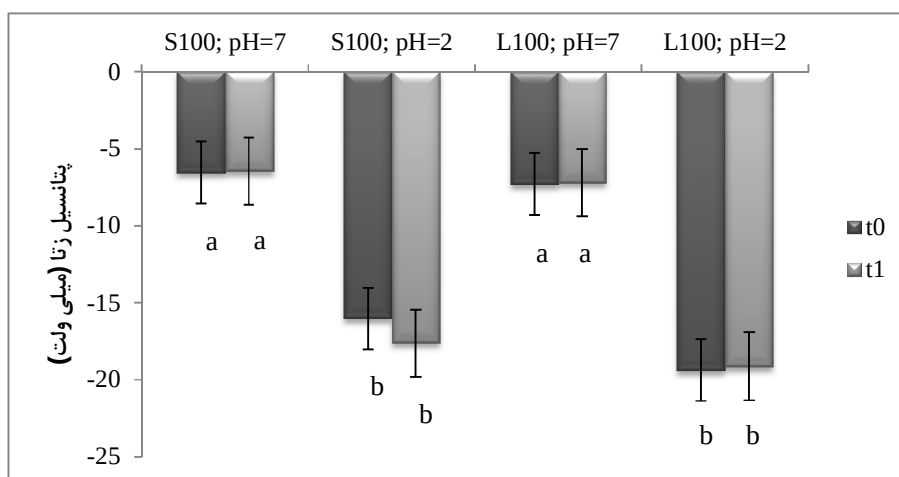
7 Simulated Intestinal Fluid (SIF)

پوشش‌دهی لیپوزوم‌ها منجر به کاهش معنی داری در روند آزادسازی دارو در pH مشابه معده و روده می شود هم‌خوانی داشت. Hosney و همکارانش (2013) نیز به طور موفقیت‌آمیزی از روش پوشش‌دهی نانولیپوزوم‌ها با اودراجیت L100 به منظور افزایش پایداری در برابر شرایط اسیدی معده و بهبود دسترسی بیولوژیکی داروی آلدرونات سدیم استفاده کردند.

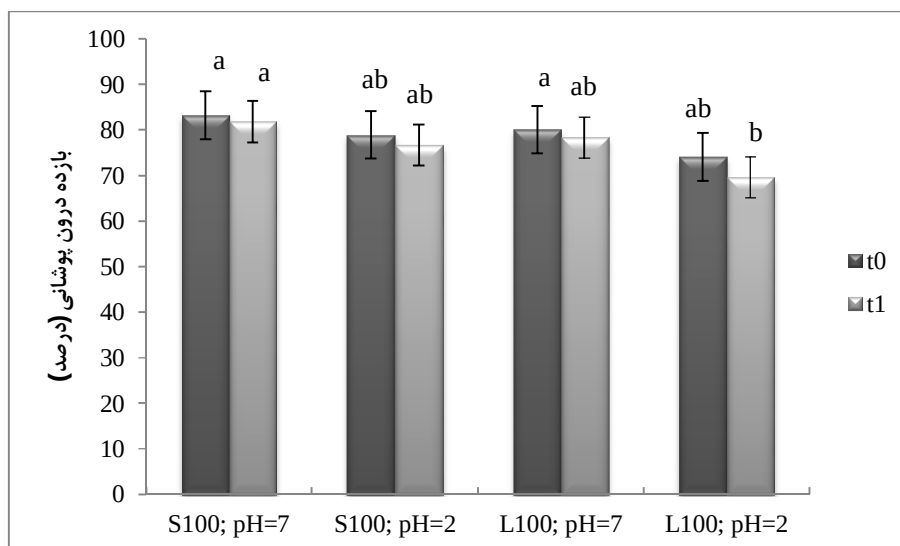
روده و پس از طی زمان نشان می‌دهد. نتایج نشان داد شرایط سخت گوارشی اعم از pH و قدرت یونی بر بازده درون‌پوشانی نمونه‌ها خصوصاً نمونه تولید شده با اودراجیت S100 تأثیر معنی‌داری نداشت ($P>0/05$). به نظر می‌رسد شبکه پلیمری هیالورونان - اودراجیت تولید شده لیپوزوم‌ها را در برابر شرایط سخت گوارشی اعم از pH و قدرت یونی محافظت می‌کند. نتایج این پژوهش با یافته های Barea و همکارانش (2010) که نشان دادند به کارگیری اودراجیت S100 در



شکل 5- اندازه و شاخص پراکندگی دیسپرسیون‌های لیپوزومی تولید شده با اودراجیت L100 و S100 در دمای 37 درجه سانتی‌گراد در pH=2 و pH=7. اندازه‌گیری در زمان صفر (t_0) و پس از 2 ساعت قرارگیری در pH=2 و 6 ساعت قرارگیری در pH=7 (t_1) انجام شد. حروف متفاوت نشان‌دهنده اثر معنی‌دار بین داده‌ها است ($P<0/05$).



شکل 6- پتانسیل زتا دیسپرسیون‌های لیپوزومی تولید شده با اودراجیت L100 و S100 در دمای 37 درجه سانتی‌گراد در pH=2 و pH=7. اندازه‌گیری در زمان صفر (t_0) و پس از 2 ساعت قرارگیری در pH=2 و 6 ساعت قرارگیری در pH=7 (t_1) انجام شد. حروف متفاوت نشان‌دهنده اثر معنی‌دار بین داده‌ها است ($P<0/05$).



شکل 7- بازده درون‌پوشانی دیسپرسیون‌های لیپوزومی تولید شده با اودراجیت L100 و S100 در دمای 37 درجه سانتی‌گراد در pH=2 و pH=7. اندازه‌گیری در زمان صفر (t₀) و پس از 2 ساعت قرارگیری در pH=2 و 6 ساعت قرارگیری در pH=7 (t₁) انجام شد. حروف متفاوت نشان‌دهنده اثر معنی‌دار بین داده‌ها است (P<0/05).

دربرگیرنده چند وزیکول کوچک‌تر بودند. لیپوزوم‌های حاوی اودراجیت S100 در مقایسه با نمونه حاوی اودراجیت L100 اندازه، شاخص پراکندگی و پتانسیل زتا مناسبی بلافاصله پس از تولید و حین نگهداری داشت. ارتباط دو پلیمر هیالورونان و اودراجیت S100 توانست با حفظ ویژگی‌های ابعادی لیپوزوم، منجر به افزایش پایداری وزیکول‌ها در شرایط گوارشی (از نظر pH و قدرت یونی) شود. در شرایط طبیعی چنین لیپوزوم‌هایی این قابلیت را دارند که به‌صورت دست نخورده وارد روده شده و حین عبور از بخش‌های روده به سطح موکوز آن چسبیده و به تدریج محتویات خود را آزاد کنند. علی‌رغم یافته‌های به‌دست آمده در این پژوهش، مطالعات گسترده‌تری برطبق دستورالعمل‌های شورای بین‌المللی تطبیق الزامات فنی داروسازی برای مصارف انسانی و سازمان بهداشت جهانی و همچنین بررسی آزادسازی در موجود زنده بایستی درگام بعدی صورت گیرد.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق از اودراجیت L100 و S100 که پلیمری مقاوم به شرایط گوارشی است همراه با هیالورونان جهت تثبیت ساختار فسفولیپید، افزایش پایداری لیپوزوم‌ها، بهبود آزادسازی کورکومین در شرایط مشابه روده‌ای و با به‌کارگیری روشی آسان و مقرون به صرفه استفاده شد. از آنجایی که نگهداری طولانی مدت وزیکول‌ها در دیسپرسیون، یکی از محدودیت‌های مهم در تولید تجاری لیپوزوم‌ها است تولید پودر با استفاده از خشک‌کن انجمادی که به راحتی در موقع لزوم آب‌گیری شود به‌عنوان راه حلی جهت غلبه بر مشکلات ناپایداری مطرح گردید. برهم‌کنش پلیمرهای مورد استفاده با یکدیگر و با فسفولیپید یک شبکه پلیمری ایجاد کرد که در آن لیپوزوم‌ها جاسازی و پایدار شدند. لیپوزوم‌های تولیدی نیز دارای اشکال کروی و بیضی شکل چندلایه یا تک لایه بزرگ بودند که برخی از آنها خود

منابع

- Abd-Elbary, A., El-laithy, H.M. & Tadros, M.I., 2008, Sucrose stearate-based proniosome derived niosomes for the nebulisable delivery of cromolyn sodium, *International Journal of Pharmaceutics*, 357, 189-198.
- Aboelwafa, A.A., El-Setouhy, D.A. & Elmesah, A.N., 2010, Comparative study on the effects of some polyoxyethylene alkyl ether and sorbitan fatty acid ester surfactants on the performance of transdermal carvedilol proniosomal gel using experimental design, *AAPS PharmSciTech*, 11(4), 1591-1602.
- Barea, M.J., Jenkins, M.J., Gaber, M.H. & Bridson, R.H. 2010. Evaluation of liposomes coated with a pH responsive polymer, *International Journal of Pharmaceutics*, 402 (1-2), 89-94.
- Catalan-Latorre, A., Ravaghi, M., Manca, M.L., Caddeo, C., Marongiu, F., Ennas, G., Escibano-Ferrer, E., Peris, J.E., Diez-Sales, O., Fadda, A.M. & Manconi, M., 2016. Freeze-dried eudragit-hyaluronan multicompartiment liposomes, *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, 107, 49-55.

- Chen-yu, G., Chun-fen, Y., Qi-lu, L., Qi, T., Yan-wei, X., Wei-na, L. & Guang-xi, Z., 2012, Development of a Quercetin-loaded nanostructured lipid carrier formulation for topical delivery, *International Journal of Pharmaceutics*, 430, 292-298.
- Ghanbarzadeh, B., Pezeshky, A., Hamishehkar, H., & Moghadam, M., 2016, Vitamin A palmitate-loaded nanoliposomes: study of particle size, zeta potential, efficiency and stability of encapsulation, *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 12(2), 261-275.
- Hatcher, H., Planalp, R., Cho, J., Torti, F.M. & Torti, S.V., 2008, Curcumin: from ancient medicine to current clinical trials, *Cellular and Molecular Life Sciences*, 65, 1631-1652.
- Hosny, K.M., Ahmed, O.A., & Al-Abdali, R.T. 2013. Enteric-coated alendronate sodium nanoliposomes: a novel formula to overcome barriers for the treatment of osteoporosis, *Expert Opinion on Drug Delivery*, 10, 741-746
- Hosseini, F., Habibi Najafi M. B., Hashemi, M., Blourian, S., & Zaman Zade, F., 2011, Evaluation of antimicrobial activities and color strength of curcumin in macaroni, *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 7(1): 33-41.
- Karn, P.R, Vanić, Z., Pepić, I., & Skalko-Basnet, N. 2011. Mucoadhesive liposomal delivery systems: The choice of coating material, *Drug Development and Industrial Pharmacy*, 37(4), 482-488.
- Li, C., Zhang, Y., Su, T., Feng, L., Long, Y. & Chen, Z., 2012, Silica-coated flexible liposomes as a nanohybrid delivery system for enhanced oral bioavailability of curcumin, *International Journal of Nanomedicine*, 7, 5995-6002.
- Li, J., Lee, I.W., Shin, G.H., Chen, X. & Park, H.J., 2015, Curcumin-Eudragit E PO solid dispersion: a simple and potent method to solve the problems of curcumin, *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, 94, 322-332.
- Liu, W., Liu, W., Ye, A., Peng, S., Wei, F., Liu, C. & Han, J., 2016, Environmental stress stability of microencapsules based on liposomes decorated with chitosan and sodium alginate, *Food Chemistry*, 196, 396-404.
- Liu, W., Ye, A., Liu, W., Liu, C., Han, J. & Singh, H., 2015, Behaviour of liposomes loaded with bovine serum albumin during in vitro digestion, *Food Chemistry*, 175, 16-24.
- Maheshwari, R.K., Singh, A.K., Gaddipati, J. & Srimal, R.C., 2006, multiple biological activities of curcumin: a short review, *Life Science*, 78, 2081-2087.
- Manca, M.L., Castangia, I., Zaru, M., Nácher, A., Valenti, D., Fernández-Busquets, X., Fadda, A.M. & Manconi, M., 2015, Development of curcumin loaded sodium hyaluronate immobilized vesicles (hyalurosomes) and their potential on skin inflammation and wound restoring, *Biomaterials*, 71, 100-109.
- Gurrapu, A., Jukanti, R., Bobbala, S.R., Kanuganti, S. & Jeevana, J. B., 2012, Improved oral delivery of valsartan from maltodextrin based proniosome powders, *Advanced Powder Technology*, 23, 583-590.
- Mohammad Hassani, Z., Ghanbarzadeh, B., Hamishehkar, H., & Rezayi Mokarram, R., 2014, Gamma oryzanol-bearing nanoliposomes: study of FTIR spectrophotometry, vesicle size, ζ -potential, physical stability and steady rheology, *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 10(1): 62-75.
- Muzzalupo, R., Tavano, L. & La Mesa, C., 2013, Alkyl glucopyranoside based niosomes containing methotrexate for pharmaceutical applications: evaluation of physicochemical and biological properties, *International Journal of Pharmaceutics*, 458, 224- 229.
- Patra, D., Ahmadi, D. & Aridi, R., 2013, Study on interaction of bile salts with curcumin and curcumin embedded in dipalmitoyl-sn-glycero-3-phosphocholine liposome, *Colloids and Surfaces B. Biointerfaces*, 110, 296-304.
- Rowland, R.N. & Woodley, J.F., 1980, The stability of liposomes in vitro to pH, bile salts and pancreatic lipase, *Biochimica Biophysica Acta*, 620, 400-409.
- Sezgin-Bayindir, Z., Antep, M.N. & Yuksel, N., 2015, Development and characterization of mixed niosomes for oral delivery using candesartan cilexetil as a model poorly water soluble drug, *AAPS PharmSciTech*, 16(1), 108-117.
- Tarcha, P. J., 1990, polymers for controlled drug delivery, *CRC press*, USA, 58-60.
- Tavano, L., de Cindio, B., Picci, N., Ioele, G. & Muzzalupo, R., 2014, Drug compartmentalization as strategy to improve the physicochemical properties of diclofenac sodium loaded niosomes for topical applications, *Biomedical Microdevices*, 16, 851-858.
- Tayyem, R.F., Heath, D.D., Al-Delaimy, W.K. & Rock, C.L., 2006, Curcumin content of turmeric and curry powders, *Nutrition and Cancer*, 55, 126-131.
- Tizchang, S., Sowti khiabani, M., & Rezaie mokarram, R., 2015, Evaluation of factors affecting at preparation of nanoliposomes containing nisin using Response surface methodology, *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 11(2), 171-180.



The effect of different Nanoliposomal Formulation on Encapsulation and Stabilization of Curcumin

M. Ravaghi^{1*}, A. Maria Fadda²

Received: 2017.01.10

Accepted: 2017.08.26

Introduction: Curcumin is the main ingredient of turmeric spice, derived from rhizome of the *Curcuma longa*. It is a hydrophobic material with low bioavailability which is rapidly removed from the body due to its instability under physiological conditions and inadequate absorption. Curcumin is a polyphenol and one of the most widely explored natural pharmacological agents in nanomedicine due to its high in vitro activity and low systemic bioavailability in vivo. In recent years, many efforts have been made to increase its therapeutic potential for disease prevention and health promotion, by using specific nano-delivery systems. Delivery and accumulation of curcumin in the intestine may represent an attractive strategy to improve its systemic absorption and bioavailability. The incorporation of curcumin in phospholipid vesicles (liposomes) may modulate its accumulation and be released, but do not improve its stability in the gastrointestinal environment due to the phospholipid degradation. An appropriate combination of phospholipid and polymer may provide a suitable strategy to protect the vesicles, resulting in an amelioration of curcumin intestinal deposition and bioavailability. In the present work, the potential use of Eudragit and hyaluronan to complex phospholipids was investigated, thus forming gastroresistant vesicles able to deliver the curcumin to the low intestine.

Materials and Methods: Soy phosphatidylcholine S75 (purity of 70%) and P90G (purity of 94%) were purchased from Lipoid GmbH (Germany). Sodium hyaluronate or hyaluronan with low molecular weight (200–400 kDa) was purchased from DSM Nutritional Products AG Branch Pentapharm (Switzerland). Eudragit S100 and L100 with molecular weight about 125 kDa were provided by Evonik Industries AG (Germany). Curcumin and other chemicals were analytical grade and procured from Sigma-Aldrich (Italy). This paper was aimed to find a liposome type formulation to immobilize the phospholipid structures, and to protect liposomes and enhance curcumin stability from simulated gastrointestinal conditions. To this purpose, phospholipid (P90G and S75), sodium hyaluronate and Eudragit (S100 and L100) were combined to obtain immobilized liposomes and drug. Liposomes were formed by hydration, combined with sonication using a high intensity ultrasonic disintegrator (Soniprep 150 plus, UK). The average diameter, polydispersity index (PDI) and zeta potential were determined using a Zetasizer nano-ZS (Malvern Instruments, United Kingdom). Entrapment efficiency (EE%) was calculated as the percentage of the drug amount found after dialysis (Spectra/Por® membranes, 12–14 kDa MW cut off, 3 nm pore size, The Netherlands) versus that initially used. Curcumin content was estimated spectrophotometrically at $\lambda_{max}=424$ nm by a Perkin Elmer UV/visible spectrophotometer (Lambda 25, USA) after disruption of liposomes. Vesicle formation and morphology were checked by cryogenic electron transmission microscopy, using a Tecnai F20 TEM (FEI Company, The Netherlands). The average diameter, PDI, zeta potential and EE% of the vesicles produced using Eudragit S100 and L100 were measured after 1 month incubation at 4°C to determine their stability. Vesicle behaviour was also measured in fluids at pH 2 and 7 and high ionic strength immediately after dilution, at 2h and 6 h. Data are expressed as mean±standard deviation (n=3 independent samples). Analysis of the data was made using SAS statistical software (version 9.0). Comparison among the means was carried out by Duncan's multiple range test at $p<0.05$ as a minimal level of significance.

Results and discussion: P90G produced liposomes of smaller size (130 ± 10 nm) with less PDI value (0.17 ± 0.03) than S75 while addition of hyaluronan and Eudragit increased these parameters significantly. Eudragit S100 and L100 are anionic copolymers able to form effective and stable enteric coatings with fast dissolution in the upper bowel. Unfortunately, Eudragit L100 and S100 are poorly soluble in water and when added to the phospholipid and curcumin, the resulting vesicles were large (>800 nm) and polydispersed (>0.8). In this work, the Eudragit was dispersed in ethanol with the curcumin, leading to a homogeneous, yellow

1. Young Researchers and Elite Club, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.

2. Department of Scienze Della Vita e dell'Ambiente, University of Cagliari, via Ospedale 72, 09124 Cagliari, Italy.

(*Corresponding author: E-mail addresses: Ravaghi.maryam@gmail.com)

transparent solution, and the curcumin and hyaluronan were dispersed in water. After freeze drying and rehydration with water, the vesicle size and polydispersity decreased, leading to the formation of more suitable systems. Liposomes of Eudragit were spherical or oval, multi-lamellar or large uni-lamellar vesicles with some smaller vesicles inside. These liposomes had high entrapment efficiency (>80%) immediately after production without significant decrease after storage. Liposomes of Eudragit S100 had smaller vesicles (287 ± 31 nm) compared to those of Eudragit L100 (407 ± 33 nm) after preparation. Moreover, vesicles containing Eudragit S100 showed better stability during storage. Immobilization of liposomes in polymeric network of hyaluronan-Eudragit increased their stability against the mimicking conditions of gastrointestinal tract such as high ionic strength and pH variation. The present study indicated that the combination of P90G, Eudragit S100 and hyaluronan results in the production of innovative delivery systems with suitable dimensions and adequate stability, capable of protecting the curcumin from the pH variation during the stomach to colon transit, and favoring the local accumulation of the drug. Finally, a more detailed research according to ICH and WHO guidelines should be performed in a more advanced development step.

Keywords: Curcumin, Eudragit, Liposome.



تأثیر گلو تن فعال و آنزیم همی سلولاز بر بهبود کیفیت کیک یزدی غنی شده با آرد عدس جوانه زده

فاطمه بهرامی مقصودیکی¹ - هاجر عباسی^{2*} - محمد گلی²

تاریخ دریافت: 1395/09/07

تاریخ پذیرش: 1396/03/06

چکیده

عدس جوانه زده ترکیبی سرشار از ریزمغذی های فراوان است. هدف از این پژوهش، غنی سازی طبیعی کیک یزدی با آرد عدس جوانه زده و بهبود ویژگی های کیفی آن با استفاده از گلو تن فعال و آنزیم همی سلولاز است. در این راستا پس از ارزیابی ویژگی های شیمیایی آرد گندم و آرد عدس جوانه زده، کیک تهیه شده با 25 درصد جایگزینی آرد گندم با آرد عدس جوانه زده به همراه آنزیم همی سلولاز (صفر، 25 و 50 قسمت در میلیون) و گلو تن فعال (صفر، 1/5 و 3 درصد) از لحاظ حجم، دانسیته ظاهری، رنگ پوسته و مغز، رطوبت، خواص بافتی و حسی مورد بررسی قرار گرفت. نمونه بهینه حاصل از نظر بیانی، کمیت چربی، پروتئین، خاکستر، فیبر خام و املاح آهن، کلسیم، فسفر و پتاسیم مورد بررسی قرار گرفت و با شاهد مقایسه گردید. نتایج نشان داد که افزودن آرد عدس به کیک باعث افزایش رطوبت محصول نسبت به نمونه شاهد شد. افزودن گلو تن و آنزیم همی سلولاز تأثیر معنی داری ($P \leq 0.05$) بر کاهش دانسیته ظاهری و بهبود ویژگی های ظاهری، حسی و بافتی کیک گذاشت. طوری که سختی بافت کاهش و پیوستگی و فنری آن افزایش یافت. فرمولاسیون بهینه بر مبنی آنالیزهای فیزیکی، بافتی و حسی، نمونه دارای 25 درصد آرد عدس جوانه زده، 3 درصد گلو تن فعال و 50ppm آنزیم همی سلولاز تعیین شد. مقایسه خصوصیات بافتی دو نمونه بهینه و شاهد نشان از ارزش بالاتر فرآورده تولید شده از لحاظ محتوی پروتئین، خاکستر، فیبر خام و املاح آهن، کلسیم، پتاسیم و فسفر در مقایسه با نمونه شاهد و مشابهت کیفیت بافتی آنها داشت.

واژه های کلیدی: جوانه عدس، غنی سازی، کیک، گلو تن، همی سلولاز

مقدمه

گالاکتوسیدها بهتر است قبل از مصرف فرآوری شوند (Valverde et al., 2002). تحقیقات نشان می دهند که، کیفیت تغذیه ای و دارویی حبوبات به طور قابل توجهی توسط جوانه زنی بهبود می یابد (Swieca et al., 2013). فرآیندهای خیساندن، پوست گیری و جوانه زنی، باعث افزایش استخراج کلسیم، آهن و فسفر حبوبات به مقادیر متفاوت می شوند. با این وجود جوانه زنی بر سایر فرآیندهای مختلف قابل استفاده برای افزایش ارزش تغذیه ای حبوبات ارجحیت دارد (Al-Numair et al., 2009). جوانه زنی به طور مؤثری، هر دو دسته مواد معدنی اصلی و کمیاب قابل استخراج با هیدروکلریک اسید را افزایش و مقدار فیتیک اسید را کاهش می دهد (Suleiman et al., 2007). در میان حبوبات جوانه زده، عدس شامل مقادیر زیادی ترکیبات فراسودمند و بهبوددهنده سلامتی است که مصرف آن در تأمین عناصر کم مقدار مورد نیاز بدن انسان و کاهش خطر ابتلا به بیماری های قلبی و عروقی، چاقی، دیابت، التهاب و سرطان مؤثر است. دانه و عدس همچنین منابع خوب نشاسته و پروتئین با کیفیت بالا هستند. عدس، فیبر بسیار بالا و چربی کمی دارد. همچنین سطح بالایی از آهن، پتاسیم، فولات و نیاسین دارد و اغلب

استفاده از مواد غذایی فراسودمند و تغذیه مناسب امروزه به عنوان یک راه مناسب برای تناسب اندام و سلامتی ارائه شده است. شواهد زیادی در تأیید این واقعیت وجود دارد که غذاهای غنی از حبوبات می توانند به طور قابل ملاحظه ای سلامت کلی و کیفیت زندگی مردم را تحت تأثیر قرار دهند. حبوبات سرشار از مواد مغذی فراوان و حاوی ترکیبات ضدسرطان و آنتی اکسیدان های متعددی هستند و خواص ضد میکروبی قابل ملاحظه ای دارند. این رژیم غذایی همچنین در کاهش سطح کلسترول و قند خون در بیماران دیابتی مؤثر است (Swieca et al., 2013). از طرفی، حبوبات به دلیل ترکیبات ضدتغذیه ای مانند تریپسین، مهارکننده ها، اسید فیتیک و α

1 و 2 - دانش آموخته کارشناسی ارشد و استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران.

(*مستول مکاتبات: Email: h.abbasi@khuif.ac.ir)

DOI: 10.22067/iftstrj.v0i0.60588

برای گیاهخوارانی توصیه می‌شود که نیاز به مکمل رژیم غذایی با آهن و پروتئین اضافی دارند. به علاوه دارای شاخص قند خون پایینی است و گلوکز را به آرامی به جریان خون آزاد می‌کند و پاسخ به انسولین پایدارتری را فراهم می‌کند (Swieca et al., 2013).

کیک یکی از میان وعده‌های پرمصرف به‌شمار می‌رود که به دلیل قند و چربی بالا، متخصصین تغذیه مصرف کم آن در رژیم‌های غذایی را توصیه می‌کنند (Rosental, 1995). لذا با بهبود ارزش غذایی کیک می‌توان محصولی سالم‌تر به بازار مصرف عرضه نمود. استفاده از جوانه غلات و حبوبات در فرمولاسیون فرآورده‌های حاصل از غلات می‌تواند در بهبود ارزش تغذیه‌ای آنها مؤثر باشد. در این راستا Sudha و Bansal (2011) ویژگی‌های تغذیه‌ای، ریزساختاری، رئولوژیکی و کیفی بیسکوئیت‌های تهیه شده از جوانه گندم فرآوری شده با پروتئین و فیبر رژیمی بالا را بررسی کردند. بیسکوئیت‌ها با جانشین کردن 10، 20، 30 و 40٪ از آرد گندم با جوانه گندم چربی‌گیری شده و جوانه گندم بخاردهی شده تهیه شدند. جوانه گندم چربی‌گیری شده اثرات تضعیف‌کنندگی بیشتری بر ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر نسبت به جوانه بخاردهی شده نشان می‌دهد. Gomez و همکاران نیز (2011) به مطالعه اثر افزودن جوانه گندم تثبیت شده در سطوح 2/5، 5، 7/5، 10 و 20٪ (بر اساس وزن آرد) در نان پرداختند. نتایج پژوهش این محققان نشان داد که نمونه حاوی 10٪ جوانه گندم از ویژگی حسی بهتر، حجم مخصوص بیشتر و سفتی کمتری نسبت به سایر تیمارها برخوردار است. Bosco و Bhol (2014) اثرات جایگزینی مالت ارزن و آرد لوبیا قرمز را بر ویژگی‌های تغذیه‌ای، حسی و بافتی نان، مورد مطالعه قرار دادند. بر اساس مطالعات اولیه، سطح بهینه جایگزینی مالت ارزن و آرد لوبیا قرمز در آرد گندم تصفیه شده در دستور غذایی، 20 گرم در 100 گرم از آرد گندم معین شد. نان مالت ارزن، ویژگی‌های حسی و بافتی بهتری در مقایسه با نان آرد لوبیا قرمز از خود نشان داد. اما افزودن آرد لوبیا قرمز، ترکیب تغذیه‌ای و مواد معدنی بالاتری در مقایسه با نان جایگزین شده با مالت ارزن داشت. هرچند میکسوگراف نشان داد که ماتریکس پروتئینی یکنواخت و پیوسته محصول به علت وجود این ترکیبات مختل شده است. تحقیقات نشان داد که تجمع مواد معدنی در مغز نان بیش از پوسته آن است. هر دو محصول تهیه شده ویژگی‌های تغذیه‌ای از جمله محتوای فیبر مغذی، پروتئین و مواد معدنی بهتری در مقایسه با شاهد داشتند. Giménez و همکاران (2012) نیز آرد باقلا را به‌منظور افزایش مواد مغذی اسپاگتی جایگزین آرد گندم کردند و از لحاظ شیمیایی مورد بررسی قرار دادند. سه سطح جایگزینی 10، 20 و 30٪ مورد آزمایش قرار گرفتند. آرد باقلا تأثیر منفی بر پاسخ‌های فارینوگراف مانند ثبات و نرم شدن خمیر دارد. محصول نهایی دارای ویژگی‌های بافتی و حسی قابل قبولی است و بهبود قابل توجهی در محتوای پروتئین و فیبر و کیفیت نهایی آن

حاصل شد.

