

شاپا: ۴۱۶۱-۱۷۳۵

شماره پیاپی ۶۱

عنوان مقالات

- پیش‌بینی پذیرش کلی میوه موز با استفاده از پردازش تصاویر دیجیتالی و مدل رگرسیون فرآیند گاوسی
در خلال انبارمانی ۱۷۱
شیما نصیری - سامان آبدانان مهدی‌زاده - مریم نداف‌زاده
- تأثیر محلول‌های نمک و شکر بر روی خصوصیات کیفی، میکروبی و حسی فیش فینگر
ماهی فیتوفاگ (*Hypophthalmichthys molitrix*) طی نگهداری در یخچال (4°C) ۱۹۳
مهری ذوالفقاری - اسحق زکی‌پور رحیم‌آبادی - مهین ریگی - مجید علیپور
- بررسی اثر سطوح مختلف ریز جلبک *اسپروولینا پلاتنسیس* بر ویژگی‌های تغذیه‌ای، فیزیکوشیمیایی و
حسی کیک اسفنجی ۲۰۷
نگین زنگنه - حسن برزگر - بهروز عزیزاده بهبهانی - محمدامین مهرنیا
- تعیین ترکیبات شیمیایی، ویژگی‌های ضد اکسایشی و فعالیت ضد میکروبی اسانس دانه گشنیز بر تعدادی
از میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا ۲۲۱
مرضیه امیدی میرزائی - محمد حجتی - بهروز عزیزاده بهبهانی - محمد نوشاد
- اثر نیتریک اکسید و دما بر حفظ کیفیت آریل انار رقم ملس ۲۳۵
مریم ماندگاری - عبدالمجید میرزا علیان دستجردی - لاله مشرف - مریم تاتاری
- بررسی اثرات فرمولاسیون، نوع پوشش و شرایط بسته‌بندی بر میزان آب‌اندازی ژامبون گوشت و مرغ
طی دوره نگهداری ۲۵۱
اسماعیل خزایی - میرخلیل پیروزی فرد - فریا زینالی - محمد عزیزاده خالدآبادی
- بررسی تأثیر فرایند هیدروترمال بر خواص رئولوژیکی بتاگلوکان یولاف ۲۷۱
اعظم ستاری - جعفر محمدزاده میلانی - زینب رفتی امیری - علی پاک‌دین پاریزی
- تأثیر عصاره زنجبیل، اسید سیتریک و اولتراسوند بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی گوشت شتر ۲۸۷
فروزان جعفری - نفیسه زمین‌دار - محمد گلی - زهرا قربانی
- امکان‌سنجی تولید دسر لبنی حاوی شیر انگور و ارزیابی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، میکروبی و حسی آن ۳۰۱
لیلا محصولی - حنان لشکری
- درون‌پوشانی عصاره چغندر قرمز توسط حامل‌های مالتودکسترین و ایزوله پروتئین آب‌پنیر با استفاده از
خشک‌کن‌های پاششی و انجمادی ۳۱۳
مهسا فریدنیا - علی محمدی‌ثانی - مسعود نجف‌نجنفی

ادامه فهرست داخل جلد

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 1399

شماره 2

جلد 16

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 فریده طباطبایی

اعضای هیئت تحریریه:

دکتر سید علی مرتضوی

دکتر فخری شهیدی

دکتر محمداقبر حبیبی نجفی

دکتر مرتضی خمیری

دکتر سید محمد علی رضوی

دکتر رضا فرهوش

دکتر بی بی صدیقه فضلای بزاز

دکتر مهدی کاشانی نژاد

دکتر آرش کوچکی

دکتر محبت محبی

دکتر بابک قنبرزاده

دکتر ایران عالمزاده

دکتر قدیر رجبزاده اوغاز

دکتر مهیار حیدرپور

دکتر حمید بهادر قدوسی

دکتر کیانوش خسروی

دکتر مرتضی عباسزادگان

دکتر محمدمامین محمدیفر

دکتر منوچهر وثوقی

استاد، میکروبیولوژی و بیوتکنولوژی، دانشگاه فردوسی مشهد

استاد، میکروبیولوژی مواد غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد

استاد، میکروبیولوژی، دانشگاه فردوسی مشهد

دانشیار، میکروبیولوژی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

استاد، مهندسی و خواص بیوفیزیک مواد غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد

استاد، شیمی مواد غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد

استاد، میکروبیولوژی، دانشکده داروسازی دانشگاه علوم پزشکی مشهد

استاد، مهندسی مواد غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

استاد، تکنولوژی مواد غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد

استاد، مهندسی مواد غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد

استاد، مهندسی مواد غذایی، دانشگاه تبریز

استاد، بیوتکنولوژی مواد غذایی، دانشگاه صنعتی شریف

دانشیار، نانو فناوری مواد غذایی، مؤسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی

دانشیار، زیست مولکولی، دانشکده پزشکی هاروارد

دانشیار، میکروبیولوژی غذایی، دانشگاه متروپولیتن لندن

استاد، بیوتکنولوژی مواد غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

استاد، ویروس شناسی، دانشگاه آریزونا

استاد، مهندسی مواد غذایی، دانشگاه دانمارک

استاد، بیوتکنولوژی مواد غذایی، دانشگاه صنعتی شریف

چاپ: چاپخانه دانشگاه فردوسی مشهد

ناشر: دانشگاه فردوسی مشهد

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.

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

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مندرجات

- 171 پیش‌بینی پذیرش کلی میوه موز با استفاده از پردازش تصاویر دیجیتالی و مدل رگرسیون فرآیند گاوسی در خلال انبارمانی
شیمای نصری - سامان آبدانان مهدی‌زاده - مریم نداف‌زاده
- 193 تاثیر محلول‌های نمک و شکر بر روی خصوصیات کیفی، میکروبی و حسی فیش فینگر ماهی فیتوفاک
(*Hypophthalmichthys molitrix*) طی نگهداری در یخچال (4°C)
مهری ذوالفقاری - اسحق زکی پور رحیم‌آبادی - مهین ریگی - مجید علیپور
- 207 بررسی اثر سطوح مختلف ریز جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* بر ویژگی‌های تغذیه‌ای، فیزیکوشیمیایی و حسی کیک اسفنجی
نگین زنگنه - حسن برزگر - بهروز علیزاده بهبهانی - محمدامین مهرنیا
- 221 تعیین ترکیبات شیمیایی، ویژگی‌های ضد اکسایشی و فعالیت ضد میکروبی اسانس دانه گشنیز بر تعدادی از میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا
مرضیه امیدی میرزائی - محمد حجتی - بهروز علیزاده بهبهانی - محمد نوشاد
- 235 اثر نیتریک اکسید و دما بر حفظ کیفیت آریل انار رقم ملس
مریم ماندگاری - عبدالمجید میرزا علیان دستجردی - لاله مشرف - مریم تاتاری
- 251 بررسی اثرات فرمولاسیون، نوع پوشش و شرایط بسته‌بندی بر میزان آب‌اندازی ژامبون گوشت و مرغ طی دوره نگهداری
اسماعیل خزایی - میرخلیل پیروزی فرد - فریبا زینالی - محمد علیزاده خالدآبادی
- 271 بررسی تأثیر فرایند هیدروترمال بر خواص رئولوژیکی بتاگلوکان بولاف
اعظم ستاری - جعفر محمدزاده میلانی - زینب رفتنی امیری - علی پاکدین پاریزی
- 287 تأثیر عصاره زنجبیل، اسید سیتریک و اولتراسوند بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی گوشت شتر
فروزان جعفری - نفیسه زمین‌دار - محمد گلی - زهرا قربانی
- 301 امکان‌سنجی تولید دسر لبنی حاوی شیر انگور و ارزیابی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، میکروبی و حسی آن
لیلا محصولی - حنان لشکری
- 313 درون‌پوشانی عصاره چغندر قرمز توسط حامل‌های مالئودکسترین و ایزوله پروتئین آب‌پنیر با استفاده از خشک‌کن‌های پاششی و
انجمادی
مهسا فریدنیا - علی محمدی‌ثانی - مسعود نجف‌نجفی
- 323 هدایت الکتریکی شیر بازساخته تحت تأثیر دما و درصد ترکیبات
حیدر ناصری - عیسی حزب‌اوی - فیضاله شهیازی
- 331 مطالعه تجربی و بررسی عملکرد شبکه‌های عصبی MLP و RBF برای مدل‌سازی فرآیند خشک شدن شلتوک در خشک‌کن
مایکروویو
محمدابراهیم محمدپور میر - سارا نانوآکناری - کامیار موقرنژاد