با توجه به فقر برخی از املاح و ویتامین‌ها خصوصاً آهن در جیره غذایی جوامع درحال توسعه، غنی‌سازی آرد با آهن به‌عنوان پایه محصولاتی که قوت غالب مردم از آنها تأمین می‌شود ضروری است. علیرغم تلاش‌های بسیار، به دلیل مشکلات متعددی در این زمینه، اعم از توزیع غیریکنواخت ذرات و تأثیرات نامطلوب آهن بر ویژگی‌های ارگانولپتیکی محصول، درحال حاضر غنی‌سازی آرد در ایران بسیار محدود و تنها در آردهای کامل انجام می‌شود. جوانه عدس سرشار از آهن، پتاسیم، نیاسین و اسیدهای آمینه ضروری است. بنابراین هدف اصلی از این پژوهش، غنی‌سازی طبیعی کیک با آرد عدس جوانه‌زده است. از آنجائی که نتایج تحقیقات دیگران در زمینه‌های مشابه نشان از تأثیرات منفی جایگزینی آرد گندم از حیث تکنولوژیکی با این دست از ترکیبات دارد و مطالعات قابل ملاحظه‌ای در خصوص کاهش این تأثیرات منفی صورت نگرفته است، لذا هدف دیگر این پژوهش بهبود ویژگی‌های کیفی محصول با استفاده از افزودنی‌های مناسب است. در این راستا بر مبنی نتایج پیش آزمون‌های انجام شده و پژوهش‌های موجود در این زمینه گلوتن فعال و آنزیم همی‌سلولاز در سطوح مختلف مورد استفاده قرار گرفت. نتایج این پژوهش در تولید محصولی فراسودمند با ویژگی‌های تغذیه‌ای بهبود یافته مؤثر خواهد بود. در واقع این روش می‌تواند یکی از راه‌های جایگزین برای غنی‌سازی محصول به‌صورت طبیعی از حیث محتوی آهن و سایر ترکیبات مغذی باشد.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه کیک شامل: آرد مخصوص کیک (افخم)، روغن نباتی (جهان) (دارای رنگ زرد روشن و عدد یدی: 130)، شکر سفید (نقش جهان)، تخم مرغ (تلاونگ)، بیکینگ پودر (هرمین)، وانیل، ماست (آلاس) و آب مطابق پیلهوران و همکاران (1393) با اعمال تغییرات از فروشگاه‌های سطح شهر تهیه گردید (جدول 1)

جدول 1- ترکیبات تشکیل دهنده فرمولاسیون کیک

مواد مورد استفاده	درصد (بر اساس وزن آرد)
آرد	100
روغن	29
شکر	70/5
تخم مرغ	41
بیکینگ پودر	1/34
وانیل	0/5
ماست	59
آب	12

ریخته شد و به مدت 30 دقیقه در فر چرخشی با درجه حرارت 250 درجه سانتیگراد پخت گردید. پس از پخت، خنک کردن در دمای محیط به مدت 30 دقیقه انجام گرفت (با کمی تغییرات از زارع‌نژاد و همکاران، 1393).

آزمون‌های آرد

آرد گندم و آرد جوانه عدس از نظر محتوی رطوبت (استاندارد ملی ایران شماره 2705)، چربی (استاندارد ملی ایران شماره 2862)، پروتئین (استاندارد ملی ایران شماره 19052)، خاکستر (استاندارد ملی ایران شماره 2706)، میزان گلوتن مرطوب (استاندارد ملی ایران شماره 2-9639)، املاح آهن و پتاسیم (استاندارد ملی ایران شماره 9266)، کلسیم (AACC, 40-20) و فسفر (AOCS-995.11) مورد بررسی و مقایسه قرار گرفتند.

آزمون‌های فیزیکی شیمیایی کیک

رطوبت کیک مطابق با استاندارد ملی ایران شماره 2705 و دانسیته ظاهری کیک با محاسبه نسبت وزن به حجم کیک اندازه‌گیری شد (AACC, 55-50).

در صنعت غذا، رنگ اغلب به‌وسیله فضای رنگی CIE lab نشان داده می‌شود که یک استاندارد بین‌المللی برای اندازه‌گیری رنگ است و توسط کمیسیون بین‌المللی CIE¹ در سال 1976 به تصویب رسیده است. کمیته بین‌المللی CIE رنگ را به‌عنوان یک حس بصری که مطابق با آن، ناحیه‌ای شبیه یکی از رنگ‌های درک شده قرمز، زرد، سبز و آبی و یا ترکیبی از آنها پدیدار شود، می‌داند (Purilis, 2010). در سیستم رنگ CIE lab، فاکتور a بیان‌کننده قرمزی و سبزی است که میزان مثبت آن، تعیین‌کننده قرمزی و میزان منفی آن سبزی را نشان می‌دهد. فاکتور b زردی و آبی بودن را تعیین می‌کند. عدد مثبت آن تعیین‌کننده رنگ زرد و عدد منفی آن بیان‌کننده رنگ آبی است. فاکتور L میزان روشنایی را تعیین می‌کند و مقدار آن از صفر تا 100 متغیر است. صفر بیانگر سیاه مطلق و صد بیانگر سفید مطلق است. ارزیابی رنگ با استفاده از تصویربرداری در جعبه مخصوص انجام شد. جعبه مخصوص، جعبه‌ای از جنس MDF سفید رنگ بود که درون آن دو عدد لامپ مهتابی با زاویه 45 درجه برای ایجاد نوری یکنواخت بر تمامی نمونه‌ها قرار داده شد. سپس در شرایط یکسان از تمامی نمونه‌ها تصویر گرفته شد. تصاویر حاصل در 3456*2592 Pixels و سایز 4:3 تنظیم شدند. در ادامه در شرایطی مشابه نمونه‌ها از کارت‌های رنگی RAL عکس‌برداری شد. به کمک نرم‌افزار فتوشاپ عکس‌ها تجزیه و تحلیل شده و شاخص‌های RGB استخراج شد. نمودار استاندارد بر اساس شاخص RGB کارت‌های RAL رسم شد

به‌منظور تهیه آرد عدس جوانه‌زده، وارپته عدس رسمی خریداری و در دمای محیط و رطوبت 90% و در محل تاریک تا رشد جوانه‌ها تا ارتفاع 1/5 سانتی‌متر تیمار شد. سپس جوانه‌ها در دمای محیط و سایه، خشک، آسیاب و الک شدند (زارع‌نژاد و همکاران، 1393). پس از انجام پیش‌آزمون‌های متعدد بر مبنی آنالیزهای حسی و بافتی توسط افراد متخصص در این امر، سطح آرد جوانه‌زده عدس 25% محتوی آرد فرمولاسیون خمیر کیک معین شد.

پودر گلوتن از شرکت آرتین شیمی (کرج) خریداری و در سه سطح صفر، 1/5 و 3% (بر اساس وزن مرطوب آرد) به خمیر کیک افزوده شد. آنزیم همی‌سلولاز نیز از شرکت آرتین شیمی (کرج) خریداری و در سه سطح صفر، 25 و 50 پی‌پی‌ام (بر اساس وزن مرطوب آرد) به خمیر کیک افزوده شد.

تجهیزات

تجهیزات مورد استفاده شامل همزن برقی خانگی (HA-3020، KATOMO، ژاپن) آسیاب برقی (AJ-4IN1، Adrin، چین) قالب کیک یزدی، کاغذ روغنی، سلوفان بسته‌بندی (فر صنعتی اصفهان، تکتا) دستگاه پردازشگر بافت (STM-20، Texture Analyser، ایران)، جعبه مخصوص اندازه‌گیری رنگ (جعبه‌ای از جنس MDF سفید رنگ که درون آن دو عدد لامپ مهتابی با زاویه 45 درجه برای ایجاد نوری یکنواخت بر تمامی نمونه‌ها قرار داده شده است و شرایط تصویربرداری مناسب و یکنواخت را برای نمونه‌ها فراهم می‌کند)، دستگاه سوکسله (PCU-500، Peco Digital)، آون آزمایشگاهی (Oven-55) دوربین عکاسی (Lumix Panasonic DMC-TZ5، ژاپن).

آماده‌سازی خمیر کیک

به‌منظور تهیه خمیر کیک با استفاده از روش شکر خمیر، ابتدا تخم‌مرغ و شکر با هم‌زن برقی مخلوط شدند. سپس ماست و روغن افزوده و مجدداً با هم‌زن مخلوط شد. در مرحله بعد وانیل و بیکنینگ پودر به ترکیبات افزوده شدند. در هر مرحله عملیات مخلوط کردن به مدت 5 دقیقه صورت گرفت. آنزیم همی‌سلولاز به میزان 25 و 50 پی‌پی‌ام با آب فرمولاسیون (15°C) مخلوط و به آرد عدس جوانه‌زده که از قبل تهیه شده بود، افزوده و به مدت 30 دقیقه تحت تیمار با آنزیم در دمای 20°C قرار گرفت و سپس به‌صورت مخلوط با آرد گندم موجود در فرمولاسیون به خمیر کیک افزوده و به آرامی به‌صورت چرخشی با سایر ترکیبات اختلاط گردید. گلوتن نیز به میزان 1/5 و 3% بر اساس وزن آرد توزین و همراه با آن مورد استفاده قرار گرفت. بعد از آماده‌سازی، کاغذ روغنی در قالب‌های کیک یزدی قرار گرفت و 55 گرم خمیر در قالب‌هایی به ابعاد 4×2/5×7/5 سانتی‌متر

روزهای دوم، هفتم و چهاردهم پس از تولید استفاده شد و فاکتورهای سنجش بافت از جمله سختی، پیوستگی و فنریت مورد ارزیابی قرار گرفت (Paraskevopoulous et al., 1997).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

در این تحقیق به منظور مقایسه تأثیر سطوح مختلف پودر گلوتن (صفر، 1/5 و 3 درصد) و آنزیم همی سلولاز (صفر، 25 و 50 قسمت در میلیون) بر دانسیته، خواص حسی، شیمیایی و بافتی کیک تهیه شده از مخلوط آرد گندم و جوانه عدس، از طرح کاملاً تصادفی در قالب آزمون فاکتوریل (برای دو فاکتور درصد گلوتن و درصد آنزیم همی سلولاز) با استفاده از نرم افزار SAS ورژن 9/2 انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD صورت گرفت. ارزیابی آماری داده‌های حسی بر مبنی روش کیفی Kruskal-Wallis انجام شد. بررسی آماری و مقایسه نمونه شاهد گندم و بهینه نیز در قالب طرح کاملاً تصادفی صورت گرفت. قابل ذکر است که کلیه آزمون‌ها در سه تکرار انجام و نتایج آن مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

نتایج و بحث

نتایج آزمون‌های شیمیایی آرد گندم و آرد جوانه عدس

با توجه به نتایج ارائه شده در جدول 2، آرد گندم و آرد جوانه عدس از نظر محتوی پروتئین، رطوبت، خاکستر و املاح آهن، کلسیم، فسفر و پتاسیم اختلاف معنی داری آماری دارند. در مورد کمیت چربی تفاوت معنی داری ($P \leq 0.05$) میان این دو مشاهده نشد.

و شاخص RGB عکس با آن کالیبره شد. در نهایت شاخص RGB کالیبره شده نمونه تبدیل به شاخص Lab شد (طهماسبی پور و همکاران، 1393).

جهت ارزیابی خواص بافتی از دستگاه بافت‌سنج و آزمون آنالیز پروفایل بافت در روز دوم پس از تولید استفاده شد. در این آزمون قطعات استوانه کیک با ارتفاع و قطر 2 سانتی‌متر طی دو سیکل رفت و برگشت توسط پروبی 4 سانتی‌متری و با سرعت 100 میلی‌متر بر دقیقه تحت فشاردگی 50% قرار گرفتند. در این راستا فاکتورهای سنجش بافت از جمله سختی، پیوستگی و فنریت مورد ارزیابی قرار گرفتند (Paraskevopoulous et al., 1997). پس از بررسی نتایج آزمایشات رطوبت، رنگ، دانسیته ظاهری و خواص بافت، 3 نمونه که نسبت به بقیه بر مبنی ارزیابی‌های فیزیکی و بافتی انجام شده از ویژگی‌های بهتری برخوردار بوده و مشابهت بیشتری به نمونه تهیه شده با آرد گندم داشتند برای آنالیز حسی انتخاب شدند تا از بین آنها بهترین نمونه معین گردد. ارزیابی خواص حسی کیک‌ها با استفاده از آزمون هدونیک 5 نقطه‌ای با حضور 20 ارزیاب آموزش‌دیده صورت گرفت. در این آزمون فاکتورهای طعم، رنگ، بو، پس‌طعم، بافت و پذیرش کلی مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. طی این آزمون از ارزیاب‌ها خواسته شد نمونه‌ها را با نمرات 5 (بسیار خوب)، 4 (خوب)، 3 (متوسط)، 2 (بد) و 1 (بسیار بد) با ضریب تأثیر برابر ارزیابی کنند (رشمه کریم و همکاران، 1380).

نمونه بهینه و شاهد از لحاظ خاکستر، پروتئین، چربی، فیبر خام و املاح آهن، کلسیم، پتاسیم و فسفر مورد بررسی و مقایسه قرار گرفتند. جهت ارزیابی سرعت بیات شدن نیز از دستگاه بافت‌سنج در

جدول 2- مقایسه ویژگی‌های شیمیایی آرد گندم و آرد جوانه عدس

آرد جوانه عدس	آرد گندم	ویژگی‌های شیمیایی
29/13 ± 0/35 ^a	12/00 ± 0/40 ^b	پروتئین (g/100)
12/60 ± 0/40 ^a	10/86 ± 0/03 ^b	رطوبت (g/100)
2/27 ± 0/15 ^a	0/51 ± 0/03 ^b	خاکستر (g/100)
1/44 ± 0/08 ^a	1/41 ± 0/09 ^a	چربی (g/100)
-	24/12 ± 0/33 ^a	گلوتن مرطوب (g/100)
%4 ± 0/35 ^a	%2 ± 0/50 ^b	روی الک 180 میکرون:
%9 ± 0/44 ^a	%5 ± 0/39 ^b	اندازه ذرات روی الک 125 میکرون:
%87 ± 0/42 ^a	%93 ± 0/28 ^b	زیر الک 125 میکرون:
5/65 ± 0/20 ^a	0/97 ± 0/02 ^b	آهن (mg/100)
45/56 ± 0/41 ^a	17/00 ± 0/30 ^b	کلسیم (mg/100)
749/03 ± 4/07 ^a	100/96 ± 3/80 ^b	پتاسیم (mg/100)
325/06 ± 2/25 ^a	58/06 ± 0/60 ^b	فسفر (mg/100)

در هر سطر اعداد دارای حروف متفاوت از نظر آماری با هم تفاوت دارند.

جدول ۳- مقایسه اثرات مستقل گلوتن و آنزیم همی سلولاز بر محتوی رطوبت، دانسیته ظاهری و شاخص‌های a^* ، b^* و رنگ پوسته نمونه‌های کیک

نوع متغیر	سطوح مصرف	رطوبت (درصد وزنی)	دانسیته ظاهری (مترمکعب/کیلوگرم)	L^*	a^*	b^*
سلولاز همی (فست) (درصد وزنی)	۰	۲۰/۶۱±۰/۴	۰/۱۵±۰/۰۱۵	۵۷/۳۱±۰/۷۹ ^b	۳۳/۵۵±۰/۳۴ ^b	۲۵/۳۳±۰/۱۸ ^b
سلولاز همی (فست) (درصد وزنی)	۱/۵	۲۰/۹۳±۰/۱۵ ^b	۰/۱۵±۰/۰۱۵	۵۶/۵۱±۰/۷۵ ^b	۲۵/۲۵±۰/۱۴ ^b	۳۴/۱۶±۰/۱۶ ^b
سلولاز همی (فست) (درصد وزنی)	۲	۲۱/۳۸±۰/۱۵ ^b	۰/۱۴±۰/۰۱۴	۵۹/۹۵±۰/۱۳ ^b	۲۷/۲۴±۰/۱۵	۲۷/۰۴±۰/۱۲ ^b
سلولاز همی (فست) (درصد وزنی)	۰	۲۰/۶۱±۰/۴	۰/۱۵±۰/۰۱۵	۵۷/۳۱±۰/۷۹ ^b	۳۳/۵۵±۰/۳۴ ^b	۲۵/۳۳±۰/۱۸ ^b
سلولاز همی (فست) (درصد وزنی)	۲۵	۲۱/۳۳±۰/۱۵ ^b	۰/۱۵±۰/۰۱۵	۵۹/۷۷±۰/۱۵ ^b	۳۳/۲۰±۰/۱۲ ^b	۳۷/۱۵±۰/۱۳ ^b
سلولاز همی (فست) (درصد وزنی)	۵۰	۲۱/۳۳±۰/۱۵ ^b	۰/۱۴±۰/۰۱۴	۵۶/۳۴±۰/۷۸ ^b	۳۶/۳۴±۰/۱۳ ^b	۲۵/۳۳±۰/۱۸ ^b

حروف a, b, ... نشانگر اختلاف معنی‌دار آماری (در سطح اطمینان ۹۵ درصد) بین نمونه‌ها از نظر میزان گلوتن
حروف a', b', ... نشانگر اختلاف معنی‌دار آماری (در سطح اطمینان ۹۵ درصد) بین نمونه‌ها از نظر میزان آنزیم

محتوی آهن آرد عدس بیش از پنج برابر، کلسیم بیش از دو برابر، پتاسیم بیش از هفت برابر و فسفر بیش از شش برابر آرد گندم بود. از نظر پروتئین نیز محتوی پروتئین آرد جوانه عدس بسیار بیشتر از آرد گندم بود. نتایج تحقیقات پژوهشگران دیگر نیز حاکی از بالا بودن ارزش کیفی این پروتئین است. در این راستا بحول و همکاران (2014) اثرات جایگزینی مالت ارزن و آرد لوبیا قرمز را بر ویژگی‌های تغذیه‌ای، حسی و بافتی نان، مورد مطالعه قرار دادند. هر دو محصول تهیه شده، ویژگی‌های تغذیه‌ای از جمله محتوای فیبر مغذی، پروتئین و مواد معدنی بهتری در مقایسه با شاهد دارا بودند. مقایسه دو آرد جایگزین شده نشان می‌دهد که افزودن آرد لوبیا قرمز (20 درصد) ارزش تغذیه‌ای و مواد معدنی بالاتری در مقایسه با نان جایگزین شده با مالت ارزن را منجر می‌شود. Gimenez و همکاران (2012) نیز آرد باقلا را به منظور افزایش مواد مغذی اسپاگتی جایگزین آرد گندم کردند. محصول بهینه نهایی دارای ویژگی‌های بافتی و حسی قابل قبولی بود و بهبود قابل توجهی در محتوی پروتئین و فیبر و کیفیت نهایی آن حاصل شد.

مطابق نتایج پژوهش حاضر جوانه عدس به عنوان ترکیبی سرشار از مواد معدنی و اسیدهای آمینه ضروری برای افرادی که نیاز به مکمل رژیم غذایی با آهن و پروتئین اضافی دارند از جمله گیاه‌خواران، توصیه می‌شود (Swieca et al., 2013).

نتایج خصوصیات فیزیکی شیمیایی کیک رطوبت

با توجه به جدول‌های 3 و 4 ملاحظه می‌شود که افزودن گلوتن و آنزیم همی سلولاز تأثیر معنی‌داری ($P < 0.05$) بر افزایش محتوی رطوبت کیک داشت. آرد حبوبات و جوانه‌ها به علت محتوی فیبر بالا و امکان اتصال مولکول‌های آب و انحصار آنها باعث افزایش امکان جذب آب خمیر و نگهداری آن می‌شوند که همین موضوع باعث افزایش رطوبت کیک شد. از این رو محتوی رطوبت نمونه بهینه به نحو معنی‌داری بیش از نمونه شاهد گندم بود. این مسأله با نتایج Mohammeda و همکاران (2012) در افزودن آرد نخود به نان، زارع‌نژاد و همکاران (1393) در مورد افزودن جوانه گندم به کیک و گیمز و همکاران (2012) در رابطه با افزودن آرد باقلا به اسپاگتی هماهنگی دارد. از طرفی گلوتن و آنزیم همی سلولاز که به منظور بهبود ویژگی‌های بافتی و حسی به این کیک افزوده شده‌اند نیز باعث افزایش جذب آب خمیر و میزان رطوبت کیک شده‌اند. خاصیت جذب آب به وسیله گلوتن یکی از مهمترین خواص گلوتن می‌باشد و تهیه خمیر بر همین اصل استوار است. آبی که جذب گلوتن می‌شود بسیار باثبات است.

گلوتن هیدراته شده به صورت یک شبکه سه بعدی در حفظ و نگهداری ملکول‌های آب موجود در فرمولاسیون خمیر نقش دارد. این آب توسط هر دو پروتئین (گلیادین و گلوتئین) جذب می‌شود و چون هر دو پروتئین رقابت کششی نسبت به آب نشان می‌دهند، در نتیجه به طرف یکدیگر جذب می‌شوند و شبکه گلوتنی به وجود می‌آید (ناصری و همکاران، 1390). البته قدرت و توانایی گلوتئین به واسطه بالاتر بودن وزن مولکولی این پلی‌مر و همچنین وجود اتصالات

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات وابسته گلوتن و آنزیم همی سلولاز بر محتوی رطوبت، دانسیته ظاهری و شاخص های a^* ، b^* و رنگ پوسته نمونه‌های حاصل از تیمارهای مختلف

تیمار	گلوتن (درصد وزنی)	همی سلولاز (قسمت در میلیون)	رطوبت (درصد وزنی)	دانسیته ظاهری (مترمکب/کیلوگرم)	L^*	a^*	b^*
۱	۰	۰	۲۰/۱۳±/۰/۰۰۵	۰/۰۵±/۰/۰۰۱۳	۵۴/۳۴±/۱/۱۹ ^e	۳۲/۱۵±/۱/۳۷ ^d	۳۲/۱۴±/۱/۱۷ ^e
۲	۰	۲۵	۲۰/۱۶±/۰/۰۰۵ ^{ef}	۰/۰۶±/۰/۰۰۵ ^b	۵۹/۸۶±/۱/۵۱ ^{bc}	۳۳/۳۱±/۱/۲۱ ^{cd}	۳۲/۹۱±/۱/۳۷ ^{ab}
۳	۰	۵۰	۲۰/۱۹±/۰/۰۰۵ ^{de}	۰/۰۵±/۰/۰۰۱ ^c	۵۷/۹۳±/۱/۷۸ ^{cd}	۲۵/۰۷±/۱/۳۷ ^{bc}	۲۵/۹۳±/۱/۲۲ ^{cd}
۴	۱/۵	۰	۲۰/۱۵±/۰/۰۰۵ ^{fg}	۰/۰۶±/۰/۰۰۵ ^b	۵۵/۱۶±/۱/۷۵ ^e	۲۵/۰۸±/۱/۲۶ ^{bc}	۳۳/۳۳±/۱/۶۳ ^{de}
۵	۱/۵	۲۵	۲۱/۰۷±/۰/۰۰۵ ^{cd}	۰/۰۷±/۰/۰۰۱ ^d	۵۸/۵۸±/۱/۴۰ ^{bc}	۳۲/۸۸±/۱/۵۸ ^{cd}	۲۲/۰۱±/۱/۴۰ ^b
۶	۱/۵	۵۰	۲۱/۱۳±/۰/۰۰۵ ^{bc}	۰/۰۵±/۰/۰۰۱ ^e	۵۵/۷۸±/۱/۶۹ ^{de}	۳۲/۷۸±/۱/۸۷ ^{cd}	۳۴/۱۳±/۱/۹۱ ^{cde}
۷	۳	۰	۲۰/۱۹±/۰/۰۰۵ ^d	۰/۰۶±/۰/۰۰۱ ^c	۶۲/۴۳±/۱/۱۳ ^a	۱۷/۱۹±/۱/۱۰ ^e	۳۰/۳۲±/۱/۲۷ ^a
۸	۳	۲۵	۲۱/۴۶±/۰/۰۰۵ ^b	۰/۰۵±/۰/۰۰۵ ^e	۶۰/۷۲±/۱/۳۸ ^b	۳۳/۱۴±/۱/۵۶ ^{cd}	۳۲/۷۸±/۱/۵۸ ^{cd}
۹	۳	۵۰	۲۱/۷۶±/۰/۰۰۵ ^a	۰/۰۵±/۰/۰۰۱ ^f	۵۵/۷۰±/۱/۵۴ ^{de}	۳۶/۱۱±/۱/۴۸ ^{ab}	۳۶/۰۳±/۱/۶۴ ^{bc}

در هر ستون اعداد دارای حروف متفاوت از نظر آماری با هم تفاوت دارند $P \leq 0/05$

دی‌سولفیدی متعدد در ساختار در مقایسه با مونومر گلیادین بالاتر است. همی سلولاز نیز با هیدرولیز ترکیبات همی سلولزی درشت مولکول باعث افزایش OH آزاد و بهبود جذب آب و خلالت آنها می‌شود (Lebesi et al., 2012). در مجموع وجود ترکیبات فیبری مناسب در آرد حبوبات با خاصیت جذب و نگهداری رطوبت در کنار فعالیت همی سلولاز که موجبات بهبود امکان اتصال مولکول‌های آب با آن را فراهم می‌کند، در افزایش محتوی کلی رطوبت فرآورده مؤثر است.

دانسیته ظاهری

تحقیقات نشان داد که افزودن آرد حبوبات و جوانه‌ها تأثیر منفی قابل ملاحظه‌ای بر حجم و دانسیته محصولات نانوائی دارد. به‌طوریکه باعث کاهش حجم محصول و افزایش دانسیته آن می‌شود. این موضوع از نتایج الهوتی و همکاران (2002) در زمینه افزودن جوانه گندم به نان و بحول و همکاران (2014) در رابطه با افزودن آرد لوبیا قرمز به نان قابل استنباط است. کیک‌هایی که حجم بیشتری دارند، عموماً ساختارشان تراکم کمتر و بنابراین سختی کمتری دارند (Lebesi et al., 2012). لذا سختی رابطه مستقیم با حجم کیک دارد و تغییرات دانسیته با ویژگی‌های بافتی محصول نیز کاملاً مرتبط است. با توجه به نتایج جدول‌های 3 و 4 ملاحظه می‌شود که افزودن گلوتن و آنزیم همی سلولاز تأثیر معنی‌داری بر کاهش دانسیته ظاهری کیک و تقلیل تأثیر منفی جوانه عدس بر کیفیت محصول داشت. به همین دلیل نمونه شاهد و بهینه از نظر دانسیته ظاهری اختلاف معنی‌داری نداشتند. هنگامی که آرد و آب با هم مخلوط می‌شوند، شبکه‌ای با ویژگی‌های ویسکوالاستیک به وجود می‌آید که مسئول اصلی حفظ گاز در داخل خمیر است. ظرفیت جذب آب گلوتن، ویسکوزیته مناسب را فراهم می‌کند و باعث می‌شود که خمیر ظرفیت مناسب برای حفظ و گسترش هسته هوا را داشته باشد تا پراکندگی یکنواخت مواد تشکیل‌دهنده به‌منظور پخت مطلوب انجام شود. فعل و انفعالات پروتئین در ساختار کیک، دیواره‌های سلول را نسبت به افت مقاوم می‌کند. بنابراین گلوتن، ساختار کیک را به‌وسیله توزیع یکنواخت سلولی و در نتیجه حجم بهتر، بهبود می‌دهد (Wilderjans et al., 2008). اثر تیمار آنزیم بر حجم کیک می‌تواند به دلیل افزایش ویسکوزیته فاز آبی خمیر به واسطه کوتاه شدن طول زنجیر آرابینوزایلان و افزایش قدرت جذب آب آن دانست که با کاهش سرعت انتشار گاز، قدرت کافی در محصول جهت نگهداری حباب‌های هوا در طول مراحل پخت را فراهم می‌کند. بنابراین افزایش حجم کیک برای زمان طولانی‌تری در حین پخت اتفاق می‌افتد (Lebesi et al., 2012).

ارزیابی شاخص رنگ کیک

با توجه به نتایج جدول‌های 3 و 4 ملاحظه می‌شود که در مورد رنگ پوسته، گلوتن به مقدار 3 درصد تأثیر معنی‌داری ($P < 0/05$) بر شاخص L و b دارد ولی بر شاخص a تأثیری ندارد. آنزیم همی سلولاز در سطح 50ppm تأثیر معنی‌داری بر شاخص a دارد. تأثیر آنزیم در سطح 25ppm بر شاخص b نیز معنی‌دار است، ولی بر شاخص L

کیک تأثیر دارد. افزودن گلوتن باعث تحول در ساختار کیک شده و منجر به قوی کردن باندهای داخلی شده است و با تقویت شبکه گلوتنی، پیوستگی را افزایش داده است (Paraskevopoulous *et al.*, 1997). آنزیم همی سلولاز هم تا حدودی اتصالات و باندهای ساختار آرابینوزایلان را کاهش می‌دهد و باعث کاهش سختی حاصل از آن می‌شود (Abbes *et al.*, 2011). به‌علاوه این آنزیم با افزایش انحلال و قابلیت جذب آب ترکیبات همی سلولزی در افزایش ویسکوزیته خمیر و بهبود امکان حفظ حباب‌های هوا و به‌واسطه آن افزایش حجم و کاهش سفتی بافت محصول تأثیر دارد. پیوستگی بافت محصول به‌عنوان یک رفتار الاستیک توصیف می‌شود و افزایش آن نشان از بهبود انسجام بافت دارد. آنزیم همی سلولاز با حفظ رطوبت کیک باعث افزایش خواص ویسکوالاستیک گلوتن می‌شود. همچنین گلوتن و آنزیم همی سلولاز با افزایش ظرفیت جذب آب، باعث افزایش خواص ویسکوالاستیک بافت و بهبود فنریت و پیوستگی می‌شوند.

ارزیابی خواص حسی کیک

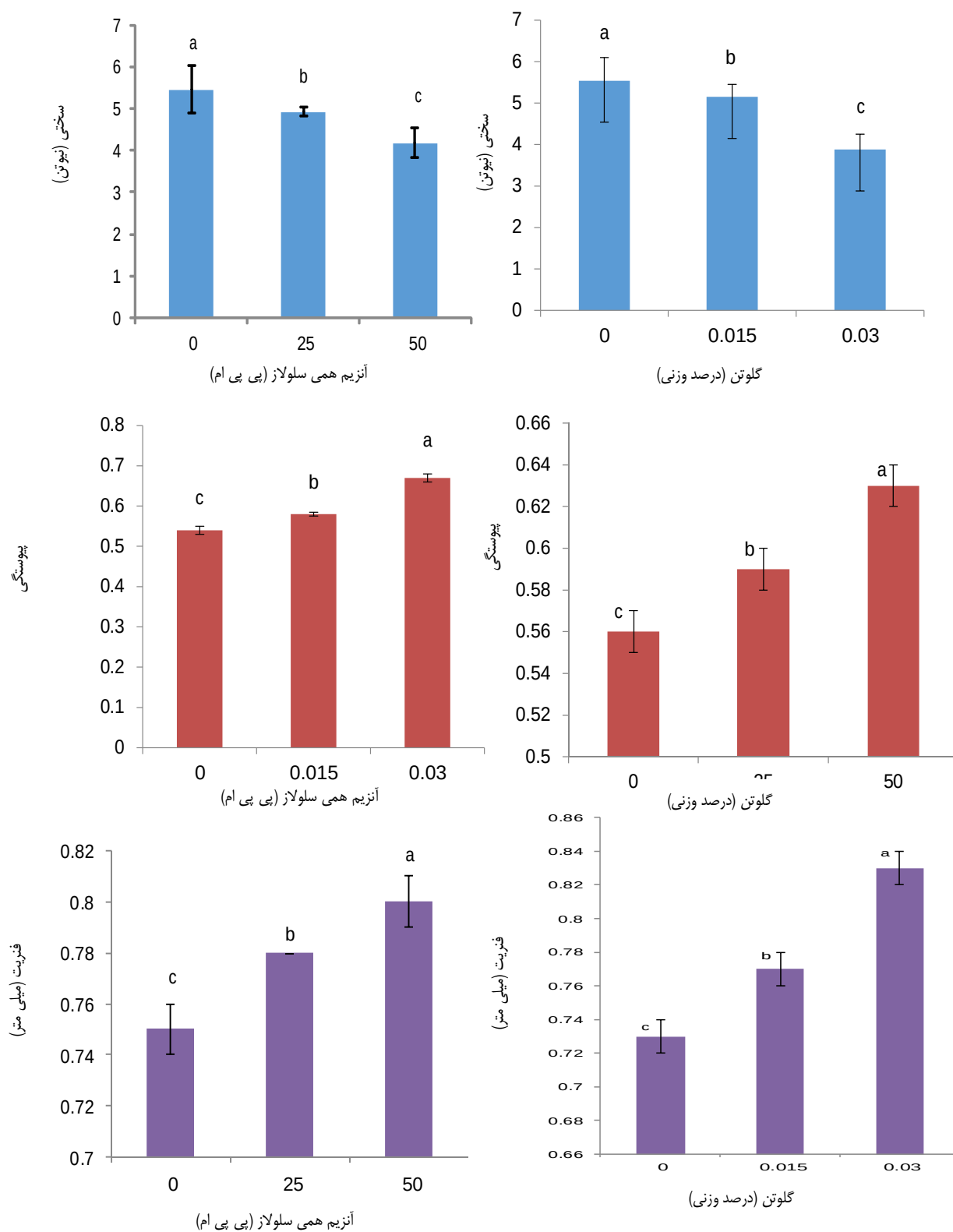
بر مبنی نتایج حاصل از بررسی‌های صورت گرفته بر ویژگی‌های فیزیکی و بافتی محصول در 9 تیمار موردنظر، 3 نمونه کیک که به‌ترتیب حاوی 3% گلوتن و صفر% آنزیم (تیمار 7)، 3% گلوتن و 25ppm آنزیم (تیمار 8) و 3% گلوتن و 50ppm آنزیم (تیمار 9) بودند، به‌عنوان بهترین نمونه‌های این بخش برای انجام ارزیابی‌های حسی انتخاب شدند. انتخاب سه نمونه از نه تیمار اولیه به‌منظور ایجاد سهولت و دقت بیشتر عملکرد ارزیابان در آزمون حسی صورت گرفت. نتایج ارزیابی حسی نشان داد که نمونه شماره 9 در مقایسه با نمونه‌های حاصل از تیمارهای 7 و 8 مطلوبیت معنی‌دار بیشتری دارد. لذا، در نهایت این نمونه به‌عنوان نمونه بهینه تعیین شد. نتایج این ارزیابی در شکل 7 مشاهده می‌شود. افزودن آرد عدس جوانه‌زده به کیک بر ویژگی‌های حسی آن تأثیر منفی دارد. گلوتن و آنزیم همی سلولاز به رفع این مشکل و بهبود خواص حسی کمک می‌کنند. آرد عدس جوانه‌زده خام دارای طعم نامطلوبی است، که البته با ورود آن به فرمولاسیون و پخت محصول، طعم آن تا حدود زیادی بهبود می‌یابد. همچنین آرد عدس باعث تیره‌شدن رنگ کیک می‌شود. استفاده از گلوتن و آنزیم همی سلولاز در بهبود طعم، پس طعم، رنگ و بافت محصول مؤثر است. نتایج مشابهی توسط رشمه کریم و همکاران (1380) در افزودن گلوتن به نان لواش و لبسی و همکاران (2012) در رابطه با افزودن جو دوسر و سبوس برنج به کیک مشاهده شده است.

بدون تأثیر است. در مورد رنگ مغز کیک، نتایج نشان می‌دهند که محتوی گلوتن بر شاخص‌های رنگ مغز تأثیری ندارد. آنزیم همی سلولاز نیز فقط بر تغییر شاخص *a* مؤثر است ولی بر تغییر شاخص‌های *L* و *b* تأثیری ندارد. لذا تأثیر متغیرها در محدوده مورد بررسی بر تغییرات رنگ مغز بسیار ناچیز است و به همین دلیل از بیان نتایج آن در جداول و گراف‌ها صرف‌نظر شده است. به‌طور کلی رنگ پوسته عمدتاً با شدت واکنش‌های مایلارد و کاراملیزاسیون تحت تأثیر قرار می‌گیرد در حالی که رنگ مغز وابسته به میزان و ترکیب مواد مورد استفاده در فرمولاسیون محصول است (Lebesi *et al.*, 2012). گلوتن با نگهداری رطوبت کیک و توان مناسب ساختار سلولی بافت و بالطبع ظاهر براق‌تر فیلم‌های نازک شبکه گلوتنی در سطح سلول‌های کیک و یا به‌عبارت دیگر تعداد زیادی سلول در واحد سطح با میانگین اندازه سلولی کوچکتر، موجب انعکاس بیشتر نور در سیستم رنگی می‌شود (مهدویان و همکاران، 1390). آنزیم همی سلولاز نیز با کاهش پراکنش نور عبوری باعث روشن‌تر شدن رنگ محصول می‌شود. این موضوع با نتایج Abbès و همکاران (2011) در زمینه افزودن آنزیم سلولاز به شربت خرما هماهنگی دارد.

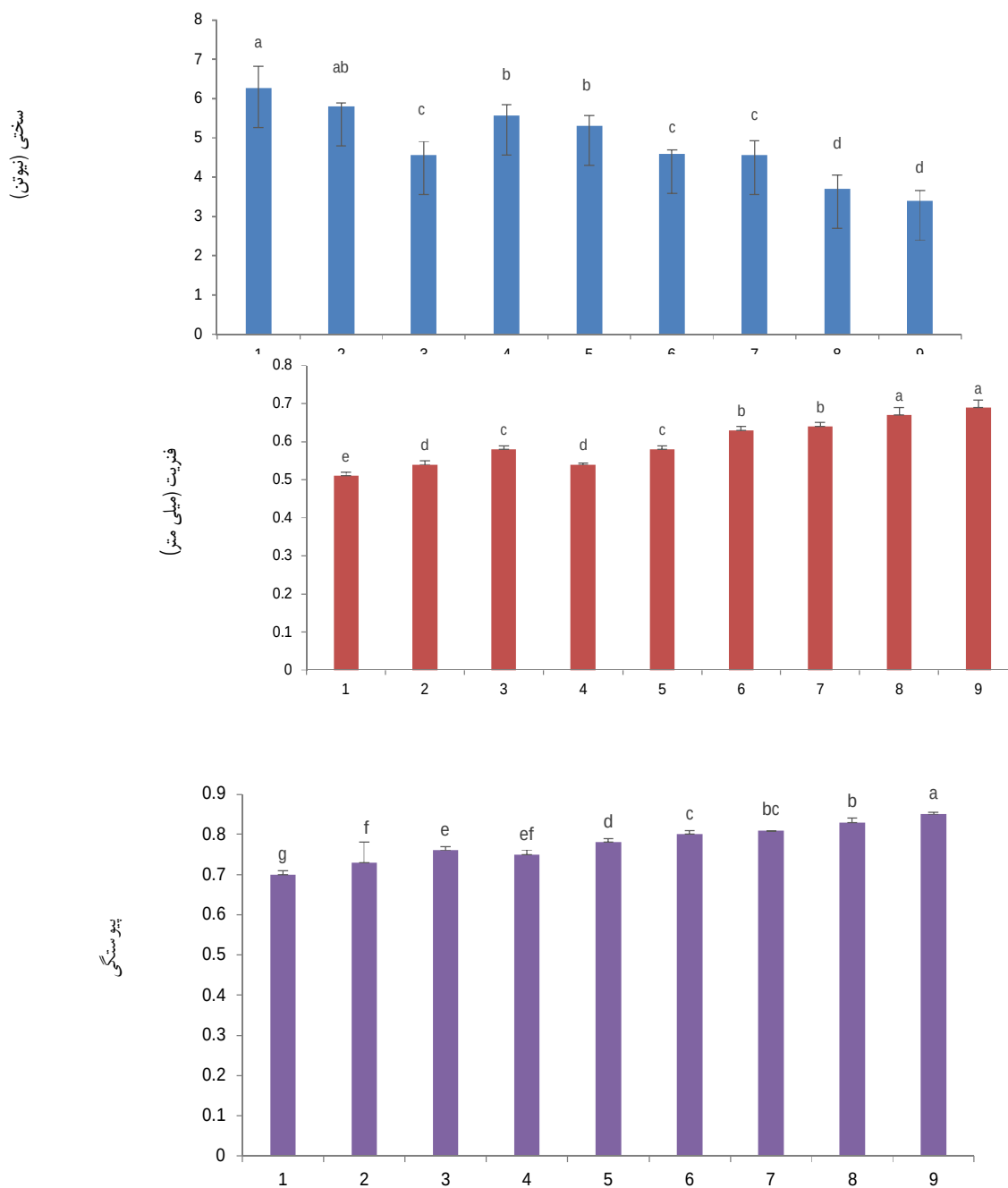
ارزیابی خواص بافتی

با توجه به گراف‌های 1 و 2 ملاحظه می‌شود که افزودن گلوتن و آنزیم همی سلولاز تأثیر معنی‌داری بر بهبود خواص بافتی محصول دارد و باعث کاهش سختی و افزایش پیوستگی و فنریت آن شده است. افزودن آرد حبوبات و جوانه‌ها به محصولات نانوائی، اگرچه مواد غذایی فراسودمندی تولید می‌کنند که ترکیب تغذیه‌ای و مواد معدنی بالاتری دارند، ولی از طرفی هم بر ویژگی‌های حسی و بافتی آنها تأثیر منفی دارند. میزان سختی بافت این محصولات در مقایسه با نمونه‌های تهیه شده با آرد گندم عموماً افزایش و پیوستگی آنها کاهش می‌یابد که در مورد محصولات نانوائی یک ویژگی نامطلوب است. این موضوع می‌تواند به‌دلیل پروتئین‌های بدون گلوتن و فیبرهای نامحلولی باشد که ساختار کلی محصول را تضعیف می‌کنند و در ماتریس پروتئینی یکنواخت و پیوسته اختلال ایجاد می‌کند. این مسأله از نتایج پتیتوت و همکاران (2010) در افزودن آرد نخودفرنگی و باقلا به اسپاگتی و آنتون و همکاران (2009) در رابطه با افزودن آرد لوبیاجیتی به تورتیلا قابل استنباط است. به همین دلیل به‌منظور بهبود خواص بافتی محصول،

در این پژوهش از پودر گلوتن فعال و آنزیم همی سلولاز استفاده شد، که تأثیر بسیار خوبی بر ویژگی‌های بافتی کیک داشتند. گلوتن به دلیل ایجاد شبکه ویسکوالاستیک، در حفظ حالت و وضعیت مناسب در خمیر به‌منظور نگهداری بهتر حباب‌های هوا و همچنین حفظ رطوبت با جذب آب توسط پروتئین‌ها در محصول، در بهبود بافت

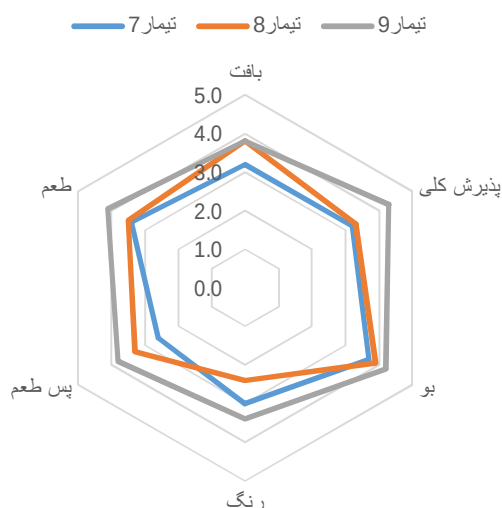


شکل 1- مقایسه میانگین اثرات مستقل گلوتن و آنزیم همی سلولاز بر ویژگی‌های بافتی کیک



شکل 2- مقایسه میانگین اثرات متقابل گلوتن و آنزیم همی سلولاز بر ویژگی‌های بافتی

(1): 0% گلوتن و 0% آنزیم، (2): 0% گلوتن و 25ppm آنزیم، (3): 0% گلوتن و 50ppm آنزیم، (4): 1/5% گلوتن و 0ppm آنزیم، (5): 1/5% گلوتن و 25ppm آنزیم، (6): 1/5% گلوتن و 50ppm آنزیم، (7): 3% گلوتن و 0ppm آنزیم، (8): 3% گلوتن و 25ppm آنزیم و (9): 3% گلوتن و 50ppm آنزیم



شکل 3- مقایسه میانگین تأثیر آرد عدس جوانه زده، گلوتن و آنزیم همی سلولاز بر ویژگی‌های حسی محصول

مشاهده نمی‌شود که نشان دهنده تأثیر مثبت افزودنی‌های انتخابی و سطوح آنها بر بهبود حجم و دانسیته و کاهش تأثیر منفی جوانه عدس بر آن است.

با توجه به جدول 5، نمونه شاهد و بهینه از نظر شاخص‌های L^* ، a^* و b^* رنگ پوسته و مغز کیک اختلاف معنی‌داری باهم دارند. نتایج تحقیقات نشان می‌دهند که افزودن آرد حبوبات و جوانه‌ها به محصولات نانوبی عموماً باعث تیره شدن رنگ پوسته و مغز محصول می‌شود (Al-Hooti et al., 2002; Mohammeda et al., 2012). البته نتایج این پژوهش نشان می‌دهد افزودن گلوتن و آنزیم همی سلولاز در بهبود رنگ محصول مخصوصاً رنگ پوسته مؤثر بوده و رنگ نمونه بهینه به نمونه شاهد گندم بسیار نزدیکتر شده است.

ارزیابی و مقایسه ویژگی‌های بافتی و سرعت بیات شدن

با توجه به شکل 8 قسمت (I) ملاحظه می‌شود که با افزایش زمان نگهداری، سفتی بافت نمونه‌ها افزایش می‌یابد که علت اصلی آن به کریستال شدن اجزاء نشاسته در طول نگهداری محصول مرتبط است. نمونه‌های شاهد و بهینه در روزهای دوم و هفتم پس از تولید از نظر سختی بافت اختلاف معنی‌داری باهم ندارند.

با توجه به شکل 8 قسمت (II) ملاحظه می‌شود که پیوستگی بافت در طول انبارمانی کاهش یافته است. در ابتدای زمان نگهداری، پیوستگی نمونه شاهد از بهینه بیشتر است، ولی به تدریج و با گذشت زمان از اختلاف آنها کاسته شده به طوری که در روزهای هفتم و چهاردهم، نمونه‌های شاهد و بهینه از نظر پیوستگی تفاوت معنی‌داری نداشته‌اند و از نظر کمی مقدار پیوستگی بافتی نمونه بهینه در روز چهاردهم نگهداری بالاتر از نمونه شاهد است.

ارزیابی و مقایسه خصوصیات کیفی نمونه بهینه و شاهد (تهیه شده با آرد گندم)

فرآیند جوانه زنی به طور کلی کیفیت تغذیه‌ای حبوبات را با افزایش سطح اسیدهای آمینه آزاد، فیبر و دیگر ترکیبات زیست‌فعال، بهبود می‌دهد (Amoros et al., 2006). جوانه حبوبات منبع خوبی از پروتئین‌های با دسترسی زیستی بالا، نشاسته و مواد معدنی هستند (Swieca et al., 2013). در این پژوهش با توجه به آنچه در جدول 5 مشاهده می‌شود، افزودن آرد عدس جوانه زده تأثیر بسیار زیاد و معنی‌داری در افزایش ($p \leq 0/05$) محتوی خاکستر و املاح آهن، کلسیم، پتاسیم، فسفر، پروتئین و فیبر خام محصول و بهبود ارزش تغذیه‌ای آن دارد. در مورد کمیت چربی، میان نمونه شاهد و بهینه اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود. محتوی آهن نمونه بهینه بیش از دو برابر نمونه شاهد برآورد شده است. این نتایج با نتایج بحول و همکاران (2014) در افزایش ارزش تغذیه‌ای محصول همگام با افزودن آرد لوبیا قرمز به نان و گیمز و همکاران (2012) در رابطه با افزودن آرد باقلا به اسپاگتی هماهنگی دارد.

نمونه شاهد و بهینه از نظر محتوی رطوبت اختلاف معنی‌داری باهم ندارند. محتوی رطوبت نمونه بهینه به واسطه افزایش قدرت جذب آب ترکیبات آن بالاتر از نمونه شاهد است. فعالیت آنزیم همی سلولاز در بهبود جذب آب ترکیبات فیبری تأثیر ویژه‌ای دارد. وجود گلوتن با قدرت جذب آب بالا نیز در افزایش محتوی رطوبت محصول مؤثر است. به علاوه آرد جوانه عدس به واسطه دارا بودن محتوی پروتئین و فیبر بالا قدرت جذب و نگهداری آب بالایی دارد. نتایج نشان می‌دهد که از نظر دانسیته ظاهری تفاوت معنی‌دار آماری میان این دو نمونه

جدول 5- مقایسه میانگین نمونه‌های شاهد و بهینه از نظر ویژگی‌های شیمیایی، رطوبت، دانسیته ظاهری و شاخص‌های رنگ محصول

متغیرهای وابسته	شاهد	بهینه
آهن (mg/100)	0/58 ± 0/006 ^b	1/25 ± 0/05 ^a
کلسیم (mg/100)	48/50 ± 0/20 ^b	60/76 ± 0/51 ^a
پتاسیم (mg/100)	75/76 ± 3/66 ^b	141/16 ± 3/37 ^a
فسفر (mg/100)	118/50 ± 2/296 ^b	128/96 ± 1/82 ^a
پروتئین (g/100)	7/73 ± 0/11 ^b	10/83 ± 0/05 ^a
خاکستر (g/100)	0/95 ± 0/47 ^b	1/05 ± 0/01 ^a
فیبر خام (g/100)	1/64 ± 0/13 ^b	2/17 ± 0/09 ^a
چربی (g/100)	12/90 ± 0/20 ^a	13/23 ± 0/40 ^a
رطوبت	20/23 ± 0/20 ^b	21/73 ± 0/11 ^a
دانسیته ظاهری	0/49 ± 0/02 ^a	0/51 ± 0/01 ^a
L (پوسته)	67/79 ± 1/83 ^a	55/70 ± 1/54 ^b
a (پوسته)	30/44 ± 1/13 ^a	26/12 ± 0/48 ^b
b (پوسته)	32/76 ± 1/29 ^a	26/02 ± 1/64 ^b
L (مغز)	72/35 ± 1/36 ^a	61/83 ± 0/66 ^b
a (مغز)	-12/15 ± 1/63 ^b	-3/78 ± 0/60 ^a
b (مغز)	36/16 ± 1/32 ^a	25/81 ± 0/88 ^b

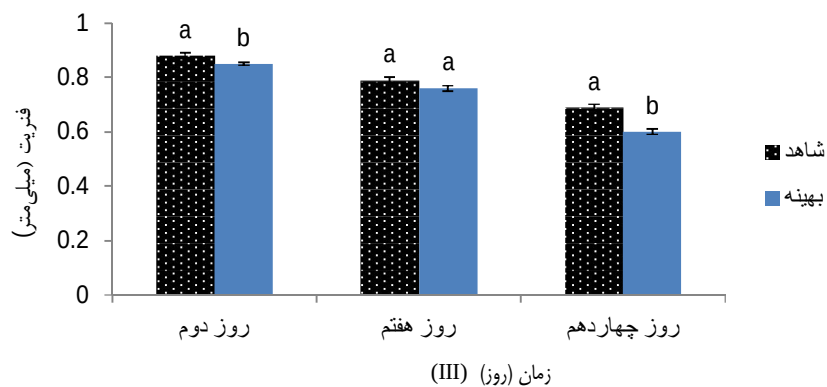
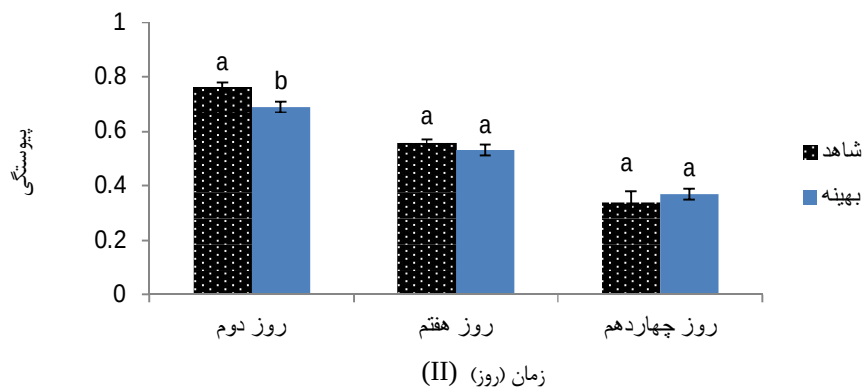
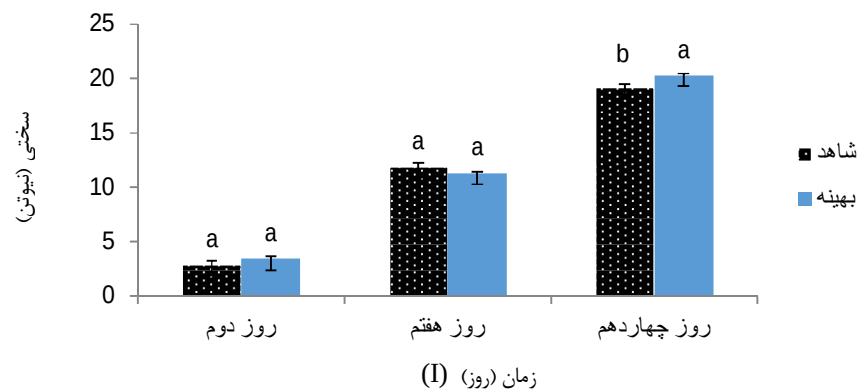
در هر سطر اعداد دارای حروف متفاوت از نظر آماری با هم تفاوت دارند. $P \leq 0/05$

با توجه به شکل 8 قسمت (III) ملاحظه می‌شود که فنریت بافت نمونه‌ها در طول انبارمانی کاهش یافته است که این پدیده به واسطه کاهش خصوصیت الاستیک بافت محصول با گذشت زمان است. در نمونه‌های شاهد و بهینه مورد مقایسه، اختلاف اندکی در میزان فنریت بافت وجود دارد که کمیت این اختلاف در روزهای دوم و چهاردهم معنی‌دار ولی در روز هفتم تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نمی‌شود. به‌طور کلی مقایسه ویژگی‌های بافتی دو نمونه بهینه و شاهد در بدو تولید و حین زمان نگهداری نشان از تشابه خصوصیات بافتی آنها دارد. جوانه عدس محتوی فیبر بالایی دارد که از دید تکنولوژیکی به دلیل ظرفیت اتصال آب باعث بهبود حفظ رطوبت و افزایش لطافت بافتی محصول می‌شود. خاصیت جذب آب فیبر هم به دلیل تعداد زیاد گروه‌های هیدروکسیل موجود در مولکول‌های فیبر است که اجازه تعامل بیشتر به آب از طریق پیوندهای هیدروژنی را می‌دهد. فعالیت آنزیم همی سلولاز در افزایش گروه‌های هیدروکسیل آزاد و بهبود جذب آب فیبر مؤثر است. گلو تن نیز با ایجاد ساختاری ویسکوالاستیک کمک شایانی در بهبود بافت، تأخیر در سرعت بیانی محصول و افزایش طول عمر و قابلیت نگهداری محصول می‌کند (یارمند و همکاران، 1384).