پیش‌بینی پذیرش کلی میوه موز با استفاده از پردازش تصاویر دیجیتالی و مدل رگرسیون فرآیند گاوسی در خلال انبارمانی

شیمیا نصیری¹ - سامان آبدانان مهدی‌زاده^{2*} - مریم نداف‌زاده³

تاریخ دریافت: 1398/01/13

تاریخ پذیرش: 1398/04/17

چکیده

توسعه نقاط قهوه‌ای رنگ تأثیر قابل توجهی بر بافت، رنگ و طعم میوه موز دارد به‌طوری که ظهور این لکه‌ها کیفیت میوه را کاهش داده و بازاریابی آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در این پژوهش تغییرات مجموعه‌ای از پارامترهای رنگی (قرمز (R)، سبز (G)، آبی (B)، عامل روشنایی (L)، تغییرات رنگ از سبز به قرمز (a)، تغییرات رنگ از آبی به زرد (b)، فام رنگ (h)، اشباع (s)، مقدار روشنایی (v)، کروما (C)، زاویه شیب نمودار دستگاه مختصات دوبعدی a و b در فضای رنگی Lab (H)، ابعادی (قطر، شعاع انحناء، طول بزرگ و طول کوچک) و شیمیایی (کل مواد جامد محلول (TSS)، pH و اسیدیته کل قابل تیتراسیون) 5 گروه میوه موز (متفاوت از لحاظ شکل ظاهری) در روزهای صفر، 2، 4 و 6 (بعد از انبارمانی) مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه نشان داده شد که با به‌کارگیری پارامترهای غیرمخرب در توسعه مدل رگرسیون فرآیند گاوسی (GPR)، کیفیت میوه موز و همچنین میزان بازاریابی (پذیرش کلی میوه) آن در خلال انبارمانی قابل ارزیابی و پیش‌بینی (با ضریب همبستگی 0/91، MAPE (20/47)، RMSE (0/43)، SRE (0/71) و RAV (0/20)) است؛ بدین ترتیب با استفاده از روش پیشنهاد شده در این تحقیق می‌توان مطابق با تقاضای مصرف‌کننده، محصول مورد نیاز را به بازار عرضه نمود و از این طریق هزینه‌های اقتصادی را به‌طور چشمگیری کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: انبارمانی، پذیرش کلی میوه، پردازش تصاویر دیجیتالی، رگرسیون فرآیند گاوسی، موز

مقدمه

موز با نام تجاری *Musa Cavendishii* در مناطق گرمسیری که از رطوبت مطلوبی برخوردار هستند، کشت می‌شود. این گیاه که بومی مناطق حاره‌ای جنوب شرق آسیا، شبه جزایر مالزی و استرالیا می‌باشد پس از برنج، گندم و ذرت به‌عنوان چهارمین محصول مهم غذایی در جهان شناخته شده است (Singh et al., 2010). در ایران نیز این میوه مفید و مغذی در مناطق بلوچستان و هرمزگان کشت و تولید گسترده‌ای دارد. کیفیت این محصول تحت تأثیر عوامل مختلفی مانند عوامل بیولوژیکی و زیست محیطی، روش‌های برداشت و جابه‌جایی محصول، طول دوره و نوع انبارداری است که گاهی سبب پیامدهای اقتصادی قابل توجهی می‌شوند.

در سال‌های اخیر به‌منظور بررسی کیفیت و طبقه‌بندی محصولات کشاورزی، سیستم‌های مختلفی مبتنی بر تکنولوژی بینایی کامپیوتر به‌طور گسترده مورد توجه قرار گرفتند. این سیستم‌ها به‌عنوان یک روش تجزیه و تحلیل کامپیوتری تصویر شناخته شده و در سنجش کیفیت بصری محصولات مختلف عملکرد موفقی داشته‌اند. برای اولین بار از سیستم بینایی ماشین برای شمارش تعداد پاپایا (Riyadi et al, 2007)، انگور (Rodriguez et al, 2012) و ارزیابی کیفیت خوجه خرما (Roseleena et al, 2011) استفاده کردند.

در چند دهه گذشته مطالعات متعددی در زمینه فرآیند قهوه‌ای شدن برخی از محصولات کشاورزی نظیر موز، سیب، گلابی و آووکادو با کمک پردازش تصویر صورت پذیرفته است. Quevedo و همکاران (2009) برای توصیف آنزیم‌های قهوه‌ای در برش موز از اطلاعات رنگی به‌دست آمده از تصاویر دیجیتال استفاده کردند. Yoruk و همکاران (2004) سطوح رنگی غیرهمگن را در نمونه‌های سیب طی واکنش قهوه‌ای شدن آنزیمی تخمین زدند. این محققان از اطلاعات فضای رنگی RGB در سطح محصول به‌جای اطلاعاتی که از ارزیابی تغییرات زمانی در طیف رنگی حاصل می‌شد، استفاده نمودند. همچنین

1 و 2 - به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار، گروه مکانیک بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ایران.

3 - دانشجوی دکتری، گروه مکانیک بیوسیستم، دانشگاه تربیت مدرس تهران.
(*-نویسنده مسئول: Email: saman.abdanan@gmail.com)