نتیجه‌گیری

جوانه حبوبات از جمله عدس حاوی مقادیر زیادی ترکیبات

فراسودمند و بهبود دهنده سلامتی هستند. در این مطالعه با هدف غنی‌سازی کیک، جایگزینی 25 درصد آرد جوانه عدس با آرد گندم صورت گرفت و به منظور تعدیل و بهبود ویژگی‌های کیفی محصول و کاهش تأثیر منفی این جایگزینی از آنزیم همی سلولاز و گلو تن فعال استفاده شد. نتایج نشان داد که متغیرهای مستقل مورد استفاده تأثیر قابل ملاحظه‌ای در بهبود ویژگی‌های فیزیکی (رطوبت، دانسیته و رنگ)، بافتی (سختی، پیوستگی و فنریت) محصول دارند. ویژگی‌های نمونه بهینه با 25% جایگزینی آرد عدس با آرد گندم در فرمولاسیون که دارای 3% پودر گلو تن فعال و 50ppm آنزیم همی سلولاز است از لحاظ بسیاری از پارامترهای فیزیکی و بافتی قرابت بسیار زیادی با نمونه معمول تهیه شده با آرد گندم در بدو تولید و حین نگهداری دارد. بررسی و مقایسه ترکیبات شیمیایی دو نمونه بهینه و شاهد نشان از افزایش بسیاری از املاح از جمله آهن، کلسیم، پتاسیم، فسفر، محتوی پروتئین و فیبر نمونه بهینه می‌دهد. از این رو غنی‌سازی طبیعی این فرآورده خصوصاً از لحاظ ریزمغذی آهن بدون تأثیر منفی بر ویژگی‌های کیفی محصول با استفاده از آرد جوانه عدس میسر است. توصیه می‌شود با توجه به ارزش تغذیه‌ای بی‌نظیر جوانه غلات و حبوبات، از این ترکیبات در فرمولاسیون محصولات غذایی استفاده بیشتری به عمل آید و هم‌زمان از به کارگیری افزودنی‌های مناسب در کاهش تأثیر آنها بر ویژگی‌های بافتی و حسی محصول بهره‌گیری شود.



شکل 4- مقایسه ویژگی‌های بافتی نمونه‌های شاهد و بهینه در طول انبارمانی

منابع

- پيله‌وران، م.، توکلی‌پور، ح.، بیرقی طوسی، ش. و شقایق زنونیان، م.، 1393، بهینه سازی فرمولاسیون کیک یزدی کم کالری با استفاده از شیرین کننده‌های استیویوزید، ایزومالت و سوربیتول، اولین همایش ملی میان وعده‌های غذایی، پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی جهاد دانشگاهی مشهد.
- رشمه کریم، ک.، سعیدی، ع.، حامدی، م. و ایرانی، پ.، 1380، اثر زیر واحدهای گلوتهین چند رقم تجاری گندم بر کیفیت نان لواش، نهال و بذر، جلد 17، شماره 3، 262-274.
- زارع نژاد، ف.، پیغمبردوست، س.ه. و آزادمرد دمیرچی، ص.، 1393، اثر افزودن جوانه گندم خام و تثبیت شده بر خواص کیفی کیک قالبی، نشریه

- پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران، جلد 10، شماره 3، 241-248.
- طهماسبی پور، م.، دهقان نیا، ج.، سیدلو هریس، س.ص. و قنبرزاده، ب.، 1393، مدلسازی تغییرات رنگی طی خشک کردن انگور پیش تیمار شده با فراصوت و کربوکسی متیل سلولز و بررسی ویژگیهای حسی آن، فصلنامه علوم و فناوری های نوین غذایی، سال اول، شماره 4، 61-79.
- موسسه استاندارد و تحقیقات ملی ایران. 1374، تقسیم بندی علمی، صنعتی، فراورده های شیرینی و قنادی. 2705، 2706، 2862، 3105، 9266، 9639-19052.
- مهدویان، س.، الهامی راد، ا.ح.، شیخ الاسلامی، ز. و عبدالله زاده، ق.، 1390، بررسی تاثیر سطوح مختلف ترکیب گلوتن و نشاسته بر کیفیت نان بربری نیمه حجیم به روش پردازش تصویر، همایش ملی صنایع غذایی (فن آوری های نوین، کنترل کیفیت و بسته بندی مواد غذایی)، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قوچان، 9-10 اسفند.
- ناصری، ب.، مرتضوی، س.ع. و زنگنه، ح.، 1390، بررسی تاثیر گلوتن بر ویژگی های اسپاگتی حاوی آرد کامل سویا، فصلنامه علوم و صنایع غذایی، جلد 32، شماره 2، 51-59.
- یارمند، م.س. و سیدین اردبیلی، س.م.، 1384، اثر گلوتن و آرد مالت جو بر روی بیاتی و کیفیت نان بربری، مجله علوم کشاورزی ایران، جلد 36، شماره 3، 591-602.
- AACC., 2003, Approved methods of the american association of cereal Chemists.
- AOAC, 1984, Official methods of analysis (14th ed.). Washington, DC: Association of Official Agricultural Chemists.
- Abbès, F., Bouaziz, M., Blecker, C., Masmoudi, M., Attia, H., Besbes, S., 2011, Date syrup: Effect of hydrolytic enzymes (pectinase/cellulase) on physicochemical characteristics, sensory and functional properties. *LWT - Food Science and Technology*, 44, 1827-1834.
- Al-Hooti, S.N., Sidhu, J.S., Al-Saqer, J.M., Al-Othman, A., 2002, Effect of raw wheat germ addition on the physical texture and objective color of a designer food (*pan bread*). *Die Nahrung*, 46, 68-72.
- Al-Numair, K.H., Ahmed, S., Al-Assaf, A., Alamri, M., 2009, Hydrochloric acid extractable minerals and phytate and polyphenols contents of sprouted faba and white bean cultivars. *Food Chemistry*, 113, 997-1002.
- Amoros, M., Hernandez, T., Estrella, I., 2006, Effect of germination on legume phenolic compounds and their antioxidant activity. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19, 277-283.
- Anton, A., Lukow, O., Fulcher, R., Arntfield, S., 2009, Shelf stability and sensory properties of flour tortillas fortified with pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flour: Effects of hydrocolloid addition. *LWT- Food Science and Technology*, 42, 23-29.
- Bansal, S., Sudha, M.L., 2011, Nutritional, microstructural, rheological and quality characteristics of biscuits using processed wheat germ. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 62, 474-479.
- Bhol, S., Bosco, S., 2014, Influence of malted finger millet and red kidney bean flour on quality characteristics of developed bread. *LWT - Food Science and Technology*, 55, 294-300.
- Giménez, M.A., Drago, S.R., Greef, D., Gonzalez, R.J., Lobo, M.O., Samman, N.C., 2012, Rheological, functional and nutritional properties of wheat/broad bean (*Vicia faba*) flour blends for pasta formulation. *Food Chemistry*, 134, 200-206.
- Gomez, M., Gonzalez, J., Oliete, B., 2011, Effect of Extruded Wheat Germ on Dough Rheology and Bread Quality. *Food Bioprocess Technol*, 5 (6), 2409-2418.
- Lebesi, D., Tzia, C., 2012, Use of endoxylanase treated cereal brans for development of dietary fiber enriched cakes. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 13, 207-214.
- Mohammeda, I., Ahmed, A., Senge, B., 2012, Dough rheology and bread quality of wheat-chickpea flour blends. *Industrial Crops and Products*, 36, 196-202.
- Paraskevopoulous, A., Kiosseoglou, V., 1997, Texture Profile Analysis of Heat-Formed Gels and Cakes Prepared with Low Cholesterol Egg Yolk Concentrates. *Journal of Food Science*, 62, 208-211.
- Petitot, M., Boyer, L., Minier, C.H., Micard, V., 2010, Fortification of pasta with split pea and faba bean flours: Pasta processing and quality evaluation. *Food Research International*, 43, 634-641.
- Purlis, E., 2010, Browning development in bakery products – A review. *Journal of Food Engineering*, 99, 239-249.
- Rosental, A.J., 1995, Application of aged egg in enabling increased substitution of sucrose by Litesse (polydextrose) on high ratio cakes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 68, 127-131.
- Suleiman, M., Eltyeb, M., Abbass, M., Ibrahim, E., Babiker, E., Eltinay, A., 2007, Changes in chemical composition, phytate, phytase activity and minerals extractability of sprouted lentil cultivars. *Journal of Biological Sciences*, 7 (5), 776-780.
- Swieca, M., Baraniak, B., Gawlik-Dziki, U., 2013, In vitro digestibility and starch content, predicted glycemic index and potential in vitro antidiabetic effect of lentil sprouts obtained by different germination techniques. *Food*

- Chemistry*, 138, 1414-1420.
- Valverde, C., Frias, J., Sierra, I., Blazquez, I., Lambien, F., Kuo, Y-H., 2002, New functional legume food by germination. Effect on the nutritive value of beans, lentils and peas. *European Food Research and Technology*, 215, 472-476.
- Wilderjans, E., Pareyt, B., Goesaert, H., Brijs, K., Delcour, J., 2008, The role of gluten in a pound cake system: A model approach based on gluten-starch blends. *Food Chemistry*, 110, 909-915.



Effects of active gluten and hemicellulase enzyme on improvent of qualititative properties of fortified cake with sprouted lentil

F. Bahrami Maghsudbeki¹, H. Abbasi^{*2}, M. Goli²

Received: 2016.11.27

Accepted: 2017.05.27

Introduction: Legumes are suitable sources in nutraceutical properties due to existence of anticancer, antioxidant and also significant antimicrobial substances. Different processing such as soaking, peeling and germinating improves nutritional value and bioavailability of minerals such as calcium, iron and phosphorus content of legumes and based on the literature review, germination is the best method among the others. The results of previous researches demonstrated significant improvement of nutraceutical and farmaceutical properties of products due to germination. In legumes, sprouted lentil has higher nutritional value such as minerals and essential amino acids than others. Cereal based products, especially products of wheat flour such as bread, pastries, biscuits and etc are used generally as a staple food around the world. Cake is one of the widely used confectionary cereal based product that its nutritional quality is important in public health. According to deficiency of wheat flour from many essential amino acids and important minerals such as iron, the aim of present study was to employ natural enrichment of cake with sprouted lentile and improving the qualitative characteristics of products using active gluten and hemicellulase enzyme. Due to the existence of problems in enrichment of wheat flour with iron due to difficulties in uniform distribution of particles and creation of unsuitable organoleptic properties in the products, currently, iron enrichment is limited to whole flour in Iran. Therefore, the results of the present research could an alternative way for flour enrichment with iron and other nutrients.

Materials and method: In order to prepare sprouted lentil flour, the “official” lentil variety was prepared and treated at ambient temperature (24°C) and suitable humidity (90%) in dark place in order to germinate and increase the shoot height to 1.5 cm. The sprouted lentils were dried at room temperature in shadow. Then, they were milled and sieved in order to achieve suitable particle size. At the beginning step, sprouted lentil flour and wheat flour were evaluated in terms of protein, moisture, ash, fat and minerals such as iron, calcium, potassium and phosphorus. After numerous pre-tests by experts in cereal technology, the usable quantities of sprouted lentil flour according to organoleptic characteristics of the product, was considered 25% of batter’s flour. Improving the textural characteristics of products due the negative effects of germinated lentils flour was considered using independent variables of present study (hemi-cellulase enzymes at 0, 25 and 50 ppm levels and active gluten powder at %0, %1/5 and %3). Sprouted lentil flour was treated for 30 minutes with enzyme before using in batter formulation. Prepared samples with 25% replaced sprouted lentil with wheat flour and hemicellulase (0, 25, 50 ppm) and active gluten (%0, %1.5, %3) were investigated in terms of volume, bulk density, color properties of crust and crumb, moisture content, textural properties (hardness, cohesiveness and springiness) and also sensorial properties. Prepared product based on optimized formulation according to the results of chemical, physical and sensorial analysis was evaluated in staling rate, the quantities of fat, protein, ash, fiber and minerals such as iron, calcium, phosphorus, potassium and its results were compared to control. Data was analyzed according to the factorial experiments based on completely randomized design by SAS software (version 9.2), and the means were compared by LSD test at 5 significance percent level. Statistical evaluation of sensorial properties was also done based on qualitative method of Kruskal-Wallis.

Results and Discussion: In chemical composition of wheat and sprouted lentil flour, there were significant differences between two samples in terms of protein, ash, and minerals content such as iron, calcium,

1 and 2. Graduated MSc student and Assistant professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran
(*Corresponding author email: H.Abbasi@khuif.ac.ir)

phosphorus and potassium. But, there was no significant difference in fat content. The quantity of iron in lentil flour was five times more than that of wheat flour, calcium was double, potassium was seven times and phosphorus was six times more than that of wheat flour. Also, sprouted lentil flour showed higher protein content than wheat flour. Addition of sprouted lentils to batter formulation increased moisture content of the sample than the same one prepared only with wheat flour. Gluten and hemicellulase had significant effects on reducing the apparent density of samples and improving the physical, sensorial and textural characteristics of the product. In this regard, the hardness of sample's crumb were decreased and theirs cohesiveness and springiness were increased significantly. According to the results of the present study, the addition of gluten and hemicellulase enzyme was improved color properties, especially in crust position. Therefore, independent variables were effective in improvement of qualitative properties of products. Finally, the optimal sample based on physical, textural and sensorial evaluation was introduced a sample with 25% sprouted lentil flour, 3% active gluten and 50 ppm hemicellulase enzymes. The optimum sample was closed to wheat control sample in the case of the qualitative characteristics. Comparison of textural characteristics of optimum and control samples during storage was indicated the similar characteristics of them. Sprouted lentil flour was a rich material in fiber with high water binding capacity in technological point. Therefore, it improved moisture retention and softness of texture. As well as, comparison the textural qualitative characteristics of the selected and control samples (prepared with wheat flour completely without additives) was shown a very high affinity in them. The products made with sprouted lentil had significantly higher nutritional value in protein, ash, crude fiber and minerals such as iron, calcium, potassium and phosphorus content than control. The iron content of optimum sample was more than twice of the control. Therefore, the results of the present research are effective in production of the functional product with improved nutritional characteristics. Due to the unique nutritional value of grain, more sprouted bean is recommended to use in food product formulation, and at the same time suitable additives are used for reducing their impact on the textural and sensorial properties of product.

Keywords: Enrichment, Cake, sprouted Lentil, Gluten, Hemicellulose



مطالعه عوامل مؤثر بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حرارتی پودر خرما کیبکاب: بهینه‌سازی تأثیر دما و ترکیبات ضدچسبندگی

نازنین عبدی¹ - ندا مفتون آزاد^{2*} - امیر حیدری نسب³ - فوژان بدیعی⁴

تاریخ دریافت: 1395/09/28

تاریخ پذیرش: 1396/03/06

چکیده

یکی از محصولات جانبی خرما، پودر خرما می‌باشد که کاربردهای متعددی در صنایع غذایی دارد. مشکل اصلی پودر میوه‌ها چسبندگی طی خشک کردن، انتقال و نگهداری پودر است. برای جلوگیری از چسبندگی و کلوخه ای شدن پودر خرما، مالتودکسترین در سه غلظت (35، 45 و 55%) به‌عنوان ماده کمکی در خشک کردن و سیلیکون دی اکسید در سه غلظت (صفر، 0/75 و 1/5%) به‌عنوان ماده ضدکلوخه شدن به خمیر خرما قبل از خشک شدن اضافه شد. نمونه‌ها در سه دمای 50، 60 و 70 درجه سانتی‌گراد خشک شدند. خواص فیزیکوشیمیایی و حرارتی پودر خرما شامل رطوبت، دانسیته توده، گرمای ویژه و دمای انتقال شیشه‌ای اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که افزایش غلظت مالتودکسترین سبب افزایش پارامترهای دانسیته، L^* و دمای تغییر شیشه‌ای گردید ولی رطوبت پودر، مقدار a^* و گرمای ویژه کاهش یافت. افزایش میزان سیلیکون دی اکسید سبب افزایش رطوبت، دانسیته و کاهش L^* گردید. اثرات متقابل دما و مالتودکسترین و نیز دما و سیلیکون دی اکسید سبب کاهش رطوبت خرما، افزایش دانسیته، کاهش a^* و L^* و افزایش b^* گردید. ترموگرام‌های پودر خرما نشان دهنده وجود ساختمان نیمه بلوری در پودر خرما بود. براساس نتایج، بهترین شرایط برای تهیه پودر خرما دمای 70°C، 55% مالتو دکسترین و 0/75% سیلیکون دی اکسید بود.

واژه‌های کلیدی: خرما کیبکاب، دانسیته توده، رنگ، رطوبت، روش سطح پاسخ.

مقدمه

خرما از محصولات عمده کشاورزی ایران است که می‌تواند سهم با ارزشی از صادرات غیرنفتی کشور را به‌خود اختصاص دهد. براساس آمار سازمان خواربار جهانی (FAO) میزان تولید خرما ایران در سال 2010 میلادی یک میلیون تن برآورد شده است که حدود 20 درصد تولید جهانی است (FAO, 2010). خرما با سطح بارور 1985108 هکتار و تنوع فراوان (حدود 400 رقم) جایگاه ویژه‌ای در کشاورزی

ایران دارد (آمارنامه کشاورزی، 1393).

خرما با نام فونیکس داکتیلی فرا (*Phoenix dactylifera*) از گذشته‌های دور از مهم‌ترین محصولات در مناطق خشک خاورمیانه مانند عراق، ایران، شبه جزیره عربستان، شمال آفریقا و خاورمیانه بوده است (Chao & Krueger, 2007). میوه خرما دارای طعم شیرین و دلپذیر بوده و بسیار مقوی است و سرشار از انواع ویتامین‌ها و مواد معدنی می‌باشد. مقدار انرژی که هر کیلوگرم خرما تولید می‌کند، حدود 2500-3000 کیلوکالری است. این میوه به‌طور استثنایی سرشار از پتاسیم بوده و مقدار سدیم آن بسیار ناچیز است (عرار گاطع، 1390). ارقام خرما چربی و پروتئین کمی دارند ولی از نظر فیبر رژیمی غنی هستند و منبع خوبی از آنتی اکسیدان‌های طبیعی شامل سلنیم، کاروتنوئیدها و ترکیبات فنولی هستند. ارقام خرما را می‌توان به‌عنوان مواد غذایی عملگرا در نظر گرفت (Sahari et al., 2008).

از میان محصول خرما هر سال ایران، 10 درصد برای صادرات به کشورهای دیگر اختصاص می‌یابد، 50 درصد به مصرف داخلی می‌رسد و 40 درصد هم در مراحل مختلف برداشت محصول ضایع شده واز بین می‌رود (بدیعی، 2012). بنابراین استفاده از این محصول در صنایع تبدیلی می‌تواند تا حد زیادی از ضایعات این محصول

- 1- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران، تهران.
- 2- دانشیار، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز.
- 3- دانشیار، گروه مهندسی شیمی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی تهران.
- 4- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی کرج.

(*مستول مکاتبات: Email: n.maftoon@areo.ir)

DOI: 10.22067/iftstr.v1396i0.61114

جلوگیری نماید. علاوه بر مصرف غذایی می‌توان از محصول خرما با کیفیت پایین، استفاده‌های متنوعی نظیر شیره خرما، قند مایع، سرکه خرما، الکل، عصاره و پودر خرما شود. با خشک کردن خرما و تولید پودر آن، ضمن افزایش مدت نگهداری خرما درجه دو و سه، امکان مصرف آن در فرمولاسیون مواد غذایی و صنعتی به‌عنوان جایگزین تمام یا قسمتی از شکر مصرفی فراهم می‌شود. خشک کردن، فرآیند حذف رطوبت از طریق انتقال حرارت از فضای پیرامون به ماده غذایی است که موجب تبخیرسطحی می‌شود. ماده خشک خرما عمدتاً حاوی فروکتوز، گلوکز و مقادیر زیادی فیبرهای رژیمی است. مقدار بالای سلولز و همی‌سلولز در خرما باعث افزایش حرکات روده‌ای و حفظ فعالیت آن می‌شود. مشکل اصلی پودر میوه‌ها چسبندگی طی خشک کردن، انتقال و نگهداری پودر است. چسبندگی در پودر خرما عمدتاً به دلیل وجود قندهای با وزن مولکولی کم نظیر فروکتوز، گلوکز، ساکارز و اسیدهای آلی در میوه است. اسیدهای آلی در حالت آمورف (غیر کریستال) بسیار جاذب الرطوبه بوده و دمای انتقال شیشه‌ای پایینی دارند (Roos, 1995). در اثر فرآیند خشک کردن بخش عمده‌ای از این قندها به شکل (آمورف بی‌شکل) تبدیل می‌شود. این حالت از نظر ترمودینامیکی ناپایدار است و حالت فیزیکی قندهای آمورف بسیار وابسته به شرایط محیطی، دما و رطوبت دارد. برای کنترل چسبندگی مواد غذایی باید به میزان آب موجود در آن و حالت فیزیکی غذاهای جامد پی برد. فعالیت آبی¹ (aw) و دمای انتقال شیشه‌ای² (Tg) ابزارهای مهمی برای پیش‌بینی آب موجود در غذاها و حالت فیزیکی غذاهای جامد است (Roos, 1995).

یک راه حل کاهش آب دوستی، افزودن یک پلیمر کربوهیدراتی نظیر مالتودکسترین است (Navarrete, 2009; Tlis&Martinez). مالتودکسترین‌ها گروهی از ترکیبات مشتق شده از هیدرولیز اسیدی یا آنزیمی نشاسته (Chronakis, 1998; Wany, 2000; Dokic et al., 2004; Zheng et al., 2007)، شامل الیگومرها و پلیمرهای آلفا-1، 4 دی گلوکز با معادل دکستروزی کم‌تر از 20 می‌باشند (Zheng et al., 2007). در بررسی اثر افزودن مالتودکسترین، گلیسرول منو استئارات و فسفات تری کلسیم بر خواص پودر انبه در خشک کن خلاء مشخص شد که 0/43 تا 0/57 کیلوگرم مالتودکسترین و 0/025 کیلوگرم فسفات تری کلسیم به ازای هر کیلوگرم ماده خشک انبه پودر مناسبی را تولید می‌کند (Jaya & Das, 2004; Sablani et al., 2008).

هدف از این تحقیق بررسی تعیین میزان مالتودکسترین و سیلیکون دی اکسید در ترکیب با خمیر خرما تاثیر آن بر برخی خواص فیزیکوشیمیایی پودر تولید شده با استفاده از روش سطح پاسخ می-

باشد.

مواد و روش‌ها

خرمای کبکاب از منطقه کازرون فارس تهیه شد. سیلیکون دی‌اکسید از شرکت مرک آلمان و مالتودکسترین از شرکت سیگما آلد ریچ تهیه گردید.

تعیین رطوبت نمونه

رطوبت نمونه‌ها در خشک کن خلا در دمای 70 درجه سانتی‌گراد مطابق روش استاندارد AOAC تعیین شد (AOAC, 1990).

تعیین ترکیب شیمیایی خرما

میزان چربی به روش سوکسله با حلال n-هگزان، پروتئین به روش کلدال، میزان قند کل و قند احیاءکننده به روش فهلینگ و میزان فیبر کل به روش هضم اسید-قلیا مطابق روش استاندارد AOAC تعیین شد (AOAC, 1990).

تهیه پودر خرما

خرمای تازه، هسته‌گیری، و با استفاده از چرخ‌گوشت به خمیری یکنواخت تبدیل گردید. در مطالعات اولیه مقادیر مختلف مالتودکسترین (70-5 درصد وزنی) به خمیر خرما اضافه شد. ارزیابی‌ها نشان داد که مقادیر بالای مالتودکسترین سبب ایجاد تاثیرات نامطلوب بر رنگ، طعم و قابلیت پذیرش کلی خمیر خرما و پودر حاصل از آن می‌گردد. همچنین حداقل 30 درصد وزنی مالتودکسترین لازم است تا خمیر مناسبی که چسبنده نبوده و به راحتی قابل جدا شدن از سینی خشک کن کابینتی باشد تولید نماید. بنابراین در آزمایشات اصلی از 35، 45 و 55 درصد وزنی مالتودکسترین در خمیر خرما کبکاب استفاده شد. همچنین از سیلیکون دی اکسید در مقادیر (صفر، 0/75، 1/5 درصد وزنی) به‌عنوان ماده ضدکلوخه شدن استفاده گردید. سپس نمونه‌ها به طور جداگانه بر روی سینی خشک کن کابینتی به ضخامت 5 میلی‌متر پهن شده و در دمای 70°C خشک شدند. نمونه‌ها پس از خشک شدن با آسیاب خرد و به پودر تبدیل گردیدند. با الک آزمایشگاهی پودرهایی با اندازه 1 میلی‌متر به‌دست آمد و پودرهای حاصله در کیسه‌های پلاستیکی غیرقابل نفوذ به هوا در دسیکاتور نگهداری گردید.

تعیین خصوصیات فیزیکوشیمیایی پودر خرما

رطوبت پودر خرما

رطوبت نمونه‌ها در خشک کن خلا در دمای 70°C مطابق روش

1 Water activity

2 Glass transition temperature

استاندارد AOAC تعیین شد (AOAC, 1990).

دانسیته توده پودر خرما

دانسیته توده با اندازه‌گیری جرم و حجم پودر انجام شد. برای این منظور مکعبی به طول 64/95 میلی‌متر و عرض 18/08 میلی‌متر و ارتفاع 17/86 میلی‌متر و وزن 6/1565 گرم، با پودر خرما کاملاً پر می‌شود و مازاد پودر با کشیدن خط‌کش بر دهانه مکعب برداشته می‌شود، وزن پودر درون مکعب توسط ترازو دقیقاً اندازه‌گیری می‌شود. حجم نمونه نیز با اندازه‌گیری ارتفاع و قطر استوانه به‌دست می‌آید (حجم برابر است با 20972/92 میلی‌متر مکعب) (Sablani et al., 2008).

رنگ پودر خرما

رنگ نمونه‌های پودر خرما به روش هانت‌رلب (مدل DP900، آمریکا) اندازه‌گیری شد. دستگاه با استفاده از صفحات استاندارد سفید و سیاه کالیبره شد. رنگ نمونه‌ها در 3 نقطه متفاوت برای به‌دست آوردن میانگین مقدارهای L^* ، a^* و b^* ، 3 مرتبه اندازه‌گیری شد. L^* نمایانگر روشنی از صفر $L^*=0$ برای سیاه تا $L^*=100$ برای سفید، a^* از $a^*=-60$ برای سبز تا $a^*=60$ برای قرمز و b^* از $b^*=-60$ برای آبی تا $b^*=60$ برای زرد است.

خواص حرارتی پودر خرما

پس از مشخص شدن شرایط بهینه فرآیند، نمونه‌های پودر خرما

با درصدهای مختلف مالتودکسترین و 0/75 درصد سیلیکون دی‌اکسید در دمای 70 درجه آماده و خواص حرارتی پودر خرما بر روی این نمونه‌ها مطالعه شد. حدود 5 میلی‌گرم نمونه در ظروف کوچک DSC از جنس آلومینیوم پر و کاملاً دربندی شد. دمای انتقال شیشه‌ای (T_g) و گرمای ویژه پودر خرما با حرارت دادن نمونه در DSC (DSC1 Mettler Toledo) اندازه‌گیری شد. ابتدا DSC نظر دما و آنتالپی با ایندیوم ($\Delta H=28.45$ J/g) کالیبره و ظرف کوچک خالی DSC از جنس آلومینیوم به‌عنوان معرف در نظر گرفته شد. نمونه‌ها از -50°C تا 100°C با سرعت $10^\circ\text{C}/\text{min}$ حرارت داده شدند. T_g با محاسبه نقطه ابتدایی (T_g onset) و میانی (T_g midpoint) تغییرپله‌ای گرمای ویژه نمونه‌ها طی حرارت‌دهی توسط نرم‌افزار STAR^e system محاسبه شد (Behlau & Widmann, 2008).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

از آنجا که هدف اصلی پژوهش بررسی اثرات اصلی و متقابل فاکتورهای دمای هوای خشک‌کن، غلظت مالتودکسترین و غلظت سیلیکون دی‌اکسید (ماده ضد کلوخه‌شدن) بر رطوبت، دانسیته توده، رنگ و خواص حرارتی پودر خرما بود، طرح آماری رویه سطح پاسخ RSM انتخاب (جدول 1) و براساس تعداد فاکتورها و سطوح آنها، شرایط 20 تیمار مختلف خشک کردن مشخص شد. 6 تکرار نقطه مرکزی جهت تعیین خطای آزمایش منظور گردید.

جدول 1- نمایش متغیرهای مستقل فرآیند و مقادیر آنها

متغیرهای مستقل	نماد ریاضی	کد و سطح مربوطه		
		-1	0	1
غلظت مالتودکسترین	X_1	55	45	35
غلظت سیلیکون دی‌اکسید	X_2	1/50	0/75	0
دمای هوای خشک‌کن $^\circ\text{C}$	X_3	70	60	50

اثرات متقابل و X_1 ، X_2 و X_3 متغیرهای مستقل کدبندی شده هستند. به‌منظور تجزیه و تحلیل اطلاعات و رسم نمودارهای مربوط به روش سطح پاسخ از نرم‌افزار Design Expert 7 استفاده گردید. میزان برازش مدل با استفاده از adj-R^2 و R^2 ارزیابی شد. بالا بودن مقدار R^2 همیشه دلیل بر مناسب بودن مدل نمی‌باشد و ترجیحاً از adj-R^2 برای ارزیابی برازش مدل استفاده می‌شود که بایستی بالاتر از 85 درصد باشد (Myers & Montgomer, 1995). به‌منظور تعیین شرایط بهینه فرآیند تولید پودر خرما از تکنیک بهینه‌سازی عددی در نرم‌افزار استفاده گردید. آزمون تأثیر مالتودکسترین بر روی خواص حرارتی پودر خرما نیز در سه تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام

خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حرارتی پودرهای حاصل شامل رطوبت، دانسیته توده، رنگ و خواص حرارتی پودر خرما به‌عنوان متغیر وابسته یا پاسخ (Y) در نظر گرفته شد. روش RSM اثر هر متغیر مستقل و تأثیر متقابل فاکتورها را بر روی هر متغیر وابسته به‌صورت جداگانه با استفاده از معادله زیر (معادله 1) بیان می‌نماید:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_{12}X_1X_2 + b_{13}X_1X_3 + b_{23}X_2X_3 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 + b_{33}X_3^2 \quad (1)$$

در معادله ذکر شده Y پاسخ پیش‌بینی شده، b_0 ضریب ثابت، b_1 ، b_2 و b_3 اثرات خطی، b_{11} ، b_{22} و b_{33} اثر مربعیات و b_{12} ، b_{13} ، b_{23}

$$a^* = 36.4951 - 0.5695X_1 - 0.5273X_2 + 1.9345X_3 + 6.40 \times 10^{-3}X_1X_2 \quad (5)$$

$$b^* = 27.831 - 0.2085X_1 - 0.0733X_2 - 5.277X_3 + 1.425 \times 10^{-3}X_1X_2 + 0.021X_1X_3 + 0.043X_2X_3 - 0.8275X_3^2 \quad (6)$$

برای بررسی ارتباط بین متغیرهای مستقل و وابسته از نمودار سه بعدی سطح پاسخ رسم شده توسط مدل استفاده شد. در هر نمودار اثر دو متغیر در حالتی که متغیر سوم در نقطه مرکزی قرار دارد، بررسی گردیده است.

رطوبت پودر خرما

طبق جدول 3 اثر خطی و متقابل افزایش مقدار مالتودکسترین بر رطوبت پودر خرما معنی دار شده است و افزایش غلظت سیلیکون دی اکسید و دمای خشک کردن تأثیر متقابل و خطی بر تغییر رطوبت پودر خرما داشته است (شکل 1-الف).

شکل 1-ب نشان می دهد که با افزایش غلظت سیلیکون دی اکسید رطوبت پودر خرما افزایش یافت ولی اثر متقابل این دو عامل سبب کاهش رطوبت پودر خرما گردید.

افزایش دما نیز باعث کاهش محتوای رطوبت پودر خرما شد. زیرا افزایش دمای هوای ورودی باعث افزایش ظرفیت نگهداری بخار آب قبل از رسیدن به حالت اشباع شده و در اثر افزایش دمای هوای خروجی، سرعت تبخیر و ضریب انتقال رطوبت افزایش می یابد، در نتیجه محتوای رطوبت محصول نهایی کاهش می یابد. نتایج مشابهی در تولید پودر پرتقال (Chegin et al., 2005)، هندوانه (Quek et al., 2007) و آناناس (Abadio et al., 2004) مشاهده شد. افزایش مالتودکسترین باعث کاهش محتوای رطوبت پودر خرما شد. زیرا با افزایش میزان مالتودکسترین، میزان مواد جامد محصول تغذیه شده به دستگاه افزایش یافته، در نتیجه محتوای رطوبت محصول نهایی کاهش می یابد. نتایج تعدادی از پژوهش های پیشین موید یافته های این تحقیق می باشد (Quek et al., 2007; Kha et al., 2010; Grabowski et al., 2006; Falade et al., 2007). در صورتی که نتایج حاصل از Goula و همکاران (2010) نشان داد که افزایش مالتودکسترین باعث افزایش محتوای رطوبت پودر پرتقال می شود، زیرا افزایش مالتودکسترین، عبور مولکول های آب را از مولکول های بزرگ مالتودکسترین مشکل می سازد.

دانسیته پودر خرما

جدول 3 نشان می دهد که اثر خطی، درجه دوم و متقابل افزایش غلظت مالتودکسترین بر دانسیته پودر خرما معنی دار شده است و افزودن SiO_2 و افزایش دمای خشک کردن تأثیر خطی و همچنین افزودن SiO_2 اثر درجه دوم بر تغییر دانسیته پودر خرما داشته است

شد. مالتودکسترین به عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شد. داده ها بر اساس روش تجزیه واریانس (ANOVA) با استفاده از نرم افزار آماری SPSS (نسخه 18) آنالیز شدند و جملات معنی دار در مدل برای هر پاسخ مشخص شد. معنی دار بودن با تعیین سطح احتمال کمتر از 5 درصد، تعیین گردید.

نتایج و بحث

ترکیب شیمیایی خرما کیبک در جدول 2 نشان داده شده است. رطوبت اولیه خرما $74.5 \pm 0.5\%$ بود. کربوهیدرات ها ترکیب اصلی ماده خشک خرما را تشکیل می دهند و عمدتاً از قندهایی با وزن مولکولی پایین نظیر گلوکز، فروکتوز و ساکارز تشکیل شده اند. این قندها به شدت بر پایداری پودر خرما در مدت نگهداری در دماهای بیش از انتقال شیشه ای اثر می گذارند.

جدول 2- ترکیب شیمیایی خرما کیبک (بر حسب ماده خشک)

ترکیب	درصد
پروتئین	3.72 ± 0.1
چربی	0.72 ± 0.02
قند کل	35.51 ± 0.12
فیبر	15.1 ± 0.155
خاکستر	1.82 ± 0.05

به منظور حصول مدل های تجربی برای پیش بینی پاسخ، رابطه های خطی و چندجمله ای درجه دوم برای داده های به دست آمده از آزمایش ها برآزش شدند. سپس این مدل ها مورد آنالیز آماری قرار گرفته تا مدل مناسب گزینش گردد. نتایج حاصل از مدل درجه دوم سطح پاسخ در فرم ANOVA در جدول 3 آورده شده است.

نتایج حاصل نشان داد که مدل های درجه دوم برآزش شده با ضریب اطمینان بیش از 92 درصد ($R^2 > 0.92$) با داده های آزمایش مطابقت نداشته و معنی دار بودند ($P < 0.05$). ضرایب رگرسیون بالا نشان می دهد که مدل به خوبی توانسته نتایج به دست آمده را پیش بینی کند. معادلات 2 تا 6 روابط بین محتوای رطوبت، دانسیته توده و رنگ پودر خرما را با پارامتر های خشک کردن (غلظت مالتودکسترین و سیلیکون دی اکسید و دمای خشک کردن) نشان می دهد.

$$\text{Density (gr/cm}^3\text{)} = 0.70362 - 2.013 \times 10^{-3}X_1 + 6.864 \times 10^{-3}X_2 + 0.0854X_3 - 1.162 \times 10^{-4}X_1X_2 - 8.495 \times 10^{-4}X_1X_3 + 1.2951 \times 10^{-3}X_1^2 + 0.01296X_3^2 \quad (2)$$

$$\text{Moisture (\%)} = 2.40242 - 0.0439X_1 + 0.05734X_2 + 0.5502X_3 + 6.125 \times 10^{-4}X_1X_2 - 6.5 \times 10^{-3}X_2X_3 \quad (3)$$

$$L^* = 86.666 + 1.3277X_1 - 1.5736X_2 - 3.0272X_3 - 8.5 \times 10^{-3}X_1X_2 - 8.914 \times 10^{-3}X_1^2 + 0.01404X_2^2 \quad (4)$$

(شکل 2-الف). افزایش دانسیته در دمای 50°C با شیب بیشتری همراه بود. همانطور که در شکل 2-ب مشاهده می‌گردد با افزایش درصد سیلیکون دی‌اکسید و مالتودکسترین مقدار دانسیته پودر خرما افزایش یافت. همچنین اثر متقابل این دو عامل باعث افزایش بیشتر دانسیته پودر خرما گردید. افزایش ذرات ریزتر و سنگین‌تر مالتودکسترین و سیلیکون دی‌اکسید در خمیر خرما باعث شد تا پودر متراکم‌تری بوجود آید و دانسیته افزایش یابد (Farahnaky et al., 2016). افزایش دمای خشک کردن نیز منجر به تولید ذرات فشرده‌تر با دانسیته بالاتر گردیده است (Mishra et al. 2014).

رنگ پودر خرما

همانطور که در شکل 3-الف مشاهده می‌گردد با افزایش مالتودکسترین، شاخص L* افزایش یافت ولی با افزایش دمای خشک کردن شاخص L* پودر خرما کاهش یافت و رنگ پودر خرما با کاهش شاخص L* تیره‌تر گردید. اثر متقابل این دو عامل سبب

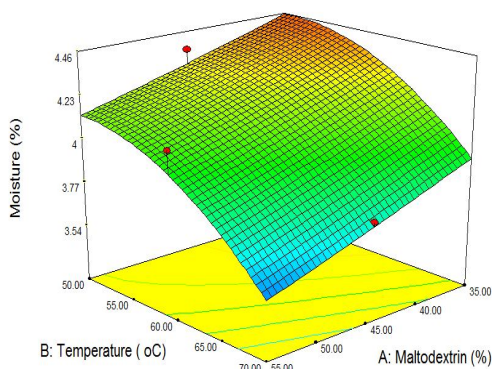
کاهش شاخص L* رنگ پودر خرما گردید و رنگ پودر خرما تیره‌تر شد. جدول 3 نیز میزان معنی‌دار بودن اثرات خطی، درجه دوم و متقابل مالتودکسترین، سیلیکون دی‌اکسید و دما را بر میزان L* نشان می‌دهد. شکل 3-ب تأثیرات افزایش غلظت سیلیکون دی‌اکسید و دما را بر شاخص روشنایی پودر خرما نشان می‌دهد.

با افزایش مالتودکسترین میزان شاخص a* رنگ پودر خرما (میزان قرمزی رنگ پودر خرما) کاهش یافت ($P < 0.01$). افزایش دمای خشک کردن و غلظت سیلیکون دی‌اکسید نیز سبب افزایش میزان شاخص a* رنگ پودر خرما شدند ($P < 0.01$) (شکل 4).

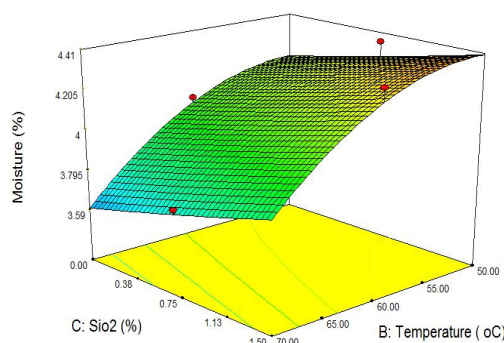
جدول 3 نشان می‌دهد که اثر خطی و متقابل افزایش غلظت مالتودکسترین بر شاخص b* رنگ پودر خرما معنی‌دار شده است. افزودن SiO₂ اثر خطی، درجه دوم و متقابل و افزایش دمای خشک کردن تأثیر خطی و متقابل بر تغییر شاخص b* رنگ پودر خرما داشته است.

جدول 3- نتایج تجزیه واریانس

منبع	درجه آزادی	رطوبت	دانسیته	رنگ			
				L		a*	
				احتمال	ضریب رگرسیون	احتمال	ضریب رگرسیون
مدل	9	0.0012	0.970	0.0001	6.02	0.0002	8.37
X ₁	1	0.0001	0.0190	0.0001	0.570	0.0005	-0.880
X ₂	1	0.0004	0.00478	0.0001	-2.54	0.0001	0.400
X ₃	1	0.0003	0.0450	0.0001	-3.20	0.0001	1.16
X ₁ X ₂	1	0.0012	0.0120	0.0001	-0.800	0.0002	0.640
X ₁ X ₃	1	0.0016	0.0637	0.0001	0.150	0.0002	-0.920
X ₂ X ₃	1	0.0041	0.00850	0.0001	0.200	0.0001	-0.140
X ₁ ²	1	0.0058	0.140	0.0001	-0.890	0.0002	0.147
X ₂ ²	1	0.0032	0.00890	0.0001	1.40	0.0002	0.240
X ₃ ²	1	0.0059	0.00729	0.0003	-0.640	0.0002	0.450
R ²			0.998		0.946		0.929
Adj-R ²			0.997		0.898		0.850
C.V. %		1.51	0.230		1.73		5.61

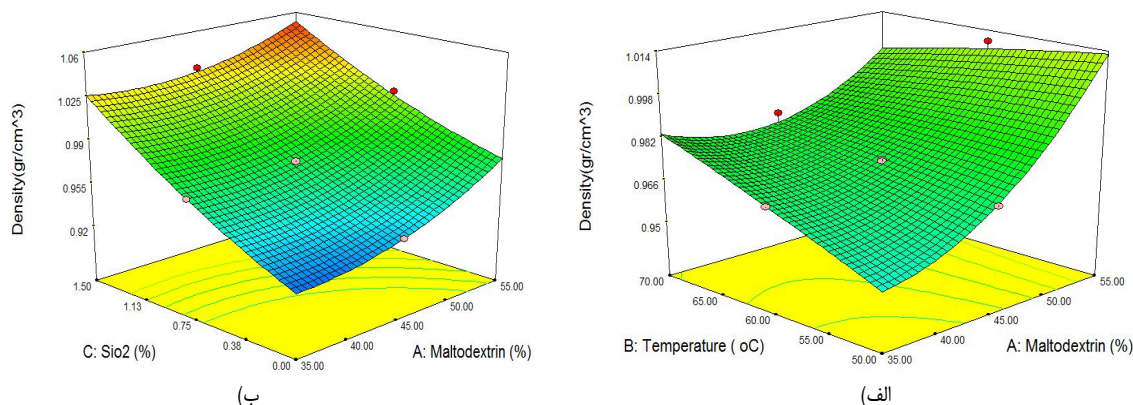


(ب)



(الف)

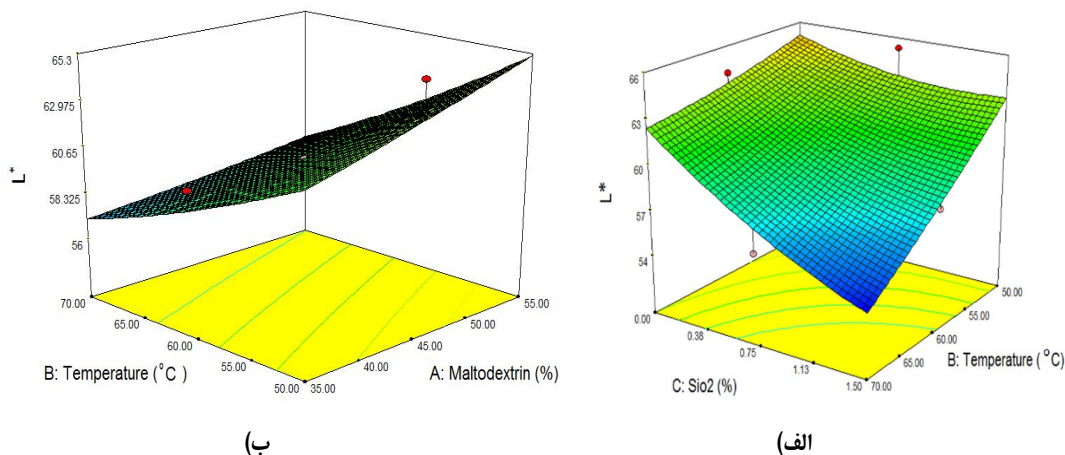
شکل 1- الف) تأثیر غلظت مالتودکسترین و دمای خشک کردن؛ ب) تأثیر سیلیکون دی‌اکسید و دمای خشک کردن بر رطوبت پودر خرما



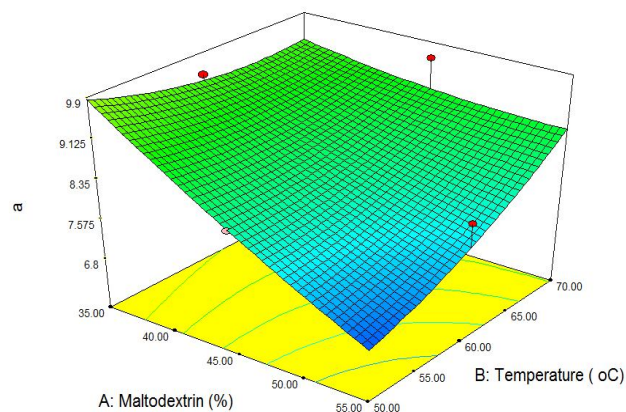
شکل 2- الف) تأثیر غلظت مالتودکسترین و دمای خشک کردن؛ ب) تأثیر غلظت سیلیکون دی اکسید و مالتودکسترین بر دانسیته پودر خرما

می گردد ولی این تاثیر معنی دار نمی باشد ($P > 0.05$). رنگ گوشت خرما قرمز تیره است در حالیکه پودر مالتودکسترین سفید است. پروفایل رنگ این دو مخلوط با تغییر در نسبت ها تغییر می کند. افزایش غلظت مالتودکسترین متمایل به سفید در خمیر خرمای متمایل به قرمز باعث افزایش سفیدی (مقدار شاخص L^*) و در نتیجه کاهش میزان قرمزی (مقدار شاخص a^*) پودر و افزایش میزان زردی (مقدار شاخص b^*) شد و رنگ قرمز تیره خمیر خرما متمایل به زرد گردید. نتایج مشابه با یافته های این تحقیق توسط Farahnaky و همکاران (2016) در مورد پودر حاصل از شیر خرما نیز گزارش شده است. با افزایش دما سرعت واکنش میلارد افزایش یافته و رنگ پودر خرما تیره تر می گردد. در این حالت مقدار شاخص L^* و b^* کاهش و شاخص a^* افزایش می یابد (بدیعی 1391، Rao et al. 2009 و Jaya and Das, 2004).

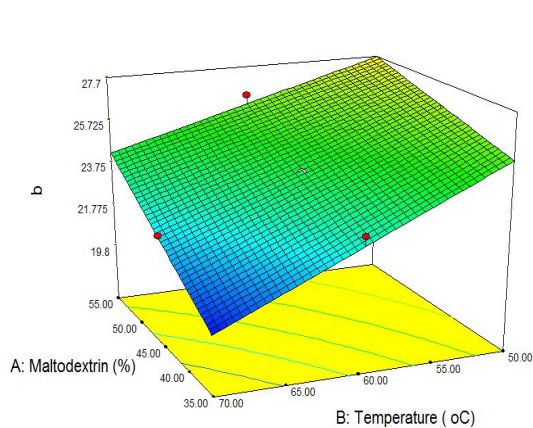
شکل 5- الف نشان می دهد که با افزایش غلظت مالتودکسترین شاخص b^* رنگ پودر خرما افزایش یافت. با افزایش دمای خشک کردن نیز شاخص b^* رنگ پودر خرما کاهش شدیدی یافت، ولی اثر متقابل این دو عامل سبب ایجاد روند افزایشی با شیب کم در شاخص b^* رنگ پودر خرما گردید. این بدین معناست که میزان رنگ زرد موجود در رنگ پودر خرما افزایش یافت. همانطور که در شکل 5- ب مشاهده می گردد با افزایش مالتودکسترین شاخص b^* رنگ پودر خرما افزایش یافت. با افزایش غلظت سیلیکون دی اکسید شاخص b^* رنگ پودر خرما بطور خفیفی کاهش یافت، اثر متقابل این دو عامل نیز سبب افزایش شاخص b^* با شیب کم در پودر خرما گردید ($P < 0.05$). به طور کلی میزان رنگ زرد موجود در رنگ پودر خرما افزایش یافت. شکل 5- ج نشان می دهد که اثر متقابل این دو سیلیکون دی اکسید و دمای خشک کردن سبب کاهش شاخص b^* رنگ پودر خرما



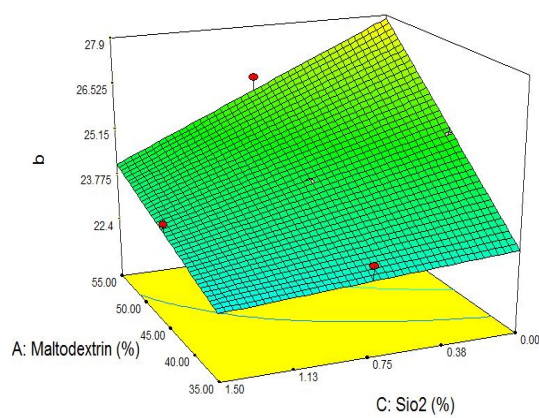
شکل 3- الف) تأثیر دمای خشک کردن و مالتودکسترین؛ ب) تأثیر سیلیکون دی اکسید و دمای خشک کردن بر شاخص L^* پودر خرما



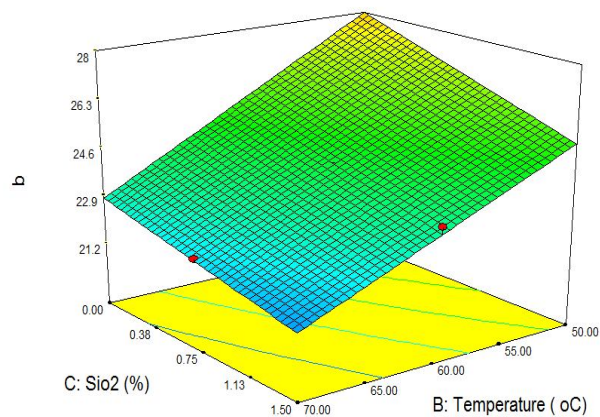
شکل 4- تأثیر دمای خشک کردن و مالتودکسترین بر شاخص a^* پودر خرما



(ب)



(الف)



(ج)

شکل 5- (الف) تأثیر دمای خشک کردن و مالتودکسترین؛ (ب) تأثیر سیلیکون دی اکسید و مالتودکسترین؛ و (ج) تأثیر سیلیکون دی اکسید و دمای خشک کردن بر شاخص b^* پودر خرما

بهینه‌سازی شرایط فرایند پودر خرما

شرایط بهینه برای تولید پودر خرما با استفاده از درصد‌های مختلف مالتودکسترین (35، 45 و 55 درصد وزنی) و سیلیکون دی‌اکسید (صفر، 0/75 و 1/5 درصد وزنی) و دماهای مختلف خشک کردن (50، 60 و 70 درجه سانتی‌گراد) برای دستیابی به کمترین مقدار رطوبت، بالاترین مقدار دانسیته، کمترین زمان خشک کردن، کمترین مقدار روشنایی پودر و بیشترین مقدار قرمزی رنگ تعیین شد. به‌منظور بهینه‌سازی فرایند تولید پودر خرما، از تکنیک بهینه‌سازی عددی بر مبنای سهم نسبی هر کدام از پارامترها در تعیین کیفیت محصول نهایی استفاده شد و روش مطلوبیت نیز برای بهینه‌سازی متغیرهای فرایند استفاده گردید. شرایط بهینه تعیین شده در فرایند پودر خرما، دمای 70 درجه، 55 درصد وزنی مالتودکسترین و 0/75 درصد سیلیکون دی‌اکسید بود. در این شرایط میزان دانسیته، رطوبت پودر، L^* ، a^* و b^* و زمان خشک کردن به ترتیب g/cm^3 1/044، 3/667 درصد، 54/49، 10/34 و 22/64 و 10/5 بود.