DOI: 10.22067/ifsstrj.v16i2.79904

(2012)، همچنین در یک مطالعه با ارزیابی تأثیر بلوغ در عمر مفید و تغییرات کیفیت در موز به هنگام ذخیره‌سازی و نگهداری در شرایط محیطی نشان داده شد که میوه‌های برداشت شده در درجه بلوغ پایین دارای زندگی سبز طولانی‌تری هستند (Narayana and Mustafa, 2006)، لذا با توجه به اینکه میوه موز از نظر ابعاد و شکل بسیار متنوع می‌باشد، هدف از مطالعه حاضر بررسی تغییرات پارامترهای رنگی، ابعادی و شیمیایی چندین گروه میوه موز (متفاوت از لحاظ شکل ظاهری) و همچنین میزان بازارپسندی هر شکل و ابعادی در مدت زمان معین با استفاده از ترکیب روش‌های غیرمخرب (تکنیک پردازش تصویر و اندازه‌گیری‌های دستی) و مخرب در نظر گرفته شد. در روش پیشنهادی از طریق مقایسه پارامترهای استخراج شده از روش‌های مخرب و غیرمخرب با نتایج آزمون حسی، یک مدل رگرسیونی برای پیش‌بینی کیفیت میوه موز در طول دوره انبارمانی و بازارپسندی آن توسعه یافت. بنابراین با استفاده از مدل رگرسیونی پیشنهادی، موزهایی که دلخواه مصرف‌کننده هستند سفارش داده می‌شوند و بدین ترتیب می‌توان در هزینه‌های اقتصادی به‌طور قابل ملاحظه‌ای صرفه‌جویی نمود.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش 100 عدد موز در 5 گروه مختلف که از نظر شکل و اندازه با یکدیگر متفاوت بودند به‌صورت تازه و همزمان با هم از بازار تهیه و در دمای محیط (25 درجه سانتی‌گراد) به دور از نور مستقیم، به مدت 7 روز نگهداری شدند (شکل 1). در این مطالعه، شکل ظاهری و میزان انحنای موزها به‌عنوان معیارهای دسته‌بندی گروه‌های انتخابی (5 گروه مختلف موز) در نظر گرفته شدند. بر این اساس موزهای گروه A دارای اندازه کوچک و انحنای کم بودند و در گروه B در مقایسه با گروه A، موزها از انحنای بیشتری برخوردار بودند. انحنای نمونه‌ها در گروه C زیاد و از لحاظ اندازه متوسط در حالی که اندازه موزهای گروه D بزرگ بود اما انحنای کمی داشتند. ویژگی‌های گروه E نیز همانند گروه D بود اما میزان انحنای در این گروه (گروه E) مقدار بیشتری داشت. در مدت انبارمانی، از هر گروه به‌صورت یک روز در میان (روزهای صفر (شاهد)، دوم، چهارم و ششم)، 5 عدد نمونه انتخاب و پس از اخذ تصویر و اندازه‌گیری‌های دستی تحت آزمایش‌های مخرب (روش آزمایشگاهی) و آزمون‌های حسی قرار می‌گرفتند.

سامانه عکس برداری و پردازش تصویر

به‌منظور عکس‌برداری، هر یک از نمونه‌ها درون جعبه‌ای چوبی به ابعاد طول، عرض و ارتفاع 25 سانتی‌متر قرار داده می‌شد. این جعبه به‌گونه‌ای طراحی شده بود که در قسمت بالایی آن یک دوربین دیجیتال (CASIO، Exilim EX-ZR700، 16 مگا پیکسل، ژاپن)

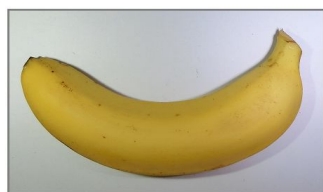
سلطانی کاظمی و همکاران (1396) از پردازش تصاویر دیجیتالی و آنالیز رگرسیونی چندگانه برای برآورد میزان دو آنزیم PPO و POD موز در طول دوره انبارمانی استفاده کردند. در این پژوهش طبق نتایج به دست آمده از همبستگی ($POD=90/3\%$ و $PPO=89/6\%$) نشان داده شد که پردازش تصاویر دیجیتالی و رگرسیون چندگانه در پیش‌بینی آنزیم‌های PPO و POD دارای عملکرد مطلوب و قابل قبولی می‌باشند. در همین راستا Quevedo و همکاران (2008) به‌منظور تعیین لکه‌های قهوه‌ای بر روی میوه موز، مقدار فرکتال به‌دست آمده از طریق روش تجزیه و تحلیل تبدیل فوریه بافت فرکتال را ارزیابی کردند. مطابق نتایج این پژوهش مشخص گردید که مقدار فرکتال با گذشت زمان افزایش می‌یابد. Mendoza و Aguilera (2004) با استفاده از تکنیک پردازش تصویر عمل شناسایی مراحل رسیدن موز را بر اساس ویژگی‌های رنگی، بافتی و شناسایی نقاط قهوه‌ای با دقت 98% انجام دادند. Nadafzadeh و همکاران (2018) نیز با به‌کارگیری پارامترهای غیرمخرب به‌عنوان ورودی‌های یک مدل غیرخطی ریاضی و همچنین با استفاده از GP^1 ، معادلاتی را به‌منظور پیش‌بینی و بررسی تغییرات فعالیت آنزیم‌های پلی‌فنول اکسیداز (PPO) و پراکسیدازها (POD) طی فرآیند قهوه‌ای شدن پوست موز توسعه دادند. در این پژوهش ضرایب همبستگی بین مقادیر اندازه‌گیری شده (از طریق روش آزمایشگاهی) و مقادیر پیش‌بینی شده (توسط مدل طراحی شده) برای دو آنزیم PPO و POD به‌ترتیب برابر 0/98 و 0/97 بود. از آنجایی که موز یک میوه فرازگرا است، به همین خاطر در مرحله بلوغ چیده می‌شود. تاکنون تحقیقات بسیاری پیرامون ارزیابی بلوغ میوه موز با استفاده از روش پردازش تصویر انجام پذیرفته است؛ به‌عنوان نمونه، Probha و Kumar (2015) از ویژگی‌های رنگی و ابعادی میوه موز برای دسته‌بندی رده‌های زیر بالغ، بالغ و بیش از حد بالغ استفاده کردند. طبق این تحقیق مشخص گردید که ویژگی‌های رنگی استخراج شده از تصویر نسبت به سایر ویژگی‌ها در تشخیص مراحل مختلف رسیدگی موز مؤثرتر هستند. Cano و همکاران (1990) نیز تأثیر بلوغ و واکنش حرارتی میوه موز را قبل از اعمال فرآیند انجماد مورد بررسی قرار دادند. این محققین نشان دادند که تیمارها بر اساس سیستم آنزیمی PPO، POD و سطح بلوغ موز در مدت آزمایشات اثر متفاوتی را از خود بروز می‌دهند. نهایتاً بر اساس این مشاهدات، مرحله مناسب بلوغ مشخص گردید. در پژوهشی دیگر با بررسی فرآیند رسیدن میوه موز مشاهده شد که پارامتر TSS^2 و استحکام میوه موز در طول این فرآیند دارای روابط چند جمله‌ای هستند اما تغییر رطوبت در مراحل مختلف بلوغ، یک رابطه خطی را به دنبال دارد (Rajkumar et al.,

1 Genetic Programming

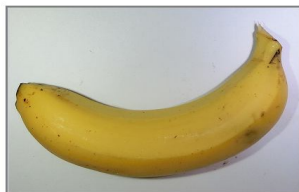
2 Total Suspended Solids

با انتقال تصاویر به رایانه عملیات پردازش تصویر با استفاده از نرم‌افزار Matlab R2017a انجام پذیرفت.

بین دو عدد لامپ LED 50 وات جهت نورپردازی فضا قرار داشت. پس از اخذ تصاویر توسط دوربین که عمود بر سطح تصویربرداری بود



(گروه A)



(گروه B)



(گروه C)



(گروه D)



(گروه E)

شکل 1- نمایش شکل ظاهری 5 گروه انتخابی A، B، C، D و E

به دو فضای رنگی Lab و hsv منتقل شدند (Gonzalez et al., 2009). در فضای رنگی Lab، کانال L یک عامل روشنایی است؛ a و b به ترتیب، توصیف‌گر رنگ از سبز به قرمز و از آبی به زرد هستند. فضای رنگی hsv نیز شامل اجزای فام، اشباع و مقدار (روشنایی) است (Garcia-Mateos et al., 2015). لازم به ذکر است که علاوه بر 9 مختصه رنگی مربوط به 3 فضای رنگی پیشنهادی، دو پارامتر رنگی C و H نیز از فضای Lab با استفاده از روابط 1 و 2 به دست آورده شدند (نداف‌زاده و آبدانان مهدی‌زاده، 1396).

$$C = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (1)$$

$$H = a \tan \left(\frac{b}{a} \right) \quad (2)$$

در روابط فوق a بیانگر رنگ از سبز به قرمز و b بیانگر رنگ از آبی به زرد می‌باشند.