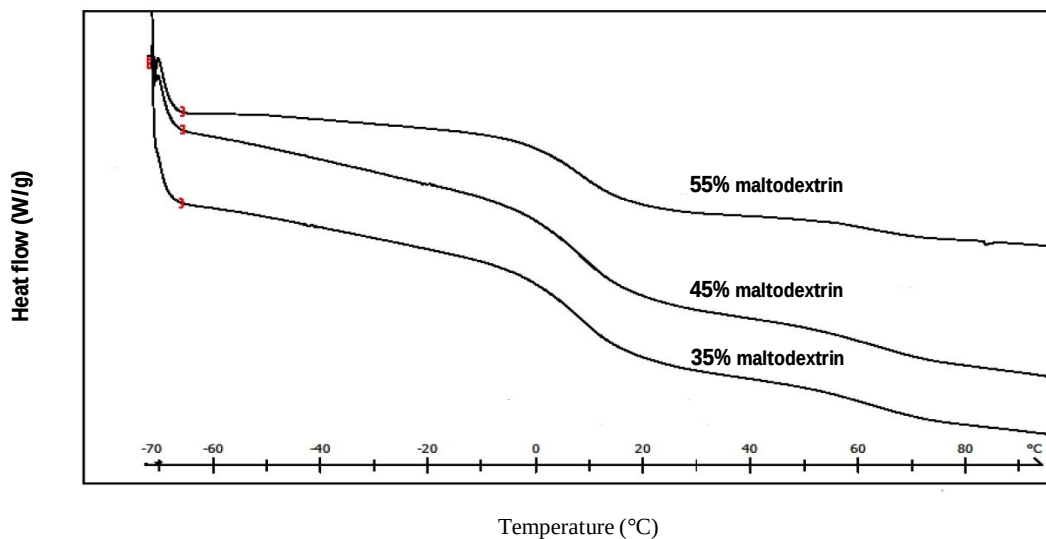
خواص حرارتی پودر خرما

دمانگاشت‌های به‌دست آمده با DSC برای پودر خرما با

درصد‌های مختلف مالتودکسترین (35، 45 و 55 درصد) در شکل 6 نشان داده شده‌است. یک پدیده گرماگیر طی حرارت‌دهی در DSC مشاهده شد. در این حالت بخش بی‌شکل یا آمورف دچار انتقال شیشه‌ای شد و از حالت شیشه‌ای به لاستیکی تبدیل گردید. این انتقال به‌صورت تغییر پله‌ای در گرمای ویژه یا (ΔC_p) مشخص می‌شود.

تأثیر مالتودکسترین بر دمای انتقال شیشه‌ای پودر خرما

پس از مشخص شدن شرایط بهینه آزمایش، نمونه‌های پودر خرما با درصد‌های مختلف مالتودکسترین و 0/75 درصد سیلیکون دی‌اکسید در دمای 70 درجه آماده و خواص حرارتی پودر خرما بر روی این نمونه‌ها انجام شد. آنالیز آماری نشان داد که مالتودکسترین تأثیر معناداری بر دمای انتقال شیشه‌ای ($P < 0.05$) و گرمای ویژه پودر خرما ($P < 0.01$) داشت.



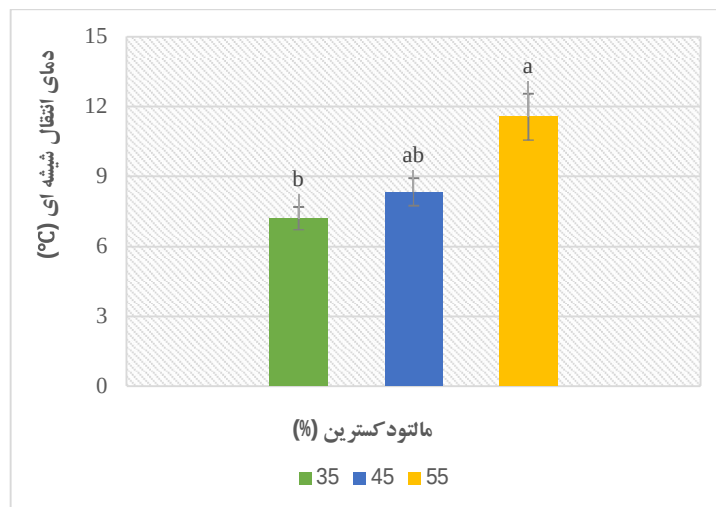
شکل 6- دمانگاشت‌های DSC به‌دست آمده برای پودر خرما با درصد‌های مختلف مالتودکسترین

با افزودن ترکیبات با T_g زیاد می‌توان چسبندگی پودرهای غنی از مواد قندی را کاهش و پایداری آن‌ها را افزایش داد. ترکیباتی نظیر مالتودکسترین برای افزایش T_g پودر اضافه می‌شود و دمای چسبندگی افزایش یافته و پایداری آن در دمای اتاق بهبود می‌یابد (Silva et al. 2006). دمای انتقال شیشه‌ای مالتودکسترین استفاده

همانطور که در شکل 7 مشاهده می‌گردد با افزایش مالتودکسترین دمای انتقال شیشه‌ای پودر خرما افزایش یافت. دمای انتقال شیشه‌ای (T_g) قندها با وزن مولکولی کم نظیر فروکتوز و گلوکز بسیار پایین است و به همین دلیل اکثر مواد غذایی پودری حاوی مواد قندی در دمای اتاق و حتی در رطوبت پایین چسبناک می‌شوند.

مطابق نتایج بدیعی و همکاران (1391) بر روی پودر خرمای شاهانی و Park و همکاران (2009) بر روی پودر گوشت مرغ هیدرولیز شده بود.

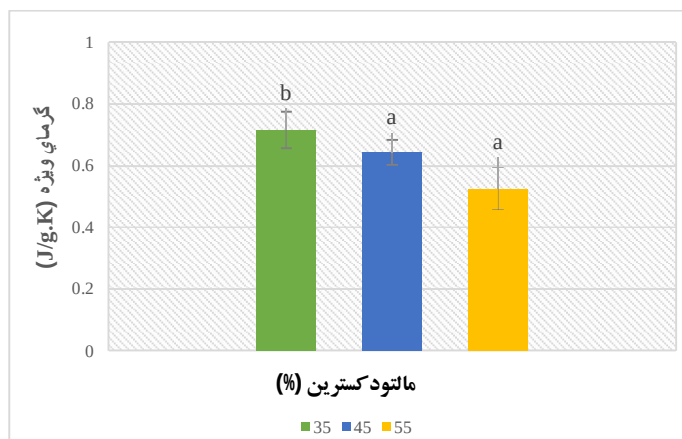
شده در این پژوهش برابر با 147/5 سانتی‌گراد است و افزودن آن به پودر باعث می‌شود که دمای انتقال شیشه‌ای متوسط افزایش یابد و در نتیجه پایداری پودر در دمای اتاق بیشتر شود. نتایج این پژوهش



شکل 7- تأثیر مالتودکسترین بر دمای انتقال شیشه‌ای پودر خرما حاوی 0/75 درصد سیلیکون دی‌اکسید در دمای 70°C

شده است، محدود شود و در نتیجه تغییر گرمای ویژه در منطقه انتقال شیشه‌ای کوچکتر شود. نتایج این پژوهش مطابق نتایج بدیعی و همکاران (1391) بر روی پودر خرمای شاهانی و Park و همکاران (2009) بر روی پودر گوشت مرغ هیدرولیز شده بود.

تأثیر مالتودکسترین بر گرمای ویژه پودر خرما همانطور که در شکل 8 مشاهده می‌گردد با افزایش مالتودکسترین گرمای ویژه پودر خرما کاهش یافت. افزودن مولکول درشتی نظیر مالتودکسترین به پودر خرما باعث می‌شود که تحرک و جنبش بخش آمورف که عمدتاً از قندهای با وزن مولکولی کم تشکیل



شکل 8- تأثیر مالتودکسترین بر گرمای ویژه پودر خرما حاوی 0/75 درصد سیلیکون دی‌اکسید در دمای 70°C

قندهای با وزن مولکولی کم مانند فروکتوز، گلوکز، ساکارز و اسیدهای آلی موجود در میوه است. بیشتر ماده خشک خرما را قندها تشکیل می‌دهند. در این تحقیق مالتودکسترین به‌عنوان کمک‌دهنده برای

نتیجه‌گیری

یکی از مشکلات تولید پودر میوه‌ها چسبندگی در طی فرآیند خشک شدن و نگهداری پودر است. چسبندگی پودر میوه به‌دلیل

55% مالتودکسترین و 0/75% سیلیکون دی اکسید در دمای 70 درجه سانتی گراد بهترین نمونه تعیین شد. افزایش مالتودکسترین سبب افزایش دمای تغییر شیشه‌ای، کاهش گرمای ویژه‌ی پودر و چسبندگی محصول گردید.

کاهش چسبندگی، سیلیکون دی اکسید به عنوان ماده ضد کلوخه شدن به خمیر خرما قبل از عملیات خشک کردن، اضافه شد. با استفاده از روش سطح پاسخ اثر این مواد افزودنی بر خصوصیات پودر تولید شده مشخص و مدل مناسب پیشنهاد شد. با توجه به نتایج، خمیر خرما با

منابع

- Abadio, F.D.B., Domingues, A.M., Borges, S.V., Oliveira, V.M. 2004. Physical properties of powdered Pineapple (*Ananas comosus*) juice: effect of maltodextrins concentration and atomization speed. *Journal of Food Engineering*, 74, 285-287.
- Agricultural Statistics. 2014. Ministry of Jihad-e-Agriculture, Deputy of Planning and Economics, *Center for Information and Communication Technology*, Vol. 3.
- AOAC. 1990. Official methods of analysis of the AoAc. In: Harwich, K. (Ed.), Arlington: Association of official Analytical chemists.
- Badii, F. 2012. Preparation of date powder from grade 2 fruit and study its physicochemical properties. Agricultural Engineering Research Institute. Karaj, Iran.
- Behlau, L. and Widmann, G. 2008. Collection applications thermal analysis, food. Mettler Toledo, 15-16.
- Chao, C.H.A. and Kruger, R.R. 2007. The Date palm (*Phoenix dactylifera*): Overview of Biology, uses, and cultivation, 42, (5), 1077-1078.
- Chronakis, I.S., 1998. On the molecular characteristics, Compositional properties, and structural – functional mechanisms of maltodextrins: a review. *Critical Review in Food science and Nutrition*, 38(7), 599-637.
- Dokic, L., Jakovljevic, P. 2004. Relation between Viscous characteristics and dextrose equivalent of maltodextrins. *Starch – Starke*, 56 (11), 520 – 525.
- FAOST data. 2010. <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?pageID=56>.
- Farahnaky, A., Mansoori, N., Majzoobi, M. and Badii, F. 2016. Physicochemical and sorption isotherm properties of date syrup powder: Antiplasticizing effect of maltodextrin. *Food and Bioprocess Technology*, 9, 133-141.
- Goula, A.M., Adamopoulos, K.G. 2010. A new technique for spray drying orange juice concentrate. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 11, 342-351.
- Grabowski, J.A., Truong, V.D., Daubert, C.R. 2006. Spray-drying of amylase hydrolyzed sweet potato puree and physicochemical properties of powder. *Journal of Food Science*, 71, 209-217.
- Jaya, S. and Das, M. 2004. Effect of maltodextrin, glycerol mono stearate and tricalcium phosphate on vacuum dried mango powder properties. *Journal of Food Engineering*, 63, 125-134.
- Kha, T.C., Nguyen, M.H., Roach, P.D. 2010. Effect of spray drying conditions on the physicochemical and antioxidant properties of Gac (*Momordica cochinchinensis*) fruit aril powder. *Journal of Food Engineering*, 98, 385-392.
- Mishra, P., Mishra, S. and Mahanta, C. L. 2014. Effect of maltodextrin concentration and inlet temperature during spray drying on physicochemical and antioxidant properties of amla (*Emblica officinalis*) juice powder. *Food and Bioprocess Technology*, 9(3), 252-258.
- Myers, R. H., Montgomery, D. C. 1995. Response surface methodology, process and product optimization using designed experiment (2nd ed.). New York: John Wiley and Sons.
- Park, K., Emy Kurozawa, L., Dupas Hubinger, M. 2009. Effect of maltodextrin and gum Arabic on water sorption and glass transition temperature of spray dried chicken meat hydrolyses protein, *Journal of Food Engineering*, 91, 287-295.
- Quek, S.Y., Chok, N.K., Swedlund, P. 2007. The physicochemical properties of spray dried water melon powder. *Chemical Engineering and Processing*, 46, 386-392.
- Rao, P.V.K. J., Das, M., Das, S.K. 2009. Changes in physical and thermo-physical properties of sugarcane, Palmyra palm and date-palm juices at different concentration of sugar. *Journal of Food Engineering*, 90, 559-566.
- Roos, Y. H. 1995. Glass transition – related – related physicochemical changes in foods. *Food Technology*, 97, 100-102.
- Sahari, M.A., Hamidi – Esfehiani, Z., Samadlou, M. 2008. Optimization of vacuum drying characteristics of date palm. *Drying Technology*, 26, 793-797.
- Silva, M.A., Sobral, P.J.A., Kieckbusch, T.G., 2006. State diagrams of freeze-dried camucamu (*Myrciaria dubia* (HBK) Mc Vaugh) pulp with and without maltodextrin addition. *Journal of Food Engineering*, 77, 426-432.
- Sablani, S. Shrestha, A. K., Bhandari, B. 2008. A new method of producing date powder granules: *physicochemical characteristics of powder*, 87, 416-421.
- Zheng, M., Jin, Z., Zhang, Y. 2007. Effect of cross – linking and esterification on Hygroscopicity and surface activity of cassava maltodextrins. *Food chemistry*, 103(4), 1375-1379.

Study on the effects of different parameters on physicochemical and thermal properties of Kabkab date powder: Optimization of the temperature effect and anti-sticking agents

N. Abdi¹, N. Maftoonazad^{2*}, A. Heidarinasab¹, F. Badii³

Received: 2016.11.27

Accepted: 2017.05.27

Introduction: The date palm (*Phoenix dactylifera*), is one of the most important plants of arid desert area of the western and southern Asia and northern Africa for over 5000 years. Date fruit has a great importance in nutrition due to being a main source of carbohydrates, but it is low in fat and protein. Also it is a good source of many minerals and high amounts of antioxidants which prevent some diseases. This fruits is an important element in economy of date growing countries. Some factors such as variety, environmental impact of growing regions and large quantities of the produced date causes postharvest losses resulting in lower quality fruits. These amounts of fruit which are not consumed directly as fresh may have been used as raw materials to formulate some products like date syrup, powder, jam, etc. Date powder is a highly nutritional quality sweetener obtained from date for sucrose substitution in confectionary, bakery or ice cream industry. Stickiness is a problem in production of fruit powder during drying, transportation and storage. Stickiness in fruit powder is mainly due to the presence of low molecular weight sugar such as fructose, glucose, sucrose and organic acids in fruits. These compounds are very hygroscopic in the amorphous state and have low glass transition temperature and leads to increase stickiness and decrease stability of the product in room temperature. This research consisted of two major objectives: i) determination of an optimum proportion of date paste, silicon dioxide and maltodextrin and the most suitable temperature of drying; ii) characterization of physicochemical and thermal characteristics of date powder.

Materials and methods: Kabkab date was purchased from local market of Kazeroun, Fars, Iran. Moisture, ash, protein, fat, total sugar and dietary fiber contents were determined by AOAC methods (AOAC, 1997). Date flesh was minced by a kitchen meat grinder to make a smooth paste. Three different proportions of maltodextrin (35, 45 and 55% w/w) and three proportions of silicon dioxide (0, 0.75 and 1.5% w/w) were added to date paste to produce date powders. The mix was then spread to a thickness of about 5 mm on a Teflon coated tray and kept inside an oven dryer at 50, 60 and 70°C. The dry product was then ground in a hammer mill to produce date powder. The powder was immediately collected in plastic pouches and kept in desiccators to avoid moisture absorption from the air. Laboratory test sieves were used to collect date powder with particle size less than 1mm in diameter. Some physical and thermal characteristics of the powders were measured. Response surface methodology with central composite design was applied to minimize total number of experimental runs and to optimize the proportions of maltodextrin and silicon dioxide and also drying temperature. The dependent variables were density, moisture and color parameters. A completely randomized design was applied to analyze the effect of maltodextrin on thermal properties (glass transition temperature and specific heat) of date powder. Significant terms were found using ANOVA ($P < 0.05$).

Results and discussion: Results showed that the second order polynomial models developed for density, moisture content and color parameters were fitted well to experimental data. Promoting drying temperature led to decreasing in moisture content and lightness of the date powder. The density increased by increasing temperature. Addition of maltodextrin resulted in increasing density, L^* and glass transition temperature while the heat capacity and moisture content decreased. Increasing silicon dioxide content caused an increase in moisture content and density and decrease the lightness of the powder. The interaction between temperature and maltodextrin and that of temperature and silicon dioxide resulted in decreasing moisture content, L^* and a^*

1. Department of Chemical Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

2. Agricultural Engineering Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Fars, Iran

3. Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

(*Corresponding author Email: n.maftoon@areeo.ac.ir)

values while increasing density and b^* value. The DSC thermograms of date powder indicated an endothermic peak during heating and the glass transition occurred in the amorphous region. Also a semi crystalline structure was observed for the product. Inclusion of a compound such a maltodextrin with high glass transition temperature resulted in increasing glass transition temperature of the date powder resulting in increase of final stability. Numerical optimization technique showed that the optimum condition to produce date powder was obtained by drying date paste containing 55% maltodextrin and 0.75% silicon dioxide at 70°C. In this condition, the density, moisture content, L^* , a^* and b^* were 1.044 g/cm³, 3,667% (g/g), 54.49, 10.34, 22.64; respectively.

Keywords: Kabkab date, bulk density, color, moisture, glass transition temperature, response surface methodology

تأثیر پری بیوتیک‌های اینولین و نشاسته مقاوم بر خواص رئولوژیکی خمیر نان باگت

ریحانه مقدسی¹ - سارا موحد^{2*} - حسین احمدی چنارین³

تاریخ دریافت: 1395/10/23

تاریخ پذیرش: 1396/06/29

چکیده

نان به عنوان یک ماده غذایی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و افزودن برخی پری بیوتیک‌ها نظیر اینولین و نشاسته مقاوم به آن می‌تواند سبب بهبود ارتقا سلامت افراد گردد. در پژوهش حاضر، تأثیر پری بیوتیک‌های اینولین و نشاسته مقاوم بر خواص رئولوژیکی خمیر مورد بررسی قرار گرفتند. در این راستا از سطوح 2/5 و 5 درصد اینولین و نشاسته مقاوم استفاده گردید. با توجه به نتایج، در آزمون‌های فارینوگراف خمیر، مقدار جذب آب، زمان گسترش خمیر، زمان پایداری خمیر، افزایش و درجه نرم شدن خمیر پس از 10 و 12 دقیقه کاهش یافت. همچنین بر اساس نتایج حاصل از آزمون اکستنسوگراف، میزان انرژی خمیر، مقاومت به کشش خمیر، عدد نسبت خمیر، افزایش ولی قابلیت کشش آن کاهش نشان داد. در مجموع با لحاظ نمودن نتایج حاصل از کلیه آزمایش‌ها، تیمار ترکیبی D8 (حاوی 5 درصد اینولین و 5 درصد نشاسته مقاوم) به عنوان بهترین تیمار معرفی گردید.

واژه‌های کلیدی: اینولین، نشاسته مقاوم، پری بیوتیک، رئولوژیکی خمیر.

مقدمه

شده‌اند. آب در خمیر به صورت توده یا به صورت قطره‌های کوچک در شبکه پروتئین یا اطراف گرانول‌های نشاسته وجود داشته و حضور ترکیبات فیبری و پری بیوتیک‌ها در کنار گلوتن و نشاسته که تمایل زیادی به جذب آب آرد دارند، سبب تغییراتی در پراکندگی آب در ساختار خمیر می‌گردد (Skendi et al., 2009). همچنین وجود گروه هیدروکسیل در ساختار فیبرها، در ایجاد اتصالات هیدروژنی بیشتر و اتصال بیشتر با آب موثر بوده و به همین دلیل جذب آب در فارینوگراف افزایش پیدا می‌کند (Ziadul et al., 2004 ; Cavallero et al., 2002). افزایش جذب آب آرد سبب می‌شود تا شبکه گلوتنی با نظم بیشتری تشکیل شود و در نتیجه ساختار مناسب‌تری قبل از پخت نان حاصل گردد. افزایش جذب آب در فارینوگراف، سبب افزایش زمان نگهداری محصول، افزایش وزن نان، بهبود قابلیت پهن کردن خمیر، کاهش از دست رفتن رطوبت فرآورده حین پخت و بهبود جزئی طعم نان می‌گردد. آب جذب شده طی فرآیند پخت، سبب ایجاد بافت مرطوب در نان شده و آزاد شدن آن طی دوره نگهداری در کاهش سفتی و شکنندگی بافت نان موثر است (Abdel- Aal et al., 2002). از سوی دیگر افزایش مقاومت به کشش در اکستنسوگراف، در افزایش پایداری خمیر نانوائی بسیار موثر است. در همین راستا وجود برخی ترکیبات نظیر لیپیدها، آمیلوز، ترکیبات نشاسته‌ای، پری بیوتیک‌ها و ترکیبات فیبری در افزایش مقاومت به تنش خمیر نانوائی موثر بوده به عبارتی دارای اثر پایدارکنندگی در خمیر هستند

مطالعات رئولوژیکی یکی از روش‌های آسان برای اندازه‌گیری شاخص‌های کیفیت و بافت محصولات غذایی است. ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر، چگونگی تغییر شکل و جریان یافتن یا گسیختگی آن را تحت تنش به کار رفته توصیف می‌کنند و می‌توانند به عنوان ابزاری در انتخاب مواد خام اولیه مناسب استفاده شوند. خواص رئولوژیکی خمیر نان، بیانگر چگونگی رفتار آن در شرایط مختلف فرآیند است و از نظر فرمولاسیون محصول، بهینه‌سازی، کنترل کیفیت و افزایش ظرفیت فرآیند دارای اهمیت است. در واقع خواص رئولوژی خمیر شامل بخشی از خواص فیزیکی خمیر می‌باشد که هنگام حرکت یا تغییر حالت از خود نشان می‌دهد. استفاده از برخی افزودنی‌ها سبب بهبود خواص رئولوژیکی خمیر و نان‌های تولیدی می‌شود (Kulamarva, 2005). خمیر نانوائی یک شبکه پیوسته از گلوتن‌های هیدراته است که گرانول‌های نشاسته در آن پراکنده

1 و 2- دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد ورامین - پیشوا، دانشگاه آزاداسلامی، ورامین، ایران.

3- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد ورامین - پیشوا، دانشگاه آزاداسلامی، ورامین، ایران.

(*) مسئول مکاتبات: (Email: movahed@iauvaramin.ac.ir)
DOI: 10.22067/iftstrj.v1396i0.61764

(Jane et al., 1999). مجاری گوارشی انسان یکی از پیچیده‌ترین اکوسیستم‌های میکروبی شناخته شده می‌باشد که معمولاً دارای 10^{10} - 10^{11} عدد باکتری در هر گرم از محتوای خود می‌باشد. فعالیت و همزیستی باکتری‌های موجود در دستگاه گوارش باعث جلوگیری از رشد انواع باکتری‌های پاتوژن، ارتقای سیستم ایمنی، اثرات مثبت بر روی سلامت کولون و بهبود تغذیه میزبان می‌شود. به همین دلیل در سال‌های اخیر تمایل زیادی به مصرف غذاهای پری‌بیوتیک پدید آمده است (Uyeno et al., 2008). پری‌بیوتیک‌ها کربوهیدرات‌هایی هستند که در دستگاه گوارش غیرقابل هضم بوده و در برابر تجزیه و جذب شدن در قسمت‌های فوقانی لوله گوارشی از خود مقاومت نشان می‌دهند و تنها به‌طور اختصاصی و حداقل به‌وسیله یک نوع از باکتری‌های پروبیوتیک موجود در کولون، متابولیزه و باعث تحریک رشد یا فعالیت آن شده و این امر باعث تقویت سیستم ایمنی میزبان می‌گردد (Gibson & Roberfroid, 1995). اینولین و نشاسته مقاوم جزء پری‌بیوتیک‌ها هستند. اینولین در بیش از 36000 گونه گیاهی نظیر موز، پیاز، کنگرفرنگی، مارچوبه، تره‌فرنگی، ریشه کاسنی، سیر، سیب‌زمینی ترشی وجود دارد اما منبع اصلی استخراج آن ریشه کاسنی می‌باشد. علت اصلی استفاده از گیاه کاسنی به‌عنوان منبع اصلی اینولین، وجود گلوکز و زنجیره‌های بلند فروکتوز در آن است (Ozer et al., 2005). اینولین نوعی فیبر محلول در آب و نوعی فیبر رژیمی است که توسط آنزیم‌های گوارشی بخش فوقانی دستگاه گوارش جذب نشده و کم و بیش توسط فلور میکروبی کولون تخمیر یا متابولیزه می‌گردد (Costin & Segal, 1999). فیبرهای رژیمی از نوع اینولین به‌عنوان پری‌بیوتیک در انسان عمل می‌کنند و به این دلیل که دارای باند‌های (1 و 2) B گلیکوزیدی می‌باشند، در دستگاه گوارش انسان قابل هضم نیستند در حالیکه توسط میکروفلورای روده بزرگ می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند (Barclay et al., 2010). نشاسته مقاوم به هضم، نوعی دیگر از ترکیبات پری‌بیوتیک می‌باشد که به‌عنوان یک فیبر غذایی عملکرده و سبب افزایش ارزش تغذیه‌ای شده و در حال حاضر در صنایع غذایی کاربرد وسیعی داشته و می‌تواند بافت فرآورده نهایی را بهبود بخشد. نشاسته مقاوم به هضم که اصطلاحاً آن را نشاسته مقاوم می‌گویند به‌عنوان سوبسترای مناسب برای فلور میکروبی روده عمل کرده و منجر به تولید متابولیت‌هایی مانند اسیدچرب کوتاه زنجیر به‌خصوص اسید استیک، اسید پروپیونیک و اسید بوتیریک می‌شود. اسید بوتیریک توسط باکتری‌های روده متابولیزه شده و نقش مهمی در تامین غذا و انرژی سلول‌های روده ایفا می‌کند (Rodriguez-Cabezas et al., 2010). محبی و همکاران (1395) به بررسی اثر پری‌بیوتیک‌های بتاگلوکان و نشاسته مقاوم، بر ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر محصولات تخمیری پرداختند. در این پژوهش پری‌بیوتیک‌های بتا گلوکان در سطوح 0/8، 1 و 1/2 درصد و نشاسته مقاوم در سطوح 5/5، 8 و 10/5 درصد استفاده

گردیدند. طبق نتایج آزمون رئولوژی خمیر، میزان جذب آب خمیر با افزایش مقادیر بتاگلوکان و نشاسته مقاوم افزایش یافت، در حالیکه زمان گسترش خمیر و عدد کیفیت فارینوگراف بتاگلوکان شبیه نمونه شاهد بود ولی مقاومت خمیر آن کاهش نشان داد. همچنین عدد کیفیت فارینوگراف و مقاومت خمیر در تیمارهای دارای نشاسته مقاوم، کاهش پیدا کرد. به‌علاوه بتا گلوکان تأثیر بیشتری بر افزایش درجه سستی خمیر داشت در حالیکه استفاده از دو ترکیب مذکور، سبب افزایش مقاومت به کشش، مقدار انرژی و قابلیت کشش در مقایسه با نمونه کنترل گردید (محبی و همکاران، 1395). هگر و همکاران (2011) تأثیر فیبرهای محلول اینولین و بتاگلوکان را بر کیفیت خمیر و نان مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که بتاگلوکان باعث افزایش الاستیسیته خمیر می‌شود در حالیکه اینولین تأثیر قابل توجهی در ساختار خمیر نداشت. به‌علاوه با افزایش سطوح مصرف اینولین و بتا گلوکان، حجم نان‌های فاقد گلوتن کاهش یافت، به علاوه مشخص گردید که هر دو ترکیب مذکور سبب کاهش حجم مخصوص نان‌های فاقد گلوتن می‌شوند ضمن آن که اثرات متفاوتی بر ویژگی‌های حسی، سفتی و بیانی نان‌های تولیدی داشتند (Hager et al., 2011). ارویند و همکاران (2012) به بهینه‌سازی سطوح نشاسته مقاوم نوع دوم و سوم در گندم دوروم ماکارونی به‌منظور کاهش قابلیت هضم در شرایط آزمایشگاهی با حفظ فراوری و خصوصیات حسی پرداختند. سطوح مصرفی شامل ۲۰، ۵۰ و ۵۰ درصد سمولینا با نشاسته مقاوم نوع دوم و سطوح 10 و 20 درصد جایگزینی با نشاسته مقاوم نوع سوم بودند. طبق نتایج، اثرات معنی‌داری بر میزان افت پخت، بافت و خصوصیات حسی محصول به وجود نیامد فقط اندکی رنگ زرد ماکارونی کاهش یافت. به علاوه افزودن نشاسته مقاوم در ماکارونی منجر به کاهش هضم نشاسته آزمایشگاهی نسبت به گندم دوروم گردید (Aravind et al., 2012). سکارا و همکاران (2013) به اثرات ترکیبی اینولین، پکتین و صمغ گوار بر کیفیت نان منجمد نیمه آماده پرداختند. با توجه به نتایج، نان‌های غنی شده با اینولین، از عطر و طعم بهتری نسبت به نان شاهد برخوردار بودند اما اثر متقابلی میان اینولین و پکتین مشاهده نشد در حالیکه این تأثیر میان اینولین و گوار معنی‌دار بود. همچنین پکتین و گوار سبب بهبود رطوبت و انسجام نان‌ها شدند ولی تعاملات قابل توجهی به‌منظور کاهش حجم، افزایش سختی و قابلیت جویدن داشتند. همچنین در نان‌های غنی شده، میزان حجم مخصوص و قابلیت جویدن بالاتر از نمونه شاهد گزارش گردید (Skara et al., 2013). افشین‌پژوه و همکاران (2014) به بررسی خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و رئولوژیکی خمیر پاستای حاوی اینولین پرداختند. سطوح مصرفی شامل صفر، 1، 2/5 و 5 درصد بودند. با توجه به نتایج، با افزایش سطح مصرف اینولین، زمان تخمیر، پایداری خمیر، عدد کیفیت فارینوگراف، انرژی، مقاومت نسبت به کشش و نیز الاستیسیته خمیر کاهش یافت در حالیکه جذب آب، شاخص تورم و طول

به مزایای سلامتی داشته باشد و آن را به غذایی فراسودمند تبدیل سازد. افزودن پلی‌ساکاریدای اینولین و نشاسته مقاوم به نان سبب می‌شود که این مواد یا به‌طور آهسته هضم شوند و یا غیرقابل هضم باشند که نتیجه آن تنظیم سطح گلوکز خون، تنظیم پاسخ‌های گلاسمیک و لیپیدمیک است. با توجه به موارد مطرح شده تحقیق حاضر به‌منظور بررسی تأثیر استفاده از پری‌بیوتیک‌های اینولین و نشاسته مقاوم بر خواص رئولوژیکی خمیر نان‌های باگت انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها

ابتدا مواد اولیه جهت انجام آزمایش شامل آرد گندم (اتحاد کرج)، اینولین بلند زنجیر استخراج شده از گیاه کاسنی با درجه پلیمریزاسیون 10-60 (آلمان، Beneo)، نشاسته مقاوم به هضم (Hi-maize260)، نشاسته ذرت با آمیلوز بالا که به‌صورت پودری نرم، سفید رنگ و بی بو می‌باشد (آلمان، National starch food innovation)، تهیه شدند. با توجه به تعداد تیمارهای مورد آزمون حدوداً 20 کیلوگرم آرد گندم، 1 کیلوگرم نشاسته مقاوم به هضم و 1 کیلوگرم اینولین خریداری شد. تیمارهای مورد استفاده در تحقیق در جدول 1 ارائه شده است.