اندازه‌گیری پارامترهای ابعادی

در این مطالعه پارامترهای ابعادی شعاع انحناء، قطر، طول بزرگ و طول کوچک بر اساس واحد پیکسل از تصویر منطقه موز استخراج شدند؛ سپس بعد از انجام فرآیند کالیبراسیون، این پارامترها بر حسب میلی‌متر گزارش گردیدند. در این تحقیق به منظور انجام کالیبراسیون،

شکل 2 روند کلی پیش‌بینی پذیرش کلی میوه موز توسط سامانه پیشنهاد شده را نشان می‌دهد. بدین منظور پس از اخذ تصویر نمونه در شرایط ثابت نورپردازی، عملیات پیش‌پردازش مانند بهبود و بارزسازی تصویر، حذف نویز به روش باز کردن ناحیه¹ و اجرای فرآیند بخش‌بندی تصویر با استفاده از روش آستانه‌گذاری تطبیقی اتسو² صورت گرفت (Gonzalez et al., 2004). سپس در نهایت 11 پارامتر رنگی (R، G، B، a، b، s، h، v، C و H) و 4 پارامتر ابعادی (قطر، شعاع انحناء، طول بزرگ و طول کوچک) از هر تصویر موز استخراج شدند. لازم به ذکر است که برای محاسبه پارامترهای ابعادی از یک الگوریتم نقطه‌یابی جهت یافتن نقاط اصلی واقع در ابتدا و انتهای موز (سر و دم موز) و همچنین معادله خط حاکم بر نقاط میانی استفاده شد.

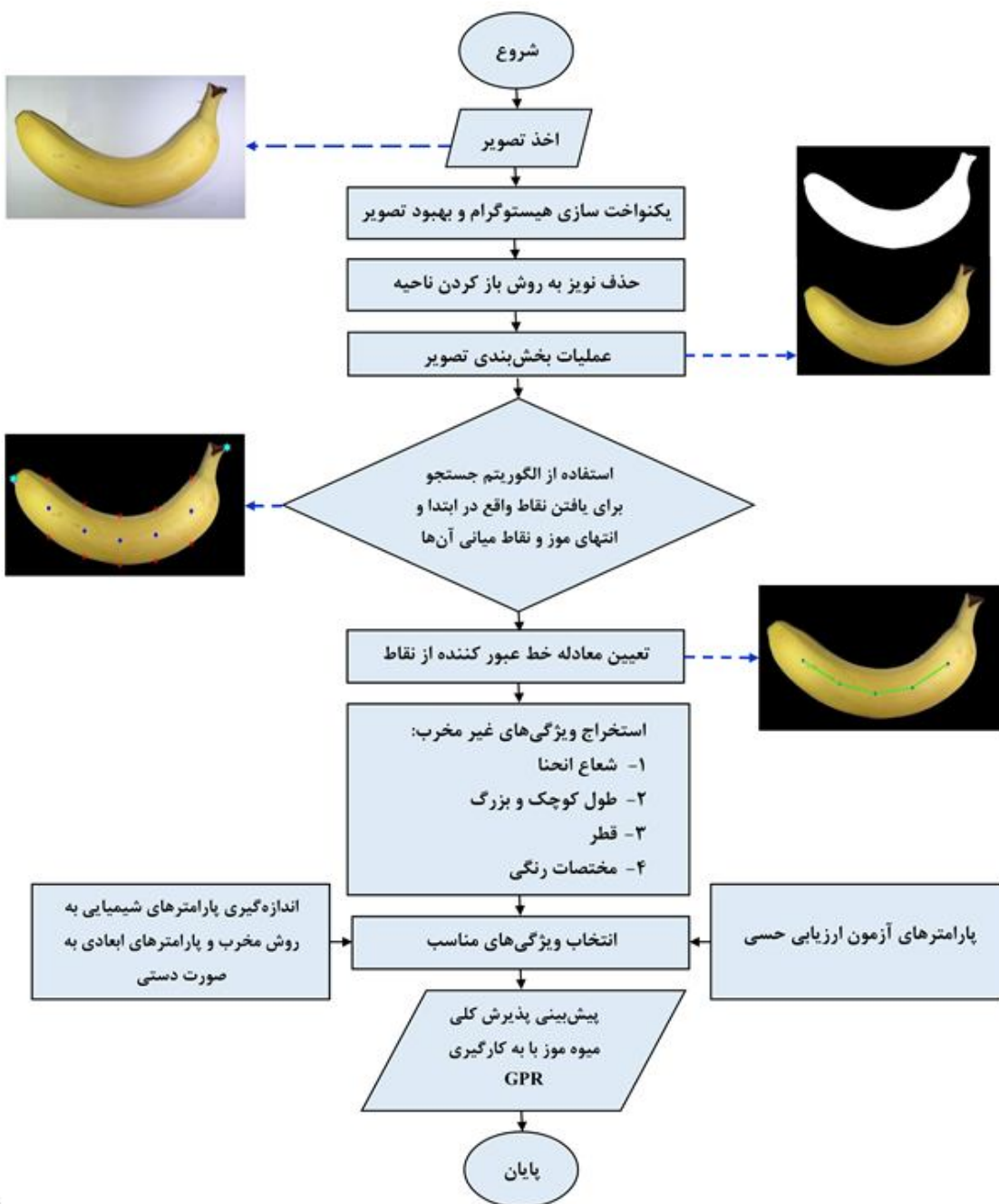
فضاهای رنگی RGB، Lab و hsv

در این پژوهش بعد از اخذ تصاویر در فضای رنگی RGB (R) متوسط پارامترهای رنگی قرمز [0، 255]، B متوسط پارامترهای رنگی سبز [0، 255] و G متوسط پارامترهای رنگی آبی [0، 255] تصاویر

1 Area opening
2 Otsu

شد. پس از آن، با ضرب مقادیر پارامترهای استخراج شده از تصاویر موز در نسبت اندازه واقعی طول خطکش (برحسب میلی‌متر) به طول استخراج شده آن از تصویر (برحسب پیکسل)، فرآیند کالیبراسیون (تبدیل کمیت پیکسل به میلی‌متر) انجام پذیرفت.

ابتدا تصویر یک خطکش با طول معین (برحسب میلی‌متر) تحت شرایط ثابت نورپردازی توسط دوربینی که در همه مراحل آزمایشات در یک فاصله ثابت نسبت به سطح تصویربرداری قرار داشت، اخذ گردید. سپس از طریق پردازش تصویر توسط نرم‌افزار Matlab R2017a، طول این خطکش برحسب پیکسل از تصویر استخراج



شکل 2. دیاگرام روندنمای پردازش تصویر

رگرسیون فرآیند گاوسی (GPR²)

فرآیند گاوسی (GP)، مجموعه‌ای از متغیرهای تصادفی است که هر کدام از آن‌ها دارای توزیع گاوسی مشترک هستند. تحلیل رگرسیون فرآیند گاوسی (GPR) راهی برای دسته‌بندی داده‌ها بر اساس ساختارهایی که در آن‌ها تعبیه شده است، فراهم می‌کند. در فرآیند گاوسی (GP) تابعی با عنوان تابع توزیع f تعریف می‌شود. در این فرآیند f نگاهی از فضای ورودی X به فضای R است و برای هر زیر مجموعه متناهی از X ، توزیع حاشیه‌ای آن $p(f(x_1), f(x_2), \dots, f(x_n))$ است که یک توزیع نرمال چندمتغیره می‌باشد (Yoruk et al., 2004). فرآیند گاوسی پارامتریک با استفاده از تابع میانگین $m(x)$ و تابع کوواریانس $k(x_i, x_j)$ به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$f | X \sim N(m(x), K(X, X)) \quad (4)$$