آلوئوگراف با افزایش درصد اینولین افزایش پیدا نمود. قابل توجه این که تیمار حاوی 2/5% اینولین نسبت به سایر سطوح برتری نسبی نشان داد (Afshinpajouh et al., 2014). ایران‌شاهی و همکاران (2014) به بررسی تأثیر اینولین و بتاگلوکان بر شدت بیات شدن نان بربری پرداختند. طبق نتایج، بتاگلوکان، آب بیشتری در مقایسه با نشاسته جذب نمود که این عمل سبب کاهش سفتی نان‌های تولیدی گردید. درحالی‌که اینولین زنجیره بلند (HPX) در افزایش حجم، طعم و بهبود کیفیت نان‌های تولیدی بسیار موثرتر بود (Iranshahi et al., 2014). بودریک و همکاران (2015) به بررسی تأثیر روش تخمیر و افزودن روغن گیاهی بر تشکیل نشاسته مقاوم در نان چاودار پرداختند. طبق نتایج، روغن پالم تأثیر قابل توجهی بر تشکیل نشاسته مقاوم در نان‌ها داشت. در حالیکه زمان تخمیر و دما تأثیر معنی‌داری بر آن نداشتند. همچنین تأثیر خمیرمایه در تشکیل نشاسته مقاوم در نان چاودار، بیشتر از تخمیر خالص نان‌های گندم و تخمیر مخلوط گندم بود که احتمالاً دلیل آن را می‌توان به افزایش میزان اسیدهای آلی در فرآیند تخمیر نسبت داد (Buddrick et al., 2015). در سال‌های اخیر به دلیل افزایش آگاهی مصرف‌کنندگان به اثرات سلامت‌بخش مواد پری‌بیوتیک، تمایل زیادی به سمت مصرف غذاهای فراسودمند به‌خصوص در زمینه محصولات نانوایی پدید آمده است. به‌عبارتی غنی‌سازی نان با منابع پری‌بیوتیک می‌تواند نقش مهمی در دستیابی

جدول 1- تیمارهای مورد آزمون در تحقیق

کد تیمار	تیمارها
C	خمیر نانوائی فاقد اینولین و نشاسته مقاوم، شاهد
D1	خمیر نانوائی حاوی 2/5 درصد اینولین بر حسب وزنی آرد
D2	خمیر نانوائی حاوی 5 درصد اینولین بر حسب وزنی آرد
D3	خمیر نانوائی حاوی 2/5 درصد نشاسته مقاوم بر حسب وزنی آرد
D4	خمیر نانوائی حاوی 5 درصد نشاسته مقاوم بر حسب وزنی آرد
D5	خمیر نانوائی حاوی 2/5 درصد اینولین + 2/5 درصد نشاسته مقاوم بر حسب وزنی آرد
D6	خمیر نانوائی حاوی 2/5 درصد اینولین + 5 درصد نشاسته مقاوم بر حسب وزنی آرد
D7	خمیر نانوائی حاوی 5 درصد اینولین + 2/5 درصد نشاسته مقاوم بر حسب وزنی آرد
D7	خمیر نانوائی حاوی 5 درصد اینولین + 5 درصد نشاسته مقاوم بر حسب وزنی آرد

سست شدن خمیر پس از 10 و 12 دقیقه به‌کار می‌رود و دستگاه اکستنسوگراف که جهت بررسی قابلیت کشش خمیر در اثر نیروی وارد شده به آن، مقاومت در برابر کشش و نسبت این دو به یکدیگر (مقاومت کشش/ قابلیت کشش خمیر) استفاده می‌شود، قرار گرفتند. ابتدا کلیه مواد، به مقدار 300 گرم در داخل محفظه مخلوط‌کن فارینوگراف، ریخته شدند. سپس توسط همزن دستگاه فارینوگراف (برابندر، آلمان)، عمل مخلوط شدن انجام گردید و در ادامه خواص رئولوژیکی خمیر شامل درصد جذب آب خمیر، زمان گسترش خمیر، زمان پایداری خمیر، درجه نرم شدن خمیر پس از 10 و 12 دقیقه، عدد کیفیت فارینوگراف اندازه‌گیری

آزمون‌های شیمیایی شامل رطوبت (AACC، شماره 44-16)، خاکستر (AACC، شماره 08-01)، پروتئین (AACC، شماره 12-46)، چربی (AACC، شماره 30-10)، گلوتن مرطوب (AACC، شماره 38-12A)، فیبر (AACC، شماره 32-10) و pH (AACC، شماره 52-2) بر روی نمونه آرد گندم انجام شدند (Anonymous, 2003). در ادامه نمونه‌های حاوی مخلوط آرد گندم، اینولین و نشاسته مقاوم و نیز نمونه شاهد، طبق جدول 1 آماده گردیدند و پس از آن تحت آزمون‌های رئولوژیکی توسط دستگاه فارینوگراف، که به‌منظور تعیین مقاومت خمیر در برابر زدن و پایداری خمیر، گسترش خمیر و درجه

گرفتند. در ادامه به منظور تجزیه و تحلیل داده های حاصل از آزمایش از طرح کاملاً تصادفی استفاده شد و مقایسه میانگین داده ها توسط آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال $\alpha=5\%$ و توسط نرم افزار SPSS نسخه 16 انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

ارزیابی نتایج حاصل از آزمون های شیمیایی آرد

نتایج مربوط به آزمون های شیمیایی انجام شده بر روی آرد گندم مصرفی در جدول 2 نشان داده شده است. با توجه به نتایج، آرد گندم مطابق استاندارد ملی ایران به شماره 103، جهت تولید خمیر نان باگت مناسب بود (بی نام، 1390).

شدند. در ادامه خمیرها به صورت چونه گردی در آمده و در اتاق تخمیر با دمای حدود 30 درجه سلسیوس برای سه دوره زمانی 45، 90 و 135 دقیقه ای گرمخانه گذاری گردیدند و سپس با استفاده از دستگاه اکستنسوگراف (برابندر، آلمان)، انرژی خمیر، مقاومت به کشش خمیر، قابلیت کشش خمیر، عدد نسبت خمیر مورد سنجش قرار گرفتند (Anonymous, 2000). آزمون های شیمیایی بر روی آرد و آزمون های رئولوژی خمیر در مرکز پژوهش های غلات واقع در شهر تهران انجام شدند.

تجزیه و تحلیل آماری داده ها

با توجه به جدول 1، تعداد کل تیمارهای تحقیق 9 عدد در نظر گرفته شد و از آنجا که آزمون ها در سه تکرار انجام شدند، در مجموع 27 واحد آزمایشی تحت آزمون های شیمیایی و رئولوژیکی قرار

جدول 2- ویژگی های شیمیایی آرد گندم مصرف شده در تولید خمیر

نوع ماده	رطوبت (%)	خاکستر (%)	پروتئین (%)	چربی (%)	pH	گلوتن مرطوب (%)	فیبر (%)
آرد گندم	13/02	0/680	11/93	1/255	5/9	29/65	0/63

مقاوم بر ویژگی های فارینوگرافی نمونه های خمیر در جدول 3 نشان داده شده است.

ارزیابی نتایج آزمون های فارینوگراف نمونه های خمیر حاوی مقادیر مختلف اینولین و نشاسته مقاوم نتایج مقایسه میانگین تاثیر مقادیر مختلف اینولین و نشاسته

جدول 3- نتایج مقایسه میانگین آزمون فارینوگراف در نمونه های خمیر نان باگت

تیمار	جذب آب (%)	زمان گسترش خمیر (min)	زمان پایداری خمیر (min)	درجه نرم شدن خمیر پس از 10 دقیقه (B.U)	درجه نرم شدن خمیر پس از 12 دقیقه (B.U)	عدد کیفیت (والوریمتری)
C	51/90±0/1 ^e	1/40±0/02 ^f	1/95±0/3 ^f	120±5 ^a	153/50±5 ^a	23±2 ^g
D1	53/73±0/2 ^d	1/46±0/01 ^e	2/15±0/45 ^{ef}	105±3 ^b	146/50±4 ^b	26/50±1 ^f
D2	54/47±0/2 ^c	1/50±0/02 ^d	2/25±0/3 ^{ef}	99±0/1 ^c	123±2 ^d	27/50±1 ^f
D3	53/90±0/1 ^d	1/46±0/01 ^e	2/25±0/3 ^{ef}	102±4 ^{bc}	130/50±3 ^c	27±1 ^f
D4	54/37±0/3 ^c	1/60±0/01 ^c	2/80±0/3 ^d	67±4 ^e	90±5 ^f	32±2 ^d
D5	54/67±0/2 ^c	1/50±0/02 ^d	2/50±0/3 ^{de}	91±2 ^d	116/30±3 ^e	28±3 ^e
D6	56/87±0/3 ^b	1/75±0/02 ^b	5/96±0/05 ^b	48/5±2 ^g	76±3 ^g	69±3 ^b
D7	56/57±20 ^b	1/70±0/03 ^b	4/10±0/04 ^c	64/5±2 ^f	89±3 ^f	42/50±2 ^c
D8	58/30±0/1 ^a	2/96±0/03 ^a	6/96±0/06 ^a	42±1 ^h	67/33±3 ^h	77/50±3 ^a

در هر ستون میانگین هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند در سطح احتمال 5 درصد اختلاف معنی دار ندارند.

تیمار شاهد (C)، تیمار حاوی 2/5 درصد اینولین (D1)، تیمار حاوی 5 درصد اینولین (D2)، تیمار حاوی 2/5 درصد نشاسته مقاوم (D3)، تیمار حاوی 5 درصد نشاسته مقاوم (D4)، تیمار حاوی حاوی 2/5 درصد اینولین + 2/5 درصد نشاسته مقاوم (D5)، تیمار حاوی حاوی 2/5 درصد اینولین + 5 درصد نشاسته مقاوم (D6)، تیمار حاوی 5 درصد اینولین + 2/5 درصد نشاسته مقاوم (D7)، تیمار حاوی حاوی 5 درصد اینولین + 5 درصد نشاسته مقاوم (D8).

C (شاهد) از کمترین مقدار صفت مذکور در مقایسه با سایر تیمارها برخوردار بودند ضمن آنکه بین دو تیمار مذکور اختلاف معنی دار مشاهده گردید ($p \leq 0.05$). به عبارت دیگر افزودن سطوح مختلف

ارزیابی نتایج آزمون جذب آب خمیر حاوی مقادیر مختلف اینولین و نشاسته مقاوم

با توجه به جدول 3، تیمار D8 از بیشترین مقدار جذب آب و تیمار

خمیر حاصل نقشی اساسی دارند. از سویی بین پریبیوتیک‌های نامبرده با گلوتن می‌تواند رقابت بر سر جذب آب صورت پذیرد که این مسئله احتمالا بر ساختار خمیر و زمان گسترش خمیر تاثیرگذار است (Skendi et al., 2009). Frutos و همکاران (2008) در تحقیقات خود عنوان نمودند که با افزودن اینولین به صورت پودر یا ژل، زمان گسترش خمیر زیاد می‌شود. از سوی دیگر Karolini و همکاران (2007) بیان نمودند که افزودن 1 تا 4 درصد اینولین، زمان گسترش خمیر را تا حد زیاد افزایش داده و این امر منجر به تقویت خمیر حاصل می‌گردد.

ارزیابی نتایج آزمون زمان پایداری خمیر حاوی مقادیر مختلف اینولین و نشاسته مقاوم

طبق جدول 3، بیشترین زمان پایداری خمیر در تیمار D8 و کمترین مقدار آن در تیمار C (شاهد) محاسبه شد. قابل توجه این که اختلاف بین تیمارها معنی‌دار بود ($p \leq 0.05$). به عبارت دیگر افزودن پریبیوتیک‌های مذکور در سطوح مختلف، موجب افزایش معنی‌دار زمان پایداری خمیر نمونه‌ها در مقایسه با نمونه شاهد گردیدند. علت این نتیجه وجود اتصالات هیدروژنی و پیوندهای هیدروکسیل بین پروتئین گلوتن که اجزای آن گلوتمین و گلیادین می‌باشد، با پریبیوتیک‌های اینولین و نشاسته مقاوم است که سبب افزایش پایداری و استحکام خمیرهای تولیدی شدند (Meyer & Peters, 2009). همچنین نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیقات Wang و همکاران (2002) مطابقت داشت که بیان نمودند اینولین بلند زنجیر در مقایسه با انواع کوتاه زنجیر یا متوسط زنجیر، در افزایش زمان پایداری خمیرهای حاصل در مقایسه با نمونه شاهد تاثیرگذارترند.

ارزیابی نتایج آزمون درجه نرم شدن خمیر حاوی مقادیر مختلف اینولین و نشاسته مقاوم پس از 10 دقیقه

طبق جدول 3، تیمار شاهد از بیشترین درجه نرم شدن خمیر و تیمار D8 از کمترین مقدار آن برخوردار بودند ضمن آن که بین کلیه تیمارهای مذکور اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید ($p \leq 0.05$). به عبارت دیگر با افزایش استحکام خمیر، به دلیل پیوند هیدروژنی ناشی از پیوندهای عرضی هیدروکسیل -H و -OH، بین پروتئین گلوتن با نشاسته مقاوم و اینولین، درجه سست شدن خمیرهای مذکور کاهش یافت (Silva, 1996; Chimrov et al., 1981). نتایج حاصل با نتایج تحقیقات چیمرو و همکاران (1981) تطابق نشان داد که عنوان نمودند افزودن مقادیر کم اینولین، تغییرات ناچیزی در ساختار خمیر ایجاد می‌کند در حالیکه وجود سطوح بالای آن سبب پایداری و استحکام خمیر می‌شود که دلیل آن تشدید باندهای مختلف بین پروتئین و اینولین می‌باشد (Chimrov et al., 1981).

پریبیوتیک‌های اینولین و نشاسته مقاوم موجب افزایش معنی‌دار درصد جذب آب خمیر در مقایسه با نمونه شاهد گردید. علت این امر می‌تواند مربوط به حضور گروه‌های هیدروکسیل در ساختار پریبیوتیک‌های اینولین و نشاسته مقاوم باشد که سبب ایجاد اتصالات هیدروژنی بیشتر گردید و به همین دلیل درصد جذب آب در تیمارها نسبت به شاهد افزایش یافت (Zaidul et al., 2004). افزایش جذب آب در آرد موجب می‌شود تا شبکه گلوتمی منظم‌تر تشکیل شود و ساختار مناسب‌تری قبل از پخت حاصل شود. از سوی دیگر آب جذب شده طی فرآیند پخت، سبب ایجاد بافت مرطوب در نان تازه می‌گردد و آزاد شدن آن طی دوره نگهداری نان، سبب کاهش سفتی و شکنندگی بافت نان‌های حاصل می‌شود (Abdel-Aal et al., 2002). نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیقات مجبی و همکاران (1395) بر ویژگی جذب آب خمیر مطابقت نشان داد.

ارزیابی نتایج آزمون زمان گسترش خمیر حاوی مقادیر مختلف اینولین و نشاسته مقاوم

زمان گسترش خمیر عبارت است از زمان لازم برای عمل‌آوری خمیر که از لحظه ورود منحنی به خط 500 واحد برابندرتا رسیدن به بالاترین مقاومت خمیر را شامل می‌شود. با توجه به جدول 3، تمامی تیمارها از نظر زمان گسترش خمیر، نسبت به شاهد اختلاف آماری معنی‌دار نشان دادند. در همین راستا بیشترین زمان گسترش خمیر در تیمار D8 و کمترین مقدار آن در تیمار C (شاهد) مشاهده گردید ($p \leq 0.05$). به عبارت دیگر کاربرد اینولین و نشاسته مقاوم در سطوح مختلف، سبب افزایش معنی‌دار زمان گسترش خمیر نمونه‌ها در مقایسه با نمونه شاهد گردید. علت نتیجه حاصل می‌تواند مربوط به حضور گروه‌های هیدروکسیل در ساختار پریبیوتیک‌های مصرفی باشد که سبب ایجاد اتصالات هیدروژنی بیشتر با آب گردیدند نیز سبب افزایش زمان گسترش خمیر گردید (Zaidul et al., 2004). اضافه کردن اینولین و نشاسته مقاوم به خمیر، برهمکنش‌های میان اجزای خمیر را تحت تاثیر قرار می‌دهد. به عبارتی افزودن فیبرها یا پریبیوتیک‌ها به آرد همواره با نتایج متفاوتی همراه بوده است. این تفاوت به خاطر فعل و انفعالات مختلف بین ترکیبات مذکور با پروتئین گلوتن خمیر است. علت افزایش زمان گسترش خمیر در تحقیق حاضر، حضور گروه‌های هیدروکسیل در ساختار اینولین و نشاسته مقاوم بوده که سبب ایجاد اتصالات هیدروژنی بیشتر و متعاقبا اتصال بیشتر با آب می‌شود. در واقع پیوندهای هیدروژنی بین گروه‌های پیوندی -H با -OH بین گلوتن و اینولین و نشاسته مقاوم تشکیل می‌گردد (موحد، 1390). همچنین اینولین و نشاسته مقاوم، پراکندگی آب را در ساختار خمیر تغییر می‌دهند به گونه‌ای که حضور تعداد زیاد گروه‌های هیدروکسیل در ساختار آن‌ها در زمان تشکیل

ارزیابی نتایج آزمون درجه نرم شدن خمیر حاوی مقادیر مختلف اینولین و نشاسته مقاوم پس از 12 دقیقه

طبق جدول 3، به ترتیب تیمار شاهد و D8 از بیشترین و کمترین درجه نرم شدن خمیر پس از 12 دقیقه برخوردار بودند. همچنین بین کلیه تیمارها اختلاف معنی دار مشاهده گردید ($p \leq 0.05$). دلایل مربوط به این بخش در راستای دلایل ارایه شده برای درجه نرم شدن خمیر پس از 10 دقیقه می باشد.

ارزیابی نتایج آزمون عدد کیفیت خمیر حاوی مقادیر مختلف اینولین و نشاسته مقاوم

عدد کیفیت فارینوگراف برآیندی است از مجموع شاخص های موجود در منحنی فارینوگرام که توصیف کننده کیفیت کلی آرد است. این فاکتور در آردهای ضعیف پایین و در آردهای قوی، بالا می باشد (قمری و همکاران، 1388). طبق جدول 3، بیشترین عدد

کیفیت خمیر در تیمار D8 و کمترین مقدار آن در تیمار شاهد مشاهده شد. از سوی دیگر اختلاف بین کلیه تیمارها معنی دار بود ($p \leq 0.05$). همان گونه که گفته شد، مصرف اینولین و نشاسته مقاوم سبب افزایش استحکام و پایداری خمیرهای حاصل در مقایسه با خمیر شاهد گردید لذا عدد کیفیت افزایش یافت. نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیقات ایران شاهی و همکاران (2014) مشابه بود. این محققان بیان نمودند که کاربرد اینولین با زنجیره بلند سبب افزایش ضریب یا عدد کیفیت فارینوگراف خمیر نان های حاصل می گردد.

ارزیابی نتایج آزمون های اکستنسوگراف نمونه های خمیر حاوی مقادیر مختلف اینولین و نشاسته مقاوم

نتایج مقایسه میانگین تاثیر مقادیر مختلف اینولین و نشاسته مقاوم بر ویژگی های اکستنسوگراف نمونه های خمیر در جدول 4 نشان داده شده است.

جدول 4- نتایج مقایسه میانگین آزمون اکستنسوگراف در نمونه های خمیر نان باگت

تیمار	انرژی (cm ²)		مقاومت به کشش (B.U)		قابلیت کشش خمیر (mm)		عدد نسبت	
	زمان تخمیر (min)	زمان تخمیر (min)	زمان تخمیر (min)	زمان تخمیر (min)	زمان تخمیر (min)	زمان تخمیر (min)	زمان تخمیر (min)	زمان تخمیر (min)
	90	135	45	90	135	45	90	135
C	77/3±4.8	77/3±4.8	77/3±4.8	77/3±4.8	77/3±4.8	77/3±4.8	77/3±4.8	77/3±4.8
D1	82±3.9	82±3.9	82±3.9	82±3.9	82±3.9	82±3.9	82±3.9	82±3.9
D2	92±4.2	92±4.2	92±4.2	92±4.2	92±4.2	92±4.2	92±4.2	92±4.2
D3	91±5.4	91±5.4	91±5.4	91±5.4	91±5.4	91±5.4	91±5.4	91±5.4
D4	101±7.0	101±7.0	101±7.0	101±7.0	101±7.0	101±7.0	101±7.0	101±7.0
D5	94±5.7	94±5.7	94±5.7	94±5.7	94±5.7	94±5.7	94±5.7	94±5.7
D6	107/7±3.0	107/7±3.0	107/7±3.0	107/7±3.0	107/7±3.0	107/7±3.0	107/7±3.0	107/7±3.0
D7	103/5±4.0	103/5±4.0	103/5±4.0	103/5±4.0	103/5±4.0	103/5±4.0	103/5±4.0	103/5±4.0
D8	127/5±4.0	127/5±4.0	127/5±4.0	127/5±4.0	127/5±4.0	127/5±4.0	127/5±4.0	127/5±4.0

در هر ستون میانگین هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند در سطح احتمال 5 درصد اختلاف معنی دار ندارند.

تیمار شاهد (C)، تیمار حاوی 2/5 درصد اینولین (D1)، تیمار حاوی 5 درصد اینولین (D2)، تیمار حاوی 2/5 درصد نشاسته مقاوم (D3)، تیمار حاوی 5 درصد نشاسته مقاوم (D4)، تیمار حاوی 2/5 درصد نشاسته مقاوم (D5)، تیمار حاوی 2/5 درصد اینولین + 5 درصد نشاسته مقاوم (D6)، تیمار حاوی 5 درصد اینولین + 2/5 درصد نشاسته مقاوم (D7)، تیمار حاوی 5 درصد اینولین + 5 درصد نشاسته مقاوم (D8).

اینولین به دلیل آب دوست بودن در شبکه گلوآنی بیشتر دخالت می کند و سبب بهبود رفتار پروتئینی آرد و خصوصیات رئولوژیک خمیر می گردد. همچنین Karolini و همکاران (2007) در تحقیقات خود عنوان نمودند که با افزایش سطوح مصرف اینولین در خمیر نان و ماکارونی، میزان انرژی خمیر افزایش می یابد.

ارزیابی نتایج آزمون مقاومت به کشش خمیر حاوی مقادیر مختلف اینولین و نشاسته مقاوم پس از 45، 90 و 135 دقیقه

ویژگی مقاومت به کشش، همان مقاومتی است که خمیر در مقابل کشش از خود نشان می دهد. با توجه به جدول 4، بین کلیه تیمارها اختلاف معنی دار مشاهده گردید. در همین راستا بیشترین مقاومت به کشش خمیر پس از 45، 90 و 135 دقیقه، در تیمار D8 و کمترین مقدار آن در تیمار شاهد اندازه گیری شد ($p \leq 0.05$). علت

ارزیابی نتایج آزمون انرژی خمیر حاوی مقادیر مختلف اینولین و نشاسته مقاوم پس از 45، 90 و 135 دقیقه

ویژگی مساحت یا انرژی، همان سطح زیر منحنی است که نشان دهنده کل انرژی مصرفی به منظور کشیدن خمیر می باشد. مطابق جدول 4، تیمار D8 از بیشترین مقدار انرژی خمیر پس از 45، 90 و 135 دقیقه و تیمار شاهد از کمترین مقدار آن در مقایسه با سایر تیمارها برخوردار بودند ضمن آنکه بین کلیه تیمارها و در تمام زمان های اندازه گیری اختلاف معنی دار مشاهده گردید ($p \leq 0.05$). علت نتیجه حاصل شده را می توان به ایجاد پیوندهای هیدروکسیل (OH) با اتصالات هیدروژنی بین گلوآن با پری بیوتیک های اینولین و نشاسته مقاوم نسبت داد که سبب افزایش انرژی خمیر یا سطح زیر منحنی اکستنسوگرام در مقایسه با نمونه شاهد شدند (موحد، 1390). Wang و همکاران (2002) نیز در تحقیقات خود عنوان نمودند که

پروتئین و اینولین می‌شود. همچنین Iranshahi و همکاران (2014) اعلام نمودند که مصرف اینولین سبب کاهش میزان قابلیت کشش خمیر می‌گردد.