و رابطه هم‌ارز آن عبارت است از:

$$f(x) \sim gp(m(x), k(x_i, x_j)) \quad (5)$$

در رابطه فوق ردیف‌های ماتریس X ، بردارهای ورودی هستند، f یک بردار از مقادیر تابع است و $K(X, X)$ ماتریس کوواریانس $n \times n$ را نشان می‌دهد به طوری که $K_{ij} = k(x_i, x_j)$. به منظور برآزش اولیه GP، مدل رگرسیون فرآیند گاوسی با در نظر گرفتن y به عنوان یک مشاهده همراه با نویز گاوسی ε به صورت رابطه (6) بیان می‌شود:

$$y = f(x) + \varepsilon, \quad \varepsilon \sim N(0, \sigma_n^2) \quad (6)$$

توزیع مشترک خروجی‌های آموزشی y و خروجی‌های آزمون f_* ، با تابع متوسط صفر عبارت است از (رابطه 7):

$$\begin{bmatrix} y \\ f_* \end{bmatrix} \sim N \left(0, \begin{bmatrix} K(X, X) + \sigma_n^2 I & K(X, X_*) \\ K(X_*, X) & K(X_*, X_*) \end{bmatrix} \right) \quad (7)$$

که در آن X و X_* به ترتیب ماتریس داده‌های آموزشی و آزمون طرح هستند. با مقید کردن f_* بر روی مشاهده y می‌توان پیش‌بینی توزیع را به صورت زیر نمایش داد (رابطه 8):

$$f_* | X, y, X_* \sim N(\bar{f}_*, V(f_*)) \quad (8)$$

که در آن $\bar{f}_*$ و $V(f_*)$ از روابط (9 و 10) به دست می‌آیند:

برای محاسبه پارامترهای ابعادی ابتدا با استفاده از یک الگوریتم جستجو، نقاط اصلی واقع در ابتدا و انتهای موز و همچنین نقاط میانی آن‌ها یافته شدند، سپس با اندازه‌گیری فاصله بین نقاط مورد نظر از طریق روش شمارش پیکسل (PC¹)، مقدار هر یک از پارامترهای طول بزرگ، طول کوچک و قطر مشخص گردید (شکل 3). در ادامه با تعیین معادله خط عبورکننده از نقاط میانی موز ($y(x)$) مقدار شعاع انحنای از طریق رابطه زیر محاسبه شد (Sochi, 2016):

$$R = \frac{[1 + (y'(x))^2]^{\frac{3}{2}}}{|y''(x)|} \quad (3)$$

لازم به ذکر است که در مدت آزمایشات به منظور تأیید صحت اندازه‌گیری‌ها، برخی از این پارامترها (قطر، طول بزرگ و طول کوچک) با استفاده از ابزارهای اندازه‌گیری مانند کولیس و خط‌کش به صورت دستی اندازه‌گیری می‌شدند.

اندازه‌گیری پارامترهای شیمیایی از طریق آزمایش‌های

مخرب

کل مواد جامد محلول (TSS)

به منظور اندازه‌گیری TSS، مقدار 2 گرم از بافت له شده میوه (این نمونه از وسط میوه جدا شد) همراه با 10 میلی‌لیتر آب مخلوط گردید. سپس با عبور دادن مخلوط به دست آمده از صافی، و استفاده دستگاه رفاکتومتر دیجیتالی (MA882، ژاپن)، مقدار TSS تعیین و یادداشت گردید.

pH و اسیدیته کل قابل تیتراسیون

برای تعیین مقادیر pH و اسیدیته کل قابل تیتراسیون، 10 میلی‌لیتر از مایع به دست آمده در بخش قبل در دستگاه تیتراتور آنالیز آب میوه (Hanna Instrument/HI84532-02، آمریکا) مقادیر pH و اسیدیته کل قابل تیتراسیون اندازه‌گیری شد.

ارزیابی حسی

در مدت آزمایشات به منظور انجام ارزیابی حسی در این پژوهش 15 نفر ارزیاب انتخاب شدند. هر یک از افراد ارزیاب، نمونه‌ها را از لحاظ رنگ، طعم و رایحه، بافت، شکل و پذیرش کلی آزمودند. همچنین از هر یک از آن‌ها خواسته شد که به هر کدام از موزها بدون در نظر گرفتن لکه‌های قهوه‌ای نمره دهند. در نهایت داوران با توجه به پارامترهای مورد ارزیابی، در یک مقیاس هدونیک 9 نقطه‌ای امتیازهایی بین 1 (دوست نداشتن شدید) تا 9 (دوست داشتن شدید) به هر موز اختصاص دادند (Goudarzi et al., 2014).

برای ماتریس‌های کوواریانس علامت‌های $K(X_*, X_*)$ ، $K(X, X)$ و $K(X, X_*)$ شبیه نماد قبلی $K(X, X)$ هستند.

$$\bar{f}_* = K(X_*, X) [K(X, X) + \sigma_n^2 I]^{-1} y \quad (9)$$

$$V(f_*) = K(X_*, X_*) - K(X_*, X) [K(X, X) + \sigma_n^2 I]^{-1} K(X, X_*) \quad (10)$$



شکل 3- استخراج پارامترهای ابعادی: الف) شعاع انحنا، ب) قطر، ج) طول بزرگ و د) طول کوچک

$$RAV = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\sqrt{(y_i - f(x_i))^2}}{y_i} \quad (14)$$

(میزان دقت نسبی)

که در آن‌ها $f(x_i)$ تابع توسعه یافته مدل رگرسیون تولید شده، x_i مقدار هر یک از داده‌ها، y_i داده‌های حقیقی اندازه‌گیری شده و n تعداد داده‌ها می‌باشد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

تحلیل آماری همه پارامترهای اندازه‌گیری شده در 4 زمان نگهداری (روزهای صفر، دوم، چهارم و ششم) در قالب طرح فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی و با 5 تکرار انجام شد. تجزیه و تحلیل نتایج با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.3 و در سطح معنی‌داری 5% با کمک آزمون چند مقایسه‌ای دانکن صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

در این مطالعه با بررسی مجموعه‌ای از پارامترهای کیفی (پارامترهای رنگی، ابعادی و شیمیایی) میوه موز مشاهده شد که به تدریج با گذشت زمان همراه با ظاهر شدن لکه‌های قهوه‌ای رنگ بر روی پوست موز، بسیاری از این پارامترها تغییر کردند. شکل 4 تغییرات کیفیت 5 گروه مختلف موز (متفاوت از لحاظ شکل ظاهری)

معادله 9 نشان می‌دهد که میانگین پیش‌بینی، یک ترکیب خطی از مشاهده نویدار y است. به‌طور کلی کدگذاری GPR با این فرض است که احتمالاً ورودی‌های نزدیک به هم دارای خروجی‌های مشابه هستند، از این رو به نمونه‌هایی با نقطه دارای مقادیر مشابه، وزن‌های بالاتری اختصاص داده می‌شود. در این تحقیق از دو-سوم داده‌ها برای آموزش و از یک-سوم باقی‌مانده داده‌ها (داده‌های نادیده) به‌منظور آزمون مدل رگرسیون استفاده شد. عملکرد تابع توسعه‌یافته (f) با استفاده از روابط 11 تا 14 ارزیابی گردید (He and Siu, 2011).

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|f(x_i) - y_i|}{y_i} \quad (11)$$

(میانگین خطای مطلق)

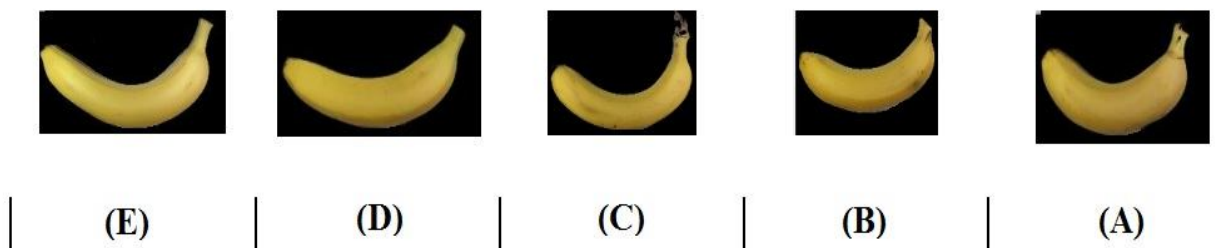
$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (f(x_i) - y_i)^2} \quad (12)$$

(مجذور میانگین مربعات خطا)

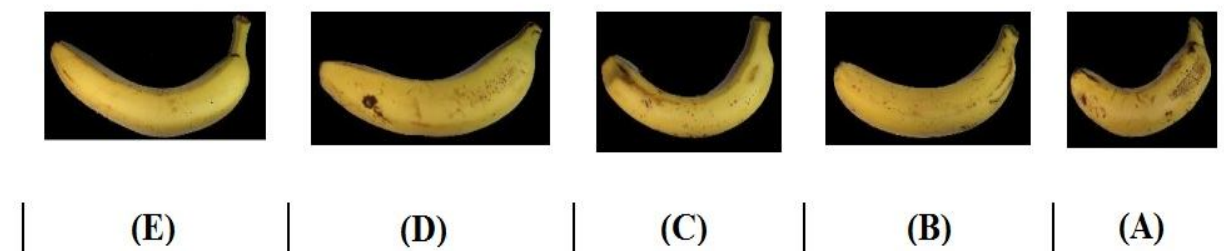
$$SRE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - f(x_i))^2}{n - 2}} \quad (13)$$

(خطای رگرسیون استاندارد)

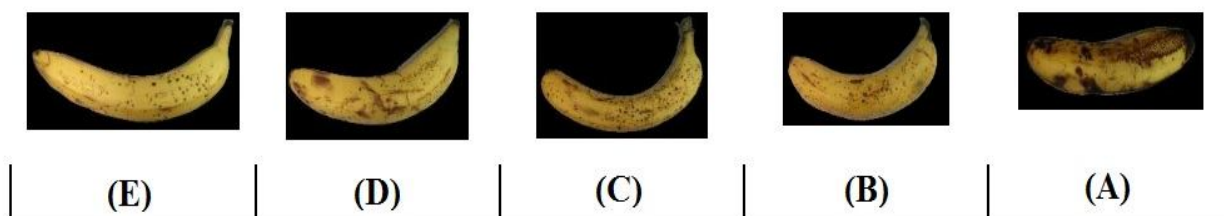
را در طی مدت انبارمانی در روزهای صفر (شاهد)، 2، 4 و 6 نشان می‌دهد.



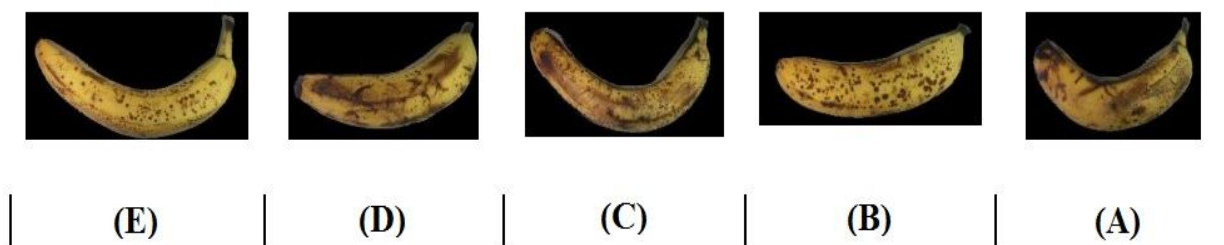
روز صفر



روز دوم



روز چهارم



روز ششم

شکل 4- نمایش تغییرات کیفیت 5 گروه مختلف موز در مدت انبارمانی (روزهای صفر، 2، 4 و 6)

است که از لحاظ آماری در سطح احتمال حداکثر 5% بین اکثر میانگین‌های پارامترهای مورد بررسی در مدت انبارمانی اختلاف وجود دارد. در ادامه نتایج حاصل از مقایسه میانگین پارامترهای اندازه‌گیری شده در مدت آزمایشات به تفصیل توضیح داده می‌شود.

بررسی پارامترهای اندازه‌گیری شده آزمایش از لحاظ معنی‌داری
نتایج تجزیه واریانس مربوط به طرح آماری در جداول 1 و 2 نشان داده شده است. اثر روز، گروه موز و همچنین اثر روز بر گروه موز در مدت انبارمانی معنی‌دار بوده است. این مسأله حاکی از آن

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس مجموعه‌ای از پارامترهای ابعادی در حالت دستی، شیمیایی و پارامترهای آزمون حسی ۵ گروه میوه موز در مدت انبارمانی

منابع	میانگین مربعات												درجه آزادی	TSS	pH	اسیدیته	امتیاز	رنگ	طعم و رایحه	بافت	شکل	پذیرش کلی	طول کوچک دستی	طول بزرگ دستی	قطر دستی		
موز	۶۳۳۲/۱۰ ^{***}	۲۴۵۸/۸۱ ^{***}	۷۵/۶۰ ^{***}	۵۹/۲۸ ^{***}	۶۵/۳۹ ^{***}	۷۳/۹۹ ^{***}	۹/۸۵ ^{***}	۱/۵۱ ^{***}	۳۷/۱۷ ^{***}	۱۳۲/۳۱ ^{***}																	
روز	۱۲/۳۷ ^{***}	۱۸۵/۵۱ ^{***}	۲۶۶/۰۲ ^{***}	۱۷/۸۴ ^{***}	۵۲/۴۲ ^{***}	۵۴/۸۸ ^{***}	۳۷/۸۵ ^{***}	۴/۶۸ ^{***}	۰/۲۹ [*]	۳۲/۳۴ ^{***}	۱۰۳/۰۹ ^{***}																
موز × روز	۱۰/۶۶ ^{***}	۳۹۳/۵۱ ^{***}	۱۰۰/۳۹ ^{***}	۴/۰۰ ^{***}	۳/۱۷ ^{***}	۲/۵۷ ^{***}	۴/۳۰ ^{***}	۲/۹۷ ^{***}	۰/۲۰ ^{***}	۲۵/۶۳ ^{***}	۷/۶۳ ^{***}																

***، ** و * به ترتیب تفاوت معنی داری در سطح ۰.۰۱، ۰.۰۵ و ۰.۱ درصد تفاوت معنی داری را نشان می‌دهد.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس پارامترهای استخراج شده از تصاویر ۵ گروه میوه موز در مدت انبارمانی