ارزیابی نتایج آزمون عدد نسبت خمیر حاوی مقادیر مختلف اینولین و نشاسته مقاوم پس از 45، 90 و 135 دقیقه

با توجه به جدول 4، بیشترین مقدار عدد نسبت خمیر پس از 45 و 90 دقیقه، در تیمار D8 و کمترین مقدار صفت مذکور در زمان‌های مورد نظر، در تیمار شاهد اندازه‌گیری شدند. قابل توجه این که اختلاف بین تیمارها معنی‌دار بود ($p \leq 0.05$). علت نتیجه حاصل آن است که مصرف اینولین و نشاسته مقاوم در نمونه‌های خمیر، به دلیل افزایش استحکام و پایداری آن‌ها در مقایسه با خمیر شاهد، سبب افزایش عدد نسبت گردید (قمری و همکاران، 1388). همچنین گلوتهای اصلی تشکیل خمیر و ثبات آن می‌باشد وجود گروه‌های هیدروکسیل زیاد در ساختار اینولین و نشاسته مقاوم سبب تشکیل شبکه گلوتهای منظم‌تر و ساختار سه‌بعدی بیشتر آن گردیده و وجود برخی افزودنی‌ها مانند پری‌بیوتیک‌ها و فیبرها سبب بهبود خمیر گردد (Miyazaki et al., 2006). موحّد و همکاران (1392) در تحقیقات خود بیان داشتند که کاربرد پری‌بیوتیک پودر موز در خمیر سبب افزایش عدد نسبت در مقایسه با شاهد شد (موحّد و همکاران، 1392).

نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر تاثیر پری‌بیوتیک‌های اینولین و نشاسته مقاوم بر خواص رئولوژیکی خمیر نان باگت مورد بررسی قرار گرفت. طبق نتایج حاصل از تحقیق، افزودن اینولین و نشاسته مقاوم منجر به بهبود ویژگی‌های رئولوژیکی شد. اینولین و نشاسته مقاوم پراکندگی آب را در ساختار خمیر تغییر می‌دهند که دلیل آن مربوط به حضور گروه‌های هیدروکسیل در ساختار پری‌بیوتیک‌های اینولین و نشاسته مقاوم است که سبب ایجاد اتصالات هیدروژنی بیشتر بین پروتئین گلوتهای پری‌بیوتیک‌های مذکور می‌شوند. به‌گونه‌ای که در آزمون‌های فارینوگراف، با افزایش درصد هریک از پری‌بیوتیک‌های اینولین و نشاسته مقاوم، مقدار جذب آب، زمان گسترش خمیر، زمان پایداری خمیر، افزایش اما درجه نرم شدن خمیر پس از 10 و 12 دقیقه کاهش یافت. از سوی دیگر طبق آزمون‌های اکستنسوگراف، انرژی خمیر، مقاومت به کشش خمیر، عدد نسبت خمیر افزایش اما قابلیت کشش کاهش نشان داد. در بین تیمارها، تیمار ترکیبی D8 (حاوی 5 درصد اینولین و 5 درصد نشاسته مقاوم) اثر بیشتری نسبت به کاربرد جداگانه هر یک از پری‌بیوتیک‌های اینولین و نشاسته مقاوم داشت لذا می‌توان از این افزودنی‌ها به‌عنوان ترکیبات فراسودمند که ارزش غذایی و دارویی دارند بهره برد.

نتیجه حاصل آن است که آمیلوز موجود در گرانول‌های نشاسته مقاوم به هضم، شبکه پیوسته و پایداری ایجاد نمود و این امر باعث استحکام خمیرهای تولیدشده در مقایسه با شاهد گردید (Vignaux et al., 2004). همچنین افزایش مقاومت کشش خمیر در نتیجه افزایش سطوح مصرف اینولین و نشاسته مقاوم می‌تواند مربوط به برهمکنش بین اینولین و نشاسته مقاوم، با پروتئین‌های آرد باشد. در واقع برهمکنش‌های میان اینولین و نشاسته مقاوم به هضم و گلوتهای می‌توانند تمایل برای جذب و پراکندگی آب را در ساختار خمیر تغییر دهند. همچنین در خمیر معمولاً اینولین در مناطقی که آب توده وجود داشته باشد، حضور دارد (موحّد، 1390). از سوی دیگر واحدهای آمیلوز در گرانول‌های نشاسته مقاوم، در ایجاد شبکه پایدار و پیوسته موثر هستند زیرا سبب افزایش اتصالات بین واحدهای آمیلوز با پروتئین گلوتهای شده لذا مقاومت به کشش زیاد می‌شود. بررسی‌ها نشان داده که حضور گروه‌های هیدروکسیل در ساختار هرگونه فیبر رژیمی یا پری‌بیوتیک‌ها سبب ایجاد اتصالات هیدروژنی بیشتر بین $-OH$ و $-H$ از دو کربن شده و متعاقباً اتصال بیشتر با آب می‌شود که این مسئله مقاومت به کشش را زیاد می‌کند (Wang et al., 2002). در همین راستا فعل و انفعالات بین ساختار فیبرها و پلی‌ساکاریدها با پروتئین آرد نیز می‌تواند دلیلی بر افزایش مقاومت به کشش خمیر باشد (Jones & Erlander., 1967). Wang و همکاران (2002) در تحقیقی مشابه بیان نمودند که افزایش مقدار اینولین در خمیر، سبب افزایش مقاومت به کشش آن می‌شود. همچنین محبی و همکاران (1395) اعلام نمودند که استفاده از نشاسته مقاوم در خمیر در سطوح 5/5 و 8 درصد سبب افزایش مقاومت به کشش خمیر نمونه‌ها در مقایسه با نمونه شاهد شد (محبی و همکاران، 1395).

ارزیابی نتایج آزمون قابلیت کشش خمیر حاوی مقادیر مختلف اینولین و نشاسته مقاوم پس از 45، 90 و 135 دقیقه

با توجه به جدول 4، از نظر فاکتور قابلیت کشش، بین تیمارها و تیمار شاهد در هر سه بازه زمانی اختلاف معنی‌دار مشاهده شد. به‌گونه‌ای که پس از 45، 90 و 135 دقیقه، تیمار شاهد از بیشترین قابلیت کشش خمیر و تیمار D8 از کمترین مقدار صفت مذکور در زمان‌های مورد نظر برخوردار بودند ($p \leq 0.05$). دلیل افزایش استحکام و پایداری خمیر، وجود اتصالات قوی بین پروتئین گلوتهای با ترکیبات اینولین و نشاسته مقاوم می‌باشد که سبب کاهش قابلیت کشش خمیر گردیدند (Silva, 1996). نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیقات Chimrov و همکاران (1981) مشابه بود. این محققان بیان نمودند که افزودن مقادیر کم اینولین، تغییرات ناچیزی در ساختار خمیر ایجاد می‌نماید در حالیکه وجود سطوح بالای آن سبب پایداری و استحکام خمیر و کاهش قابلیت کشش آن به دلیل تشدید باندهای مختلف بین

منابع

- Abdel-Aal, E-S., Hucl, P., Chibbar, R., Han, H. and Demeke, T., 2002, Physicochemical and Structural Characteristics of Flours and Starches from Waxy and Nonwaxy Wheats 1. *Cereal Chemistry*, 79(3): 458-464.
- Afshinpajouh, R., Heydarian, S., Amini, M., Saadatmand, E. and Yahyavi, M., 2014, Studies on physical, chemical and rheological characteristics of pasta dough influenced by inulin. *African Journal of Food*, 8(1): 9-13.
- Anonymous, 2000, Approved Methods of American Association of Cereal Chemists. (10th ed), St Paul, Minn, USA.
- Anonymous, 2003, Approved Methods of American Association of Cereal Chemists. (10th ed), St Paul, Minn, USA.
- Anonymous, 2012, Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Wheat flour- Specifications and Test methods, Islamic Republic of Iran, NO 103.
- Aravind, N., Sissons, M. and Fellows, C.M., 2012, Effect of soluble fibre (guar gum and carboxymethylcellulose) addition on technological, sensory and structural properties of durum wheat spaghetti. *Food Chemistry*, 131(3): 893-900.
- Barclay, T., Ginic-Markovic, M., Cooper, P. and Petrovsky, N., 2010, Inulin A versatile polysaccharide with multiple pharmaceutical and food chemical uses. *Journal of Excipients and Food Chemistry*, 1(3): 27-50.
- Buddrick, O., Jones, O., Hughes, J., Kong, I. and Small, D., 2015, the effect of fermentation and addition of vegetable oil on resistant starch formation in wholegrain breads. *Food Chemistry*, 180: 181-185.
- Barclay, T., Ginic-Markovic, M., Cooper, P. and Petrovsky, N., 2010, Inulin – A versatile polysaccharide with multiple pharmaceutical and food chemical uses. *Journal of Excipients and Food Chemistry*, 1(3): 27-50.
- Cavallero, A., Empilli, S., Brighenti, F. and Stanca, A., 2002, High (1→3, 1→4)-beta-glucan barley ractions in bread making and their effects on human glycemic response. *Journal of Cereal Science*, 36(1): 59-66.
- Chimrov, J. I., Braudo, E. E. and Tolstoguzov, V. B., 1981, the manufacture and application of pasta as a food and as a food ingredient: A review. *Die Nahrung*, 25: 719-729.
- Costin, G. and Segal, R., 1999, Alimento funzionale, Galați Ed. Academica, 323-348.
- Frutos, M. J., Guilbert-Anton, L., Tomas-Bellido, A. and Hernandez-Herrero, J. A., 2008, Effect of artichoke (*Cynara scolymus* L.) fiber on textural and sensory qualities of wheat bread. *Food Science and Technology International*, 14(5): 49-55.
- Ghamari, M., Peighambaroust, S. H. and Reshmeh Karim, K., 2009, Application of farinograph quality number (FQN) in evaluating baking quality of wheat. *Food Research*, 6(2): 23-33.
- Gibson, G. and Roberfroid, M., 1995, Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. *Journal of Nutrition*, 125: 1401-1412.
- Hager, A., Ryan, L.A. Schwab, M.C., Jaenzle, M.G., O'Doherty, J. V. and Arendt, E.K., 2011, Influence of the soluble fibres inulin and oat beta-glucan on quality of dough and bread. *Journal of European Food Research and Technology*, 232(3): 405-413.
- Iranshahi, M., Seyedain Ardebili, S. M. and Yasini Ardakani, S. A., 2014, Effect of inulin and β -glucan on the physicochemical, rheological, and sensory properties barbari bread. *Journal of Engineering Research and Applications*, 4(6): 90-97.
- Iranshahi, M., Seyedain Ardebili, M. and Yasini Ardakani, A. 2014. Survey effect of inulin and β -glucan on barbari bread staling. *International Journal of Farming and Allied Sciences*, 9: 1039-1043.
- Jane, J., Chen, Y., Lee, L., McPherson, A., Wong, K. and Radosavljevic, M., 1999, Effects of amylopectin branch chain length and amylose content on the gelatinization and pasting properties of starch¹. *Cereal Chemistry*, 76(5): 629-637.
- Jones, R. W. and Erlander, S. R., 1967, Interactions between wheat proteins and dextrans. *Cereal Chemistry*, 44: 447-453.
- Karolini-Skaradzinska, Z., Bihuniak, P., Piotrowska, E. and Wdowik, L., 2007, Properties of dough and qualitative characteristics of wheat bread with addition of inulin. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 57(4(B)): 267-270.
- Kulamarva, A., 2005, Rheological and thermal properties of sorghum dough. MSc Thesis, Department of Bioresource Engineering, McGill University, Montreal, Canada, pp.1-94.
- Meyer, D. and Peters, B., 2009, enhancing the nutritional value of bread with inulin. *Agro Food Industry Hi-Tech*, 20(3): 48-50.
- Miyazaki, M., Van Hung, P., Maeda, T. and Morita, N., 2006, recent advances in application of modified starches for breadmaking. *Trends in Food Science and Technology*, 17(11): 591-599.
- Mohebbi, Z., Homayouni, A., Azizi, M. H., Asghari Jafarabadi, M. and Afshinpajouh, R., 2016, Influence of β - glucan and resistant starch prebiotics on dough rheology. *Journal of Food Science and Technology*, 13(50): 183-193.
- Movahhed, S., Zharfi, S. and Ahmadi Chenarbon, H., 2014, Investigation of rheological of dough and organoleptic properties of Toast bread containing Banana flour. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 9(4): 359-365.

- Movahed, S., 2011, The Science of Bread. Marz-e Danesh Press, PP. 31-35.
- Ozer, D., Akin, S. and Ozer, B., 2005, Effects of inulin and lactulose on survival of *Lactobacillus Acidophilus* LA-5 and *Bifidobacterium Bifidum* BB- 02 in *Acidophilus- Bifidus* yogurt. *Food Science and Technology International*, 11(1): 19-24.
- Rodriguez-Cabezas, M. E., Camuesco, D., Arribas, B., Garrido-Mesa, N., Comalada, M. and Bailon, E., 2010, the combination of fructooligosaccharides and resistant starch shows prebiotic additive effects in rats. *Clinical Nutrition*, 29(6): 832-839.
- Silva, R. F., 1996, Use of inulin as a natural texture modifier. *Cereal Foods World*, 41(10): 792-795.
- Skara, N., Novotni, D., Cukelj, N., Smerdel, B. and Curic, D., 2013, Combined effects of inulin, pectin and guar gum on the quality and stability of partially baked frozen bread. *Food Hydrocolloids*, 30(1): 428 - 436.
- Skendi, A., Papageorgiou, M. and Biliaderis, C. G., 2009, Effect of barley β -glucan molecular size and level on wheat dough rheological properties. *Journal of Food Engineering*, 91(4): 594-601.
- Uyeno, Y., Sekiguchi, Y. and Kamagata, Y., 2008, Impact of consumption of probiotic lactobacilli-containing yogurt on microbial composition in human feces. *International journal of Food Microbiology*, 122(1): 16-22.
- Vignaux, N., Doehlert, D. C., Hegstad, J., Elias, E. M., McMullen, M. S. and Grant, L. A., 2004, Grain quality characteristics and milling performance of full and partial waxy durum lines. *Cereal Chemistry*, 81(3): 377-83.
- Wang, R., Rosell, C. M. and Benedito de Barber, C., 2002, Effect of the addition of different fibres on wheat dough performance and bread quality. *Food Chemistry*, 79(2): 221-226.
- Zaidul, I. M., Karim, A. A., Manan, D., Ariffin, A., Norulaini, N. N. and Mohd Omar, A., 2004, A farinograph study on the viscoelastic properties of sago/wheat flour dough systems. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84: 616-22.

The Effect of Inulin and Resistant Starch on Rheological Properties of Baguette Dough

R. Moghaddasi¹, S. Movahhed^{2*}, H. Ahmadi Chenarbon³

Received: 2017.01.12

Accepted: 2017.09.20

Introduction: The rheological properties of a bread dough describe its behavior under different process conditions. They are also central to its formulation, optimization, quality control, and better process capacity. A number of additives can improve the rheological properties of dough and breads. Fiber-based compounds and prebiotics in addition to gluten and starch, which have a large tendency to absorb the flour water, can affect the moisture distribution across the dough structure. Inulin and resistant starch are two types of prebiotics. Inulin is a water-soluble dietary fiber that is not absorbed by the enzymes at the upper section of the digestive system and is partially fermented and metabolized by the microbial flora of the colon. Digestion-resistant starch is another prebiotic that acts as a food fiber and adds to the nutritional value. It can also improve the structure of the final product. In recent years, the rise in consumer awareness about health benefits of prebiotics has increased interests in functional foods particularly in bakery products. The present study qualitatively analyzed the effect of the prebiotics (*i.e.* inulin and resistant starch) on rheological properties of baguette bread doughs.

Materials and Methods: The study treatments are: Baking dough w/o inulin and resistant starch (Control); baking dough w 2.5% inulin (based on flour weight); baking dough w 5% inulin (based on flour weight); baking dough w 2.5% resistant starch (based on flour weight); baking dough w 5% inulin (based on flour weight); baking dough w 2.5% inulin + 2.5% resistant starch (based on flour weight); baking dough w 2.5% inulin + 5% resistant starch (based on flour weight); baking dough w 5% inulin + 2.5% resistant starch (based on flour weight); baking dough w 5% inulin + 5% resistant starch (based on flour weight). The treatments were rheologically tested by farinograph and extensograph after preparation. Study data were then analyzed using the completely randomized design. Means of data were also compared by Duncan's multiple-range test ($\alpha = 5\%$) in SPSS 16.

Results and Discussion: According to the results, the different levels of prebiotics (inulin and resistant starch) significantly improved dough water absorption compared to the control samples. This can be due to the presence of hydroxyl groups in the structure of the prebiotics, which increased the number of hydrogen bonds and thus water absorption in all treatments compared to the control. Moreover, these additives led to significantly higher dough development time than the control. This can be due to the hydroxyl groups in the structure of inulin and resistant starch, which increased the number of hydrogen bonds and thus cross-bonding with water. These additives also significantly increased the dough stability time compared to the control. This is a result of hydrogen attachments and hydroxyl bonding between gluten proteins (made up of glutenin and gliadin) and the prebiotics (inulin and resistant starch) that in turn improved the stability and strength of the doughs. As the dough stability increased, the dough softening degree after 10 and 12 minutes was also reduced, which was due to the hydrogen bonds resulting from hydroxyl cross-links of gluten with inulin and resistant starch. Note that the quality index increased when the stability and strength were improved compared to the control dough. According to the results, by adding different levels of inulin and resistant starch, the dough energy risen higher than the control sample after 45, 90 and 135 minutes. This is again due to (OH) hydroxyl bonds with hydrogen attachments between glutes and the prebiotics. In this regard, the highest resistance to extension after 45, 90 and 135 min was recorded for the treatments containing inulin and resistant starch whereas its lowest value was recorded for the control. This is due to the stable continuous lattice made by amylose in resistant starch granules, which led to the higher strength of other treatments than the control. Additionally, the increased dough resistance to extension can be due to the interaction of inulin and resistant starch with flour proteins. Regarding extensibility, significant differences were observed between the treatments and the control within all three time

1. M.Sc Student, Department of Food Science, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.

2. Associated Professor, Department of Food Science, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.

3. Assistant Professor, Department of Agronomy, Varamin - Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.

(*Corresponding author's email: movahhed@iauvaramin.ac.ir)

intervals. Accordingly, after 45, 90 and 135 min, the control treatment had the highest extensibility whereas the treatment with 5% inulin + 5% resistant starch (based on flour weight) had the lowest level of this parameter within these times. The increases in strength and stability of the doughs were caused by strong links between glutens and these prebiotics, which reduced the dough extensibility. The results showed that the highest dough ratio number after 45, 90 and 135 min belonged to the treatment with 5% inulin + 5% resistant starch (based on flour weight). The lowest ratio number was recorded for the control in these time periods. The gluten was the main factor behind dough stability. The large amount of hydroxyl groups in the structure of inulin and resistant starch led to formation of a better structured three-dimensional gluten lattice. In general, by taking all parameters into account, the treatment with 5% inulin + 5% resistant starch was selected as the best treatment.

Keywords: Inulin, Resistant Starch, Prebiotics, Dough Rheology.

Iranian Food Science and Technology Research Journal

Vol. 14

No. 2

2018

Published by: Ferdowsi University of Mashhad

Executive Manager: Shahnoushi, N.

Editor-in-Chief: Razavi, Seyed M. A.

Executive Director: Taghizadeh, M.

Editorial Board:

Ehsani, M.R.	Prof. in Dairy Technology
Farahnaki, A.	Assoc. Prof. in Food Engineering
Farhoosh, R.	Prof. in Food Chemistry
Fazli Bazzaz, S.	Prof. in Microbiology
Habibi najafi, M.	Prof. in Microbiology
Kadivar, M.	Assoc. Prof. in Food Chemistry
Kashaninejad, M.	Assoc. Prof. in Food Engineering
Khomeiri, M.	Assoc. Prof. in Microbiology
Khosroshahi, A.	Prof. in Dairy Technology
Mortazavi, Seyed A.	Prof. in Microbiology and Biotechnology
Pourazerang, H.	Prof. in Food Chemistry
Razavi, Seyed M. A.	Prof. in Food Engineering
Sahari, M. A.	Prof. in Food Chemistry
Sedaghat, N.	Assoc. Prof. in Food Packaging
Shahidi, F.	Prof. in Microbiology
Varidi, M.J.	Assoc. Prof. in Food technology

Printed by: Ferdowsi University of Mashhad Press, Iran.

Address: The Iranian Food Science & Technology Research Journal, Scientific Publication Office, Food Science and Technology Department, Agriculture Faculty, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

P.O.BOX: 91775- 1163

Phone: (98)511-8795618-20(321)

Fax: (98)511-8787430

E-Mail: ifstrj@um.ac.ir

Web Site: http://jm.um.ac.ir/index.php/food_tech/index

This journal is indexed in ISC, SID, and MAGIRAN.

Contents

Effect of pomegranate peel, guar gum and hemicellulase enzyme on the properties of gluten- free sponge cake based on wheat starch	228
S. Etezazian, M. Fazel, H. Abbasi	
Study on the changes of approximate composition and physical parameters of nugget of silver carp (<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>) during the initial frying in several vegetable oils at different temperature levels	241
S. M. Ojagh, B. Shabanpour, A. Jamshidi, A. Siyamiyan	
Optimization of production of bioactive peptides through the enzymatic hydrolysis of bee pollen protein by Alcalase and comparison with the royal jelly	257
A. Maqsoudlou, A. Sadeghi Mahoonak, M. Ghorbani, F. Toldra	
Effect of Sourdough and α-amylase on qualitative properties of toast bread	272
R. Nejatbakhsh, S. Movahhed, H. Ahmadi Chenarbon	
Antibacterial activity and physico-chemical analysis of several types of honey with different floral origins in the Golestan province	282
S. Hizomi Shirejini, H. Koohsari, S.Z. Seyyed Alangi	
Foam mat drying of banana milk using microwave and evaluation of resulting powders's properties	296
F. Pourhaji, F. Tabatabaei Yazdi, S. A. Mortazavi, M. Mohebbi, M. Mazaheri Tehrani	
Anti-oxidative effects of normal and encapsulated extract of Fleawort (<i>Plantago ovate</i>) on the oxidative stability of a food model system (sunflower oil)	306
M. Shamloofar, Z. Ghiasvand, E. Payandan	
The effects of edible coatings of chitosan, sodium alginate and whey protein concentrate on the shelflife of Rajabali variety apricots	320
M. Abedian, S.H. Ziaolhagh, A. Najafi	
Effects of different concentrations of maltodextrin and drying temperatures of spray drying process on physicochemical properties of encapsulated Sumac extract	334
N. Malekizadeh, S. H. Peighambardoust, A. Olad Ghaffari, Kh.Sarabandi	
Investigating the application of gel emulsifiers to reduce fat acidity in layered cake	346
R. Bazrafshan, S. H. Peighambardoust, A. Olad Ghaffari	
Preparation of anti-Listeria films by using methyl cellulose, sodium caseinate biopolymers and <i>Lactobacillus casei</i> PTCC 608	357
H. Ghayoomi, M. A. Najafi, N. Soltani Tehrani, M. Rahnama	
Synergistic effect of Basil and Tragacanth native gums on improving the quality and shelf life of frozen part baked Barbari bread	369
Z. Sheikholeslami, M. Karimi, T. Hejrani, M. Ghiafeh Davoodi, H. Fatemian	
The effect of active and edible starch-chitosan composite film incorporated with thymus kotschyanus essential oil and punica granatum peel extracts on shelf life of meat during storage	382
T. Mehdizadeh, H. Tajik, A.Mojaddar Langroodi	
Fractional conversion modeling of color changes in apple during simultaneous dry-blanching and dehydration process using intermittent infrared irradiation	397
H. Sabbaghi, A. Mohammad Ziaiiifar, M. Kashaninejad	
The effect of different Nanoliposomal Formulation on Encapsulation and Stabilization of Curcumin	410
M. Ravaghi, A. Maria Fadda	
Effects of active gluten and hemicellulase enzyme on improvent of qualittative properties of fortified cake with sprouted lentil	426
F. Bahrami Maghsudbeki, H. Abbasi, M. Goli	
Study on the effects of different parameters on physicochemical and thermal properties of Kabkab date powder: Optimization of the temperature effect and anti-sticking agents	438
N. Abdi, N. Maftoonazad, A. Heidarinasab, F. Badii	
The Effect of Inulin and Resistant Starch on Rheological Properties of Baguette Dough	449
R. Moghaddasi, S. Movahhed, H. Ahmadi Chenarbon	



Vol.14 No.2
2018

Iranian Food Science and Technology Research Journal



ISSN:1735-4161

Contents

Effect of pomegranate peel, guar gum and hemicellulase enzyme on the properties of gluten- free sponge cake based on wheat starch.....	228
S. Etezazian, M. Fazel, H. Abbasi	
Study on the changes of approximate composition and physical parameters of nugget of silver carp (<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>) during the initial frying in several vegetable oils at different temperature levels.....	241
S. M. Ojagh, B. Shabanpour, A. Jamshidi, A. Siyamiyan	
Optimization of production of bioactive peptides through the enzymatic hydrolysis of bee pollen protein by Alcalase and comparison with the royal jelly	257
A. Maqsoudlou, A. Sadeghi Mahoonak, M. Ghorbani, F. Toldra	
Effect of Sourdough and α -amylase on qualitative properties of toast bread.....	272
R. Nejabatbakhsh, S. Movahhed, H. Ahmadi Chenarbon	
Antibacterial activity and physico-chemical analysis of several types of honey with different floral origins in the Golestan province	282
S. Hizomi Shirejini, H. Koohsari, S.Z. Seyyed Alangi	
Foam mat drying of banana milk using microwave and evaluation of resulting powders's properties	296
F. Pourhaji, F. Tabatabaei Yazdi, S. A. Mortazavi, M. Mohebbi, M. Mazaheri Tehrani	
Anti-oxidative effects of normal and encapsulated extract of Fleawort (<i>Plantago ovate</i>) on the oxidative stability of a food model system (sunflower oil).....	306
M. Shamloofar, Z. Ghiasvand, E. Payandan	
The effects of edible coatings of chitosan, sodium alginate and whey protein concentrate on the shelflife of Rajabali variety apricots.....	320
M. Abedian, S.H. Ziaolhagh, A. Najafi	
Effects of different concentrations of maltodextrin and drying temperatures of spray drying process on physicochemical properties of encapsulated Sumac extract.....	334
N. Malekizadeh, S. H. Peighambardoust, A. Olad Ghaffari, Kh.Sarabandi	
Investigating the application of gel emulsifiers to reduce fat acidity in layered cake.....	346
R. Bazrafshan, S. H. Peighambardoust, A. Olad Ghaffari	
Preparation of anti-Listeria films by using methyl cellulose, sodium caseinate biopolymers and <i>Lactobacillus casei</i> PTCC 608.....	357
H. Ghayoomi, M. A. Najafi, N. Soltani Tehrani, M. Rahnema	
Synergistic effect of Basil and Tragacanth native gums on improving the quality and shelf life of frozen part baked Barbari bread	369
Z. Sheikholeslami, M. Karimi, T. Hejrani, M. Ghiafeh Davoodi, H. Fatemian	
Continue Content in cover	