منابع	میانگین مربعات															درجه آزادی	R	G	B	L	a	b	h	s	v	C	H	شعاع انحنای	طول کوچک	طول بزرگ	قطر																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
موز	۱۱۴/۲۲ ^{***}	۱۳۰۵۱/۶۹ ^{***}	۲۶۶۸/۳۸ ^{***}	۳/۱۰ ^{***}	۲۱۶/۲۵ ^{***}	۱۴/۷۱ ^{***}	۱/۴۰ ^{***}	۱/۳۶ ^{***}	۶۶/۳۳ ^{***}	۲۴/۷۰ ^{***}	۲۳۳۸/۰۵ ^{***}	۴۹۹/۲۴ ^{***}	۳۳۰/۴۰ ^{***}	۲۸۸۵/۰۳ ^{***}																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	</

***، ** و * به ترتیب تفاوت معنی داری در سطح ۰.۰۱، ۰.۰۵ و ۰.۱ درصد تفاوت معنی داری را نشان می‌دهد.

انبارمانی دارای روند نزولی بود و اختلاف مقدار این پارامتر در روزهای نخست آزمایشات نسبت به روزهای پایانی به صورت معنی‌دار مشاهده گردید. همچنین تغییرات پارامتر مختصه رنگی a از مقدار 14/54 به 20/24 نشان‌دهنده افزایش معنی‌دار مقدار آن در طول دوره انبارمانی است. این تغییرات پارامترهای ذکر شده، حاکی از تیرگی نمونه‌ها در طول دوره انبارمانی می‌باشد. نتیجه مشاهده شده با پژوهش‌های نعمتی‌نیا و همکاران (1396) و Cho و همکاران (2016) در یک راستا می‌باشند.

در این پژوهش به منظور بررسی اختلاف معنی‌داری میان پارامترهای استخراج شده از تصاویر نمونه‌های موز، پارامترهای اندازه‌گیری شده دستی و پارامترهای شیمیایی، آزمون مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال 5% انجام شد (جدول 3). مطابق جدول (3) مشاهده می‌گردد که مقادیر مختصات رنگ L , B , G , R , H , c , v , h , b ضمن معنی‌دار بودن اختلافات بین تیمارها در سطح احتمال 5% با گذشت زمان طی مدت انبارمانی به تدریج به دلیل از بین رفتن تازگی اولیه موزها کاهش یافتند. پارامتر S نیز طی دوره

جدول 3- مقایسه میانگین مربوط به پارامترهای استخراج شده از تصاویر موز (پارامترهای رنگی)

تیمار	R	G	B	L	A	B	h	s	v	C	H
روز صفر	166/562 ^a	141/065 ^a	168/130 ^a	61/69 ^a	14/54 ^c	-10/68 ^a	0/127 ^a	0/660 ^a	0/452 ^a	199/550 ^a	0/853 ^a
روز دوم	155/371 ^b	128/748 ^b	156/705 ^b	57/13 ^b	15/35 ^b	-11/11 ^b	0/122 ^b	0/659 ^a	0/441 ^b	197/342 ^b	0/835 ^b
روز چهارم	138/574 ^c	112/809 ^c	153/127 ^{bc}	51/26 ^c	18/11 ^a	-18/09 ^c	0/117 ^c	0/630 ^b	0/430 ^c	195/928 ^{bc}	0/822 ^c
روز ششم	124/028 ^d	99/034 ^d	148/457 ^c	46/12 ^d	20/24 ^a	-23/34 ^d	0/112 ^d	0/605 ^b	0/419 ^d	194/935 ^c	0/812 ^d

حروف غیرمشترک نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال 0/05

میوه، مقادیر طول کوچک و طول بزرگ نیز روندی کاهشی از خود نشان دادند. این درحالی است که برای پارامتر طول کوچک و قطر این کاهش سبب بروز اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال 5% معنی‌دار میان روزهای مختلف انبارمانی بود اما در طول بزرگ علی‌رغم روند کاهشی اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید ($P > 0/05$).

طبق جدول (4) مشخص گردید که مقادیر شعاع انحنا طی مدت انبارمانی به صورت معنی‌داری کاهش یافته است ($P < 0/05$). علت این مسأله تغییرات به وجود آمده در بافت میوه موز بود که نهایتاً به تدریج منجر به نرم شدن آن و کاهش میزان شعاع انحنا گردید. علاوه بر این همان طور که در جدول 4 مشاهده می‌شود همراه با تغییرات بافت

جدول 4- مقایسه میانگین مربوط به پارامترهای استخراج شده از تصاویر موز (پارامترهای فیزیکی)

تیمار	شعاع انحنا (mm)	طول کوچک (mm)	طول بزرگ (mm)	قطر (mm)
روز صفر	542959 ^a	66/886 ^a	171/524 ^a	37/697 ^a
روز دوم	216709 ^b	63/984 ^b	170/604 ^a	35/541 ^b
روز چهارم	152354 ^c	60/573 ^c	169/029 ^a	35/153 ^c
روز ششم	91415 ^d	57/248 ^d	166/759 ^a	34/517 ^d

حروف غیر مشترک نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال 0/05

افزایش مقدار pH میوه طی روزهای انبارمانی است (Zomo et al, 2014).

در این تحقیق به منظور مقایسه پارامترهای ابعادی اندازه‌گیری شده در دو حالت دستی و استخراج شده از تصویر موز، آزمون t-test انجام پذیرفت (جدول 6). مطابق آنالیز آماری (جدول 6) اختلافات معنی‌داری میان پارامترهای ابعادی اندازه‌گیری شده به روش

پس از اجرای آزمون مقایسه میانگین میان پارامترهای شیمیایی حاصل از روش مخرب (روش آزمایشگاهی) در مدت انبارمانی مشاهده شد که پارامترهای TSS، pH، Ma از مقادیر 31/520، 6/147 و 1/071 به مقادیر 26/320، 8/444 و 0/672 تغییر یافتند (جدول 5). این روند نزولی نشان از کاهش میزان اسیدیته، مواد جامد محلول و

غیرمخرب و اندازه‌گیری دستی مشاهده نشد ($P < 0/05$). شایان ذکر است که در این مطالعه، مدت زمانی که صرف اندازه‌گیری دستی پارامترهای ابعادی یک نمونه موز شد برابر 510 ثانیه بود در حالی که همه این اندازه‌گیری‌ها با به‌کارگیری روش پردازش تصویر دیجیتال 1/015 ثانیه به‌طول انجامید. بنابراین می‌توان گفت که روش پیشنهاد

شده به‌خصوص در هنگامی که تعداد نمونه‌ها زیاد است علاوه بر برخورداری از دقت بالا در حین اندازه‌گیری، از لحاظ وقت نیز بسیار مقرون به صرفه می‌باشد.

جدول 5- مقایسه میانگین مربوط به پارامترهای شیمیایی و اندازه‌گیری‌های فیزیکی به صورت دستی

تیمار	صفات	طول کوچک (mm)	طول بزرگ (mm)	قطر (mm)	TSS	pH	اسیدیته
روز صفر		62/500 ^a	161/000 ^a	37/728 ^a	31/520 ^a	6/147 ^a	1/071 ^a
روز دوم		60/500 ^{ab}	158/400 ^a	36/666 ^b	29/120 ^b	6/204 ^a	1/064 ^a
روز چهارم		59/940 ^{ab}	156/532 ^a	36/314 ^b	28/640 ^b	6/492 ^a	0/900 ^{ab}
روز ششم		54/562 ^b	154/440 ^a	35/065 ^c	26/320 ^c	8/444 ^a	0/672 ^b

حروف غیر مشترک نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال 0/05

جدول 6- آزمون t-test بین 3 پارامتر ابعادی قطر، طول کوچک و طول بزرگ در دو حالت دستی و استخراج شده از تصویر موز

پارامتر ابعادی	میانگین مقدار اندازه‌گیری شده دستی (mm)	میانگین مقدار استخراج شده از تصویر (mm)	اختلافات (mm)	P-Value
قطر	36/4435	35/7274	0/7161	0/2765 ^{ns}
طول کوچک	59/3755	62/1732	2/7977	0/4249 ^{ns}
طول بزرگ	157/5903	158/8291	1/2388	0/8231 ^{ns}

ns اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال 5% وجود ندارد.

پس از انجام آزمون حسی با توجه به نمرات ارزیاب‌ها، نتایج حاصل از این ارزیابی در جدول 7 گزارش گردید. با توجه به نتایج حاصل از آزمون مقایسه میانگین میان پارامترهای آزمون حسی، مشاهده شد که پارامترهای ارزیابی شده رنگ، طعم و رایحه، بافت

شکل و امتیاز (نمره‌ای که با چشم‌پوشی از لکه‌های قهوه‌ای رنگ به هر موز اختصاص داده شد) دارای روندی نزولی در مدت انبارمانی بودند.

جدول 7- مقایسه میانگین مربوط به آزمون‌های حسی

تیمار	امتیاز	رنگ	طعم و رایحه	بافت	شکل	پذیرش کلی
روز صفر	7/200 ^a	5/040 ^a	6/640 ^a	6/880 ^a	6/560 ^a	6/160 ^a
روز دوم	6/880 ^{ab}	4/160 ^{ab}	4/920 ^b	5/240 ^b	5/760 ^{ab}	4/920 ^b
روز چهارم	6/440 ^b	3/080 ^{bc}	4/000 ^b	4/160 ^b	4/920 ^{bc}	4/080 ^{bc}
روز ششم	6/120 ^b	2/320 ^c	2/720 ^c	3/080 ^c	4/160 ^c	3/320 ^c

حروف غیر مشترک نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال 0/05

این روند نزولی برای پارامترهای بافت و طعم و رایحه به‌جز در بین روزهای دوم و چهارم در میان سایر روزهای آزمایشات به‌صورت معنی‌دار مشاهده شد. لازم به ذکر است که سایر پارامترها نیز در مدت

آزمایشات تنها در میان روز صفر و روزهای چهارم و ششم از روندی معنی‌دار برخوردار بودند. این بدیهی است که با گذشت زمان به دلیل کاهش کیفیت موزها از میزان رضایت افراد نیز به تدریج کاسته شده

نقاط قهوه‌ای بر روی پوست میوه که تأثیر مستقیمی بر سایر پارامترهای مورد ارزیابی داشت، نظر افراد جلب نشد

انتخاب مناسب‌ترین ویژگی‌ها براساس نتایج آنالیز همبستگی میان داده‌ها

در این مطالعه برای تعیین تأثیرگذاری پارامترهای اندازه‌گیری شده بر روی پارامترهای آزمون حسی به‌ویژه پارامتر پذیرش کلی میوه، آنالیز همبستگی انجام پذیرفت (جدول 8، 9 و 10).

است. همچنین این مسأله بر روی کاهش مقدار پارامتر پذیرش کلی موزها طی دوره انبارمانی تأثیرگذار بود. در مجموع، در این ارزیابی نمونه‌های روز صفر به دلیل برخورداری از رنگ و ظاهری مطلوب (پوست زرد رنگ) همراه با کمترین میزان نقاط قهوه‌ای مقبولیت بهتری نسبت به سایر روزها داشتند. بنابراین امتیاز بالا در آزمون ارزیابی این مطالعه را می‌توان به معنای رنگ مورد پسند و بافت تقریباً سفت موز دانست. اما برای نمونه‌های روز آخر به خاطر افزایش تعداد

جدول 8- همبستگی میان پارامترهای استخراج شده از تصاویر موز (پارامترهای رنگی) و آزمون حسی

پذیرش کلی	شکل	بافت	طعم و رایحه	رنگ	امتیاز	H	C	v	s	H	B	a	L	B	G	R
																R
															۱	G
															۱	B
															۱	L
															۱	A
															۱	B
															۱	H
															۱	s
															۱	v
															۱	C
															۱	H
															۱	امتیاز
															۱	رنگ
															۱	طعم و رایحه
															۱	بافت
															۱	شکل
															۱	پذیرش کلی

حروف غیر مشترک نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۵

پژوهشی دیگر جهت پیش‌بینی و سنجش فعالیت آنزیم‌های پلی‌فنول اکسیداز (PPO¹) و پراکسیداز (POD²) موجود در پوست موز، مجموعه‌ای از ویژگی‌های رنگی به‌عنوان پارامترهای غیرمخرب در طی مدت انبارمانی (9 روز) مورد بررسی قرار گرفتند. در این تحقیق، پارامتر G از جمله ویژگی‌های رنگی بود که با مقدار خروجی معادله حاصل از یک مدل غیرخطی ریاضی طراحی شده با استفاده از GP³ ارتباطی معنی‌دار داشت (Nadafzadeh et al., 2018)؛ بنابراین می‌توان گفت که پارامتر G به‌عنوان یکی از ویژگی‌های رنگی مهم، دارای تغییرات قابل توجهی طی فرآیند قهوه‌ای شدن آنزیمی پوست موز می‌باشد که این نتیجه با مطالعه حاضر در یک راستا است.

بر اساس نتایج آنالیز همبستگی میان تمامی پارامترهای اندازه‌گیری شده و پارامترهای ارزیابی حسی مناسب‌ترین ویژگی‌ها انتخاب گردیدند. مطابق جدول 8 بین پارامترهای R، G، B، L، a، h در بخش پارامترهای رنگی و پارامتر پذیرش کلی ارتباط معنی‌داری در سطح احتمال 5% وجود دارد. همچنین میان دو پارامتر قطر و شعاع انحنا استخراج شده از تصویر موز و پارامتر پذیرش کلی نیز ارتباطی معنی‌دار مشاهده شد (جدول 9). از میان پارامترهای فیزیکی اندازه‌گیری شده به‌صورت دستی، مشخص گردید که تنها پارامتر قطر با پذیرش کلی ارتباط معنی‌داری در سطح احتمال 5% دارد (جدول 10). علاوه بر این مطابق با نتایج آنالیز همبستگی این بخش (جدول 8، 9 و 10)، وجود ارتباطی معنی‌دار میان برخی از پارامترهای آزمون حسی مانند رنگ، طعم و رایحه، بافت و شکل و پارامتر پذیرش کلی گزارش گردید. لذا این پارامترها به‌عنوان مناسب‌ترین ویژگی‌ها جهت به‌کارگیری در مدل رگرسیون فرآیند گاوسی انتخاب شدند. در

1 Polyphenol oxidase
2 Peroxidase
3 Genetic Programming

جدول 9- همبستگی میان پارامترهای استخراج شده از تصاویر موز (پارامترهای فیزیکی) و آزمون حسی

بذیرش کلی	شکل	بافت	طعم و رایحه	رنگ	امتیاز	تغلیظ	طول بزرگ	طول کوچک	انحنا
							1	0/68	1
							1	0/95*	0/63
							1	0/74	0/72
							1	0/27	0/29
							1	0/32	0/81*
							1	0/93*	0/34
							1	0/96*	0/90*
							1	0/80*	0/85*
							1	0/82*	0/96*
							1	0/77*	0/58
							1	0/62	0/78*

حروف غیرمشترک نشان دهنده معنی داری در سطح احتمال 0/05

جدول 10- همبستگی میان پارامترهای شیمیایی و فیزیکی (با استفاده از دستگاه‌های مربوطه) و آزمون‌های حسی

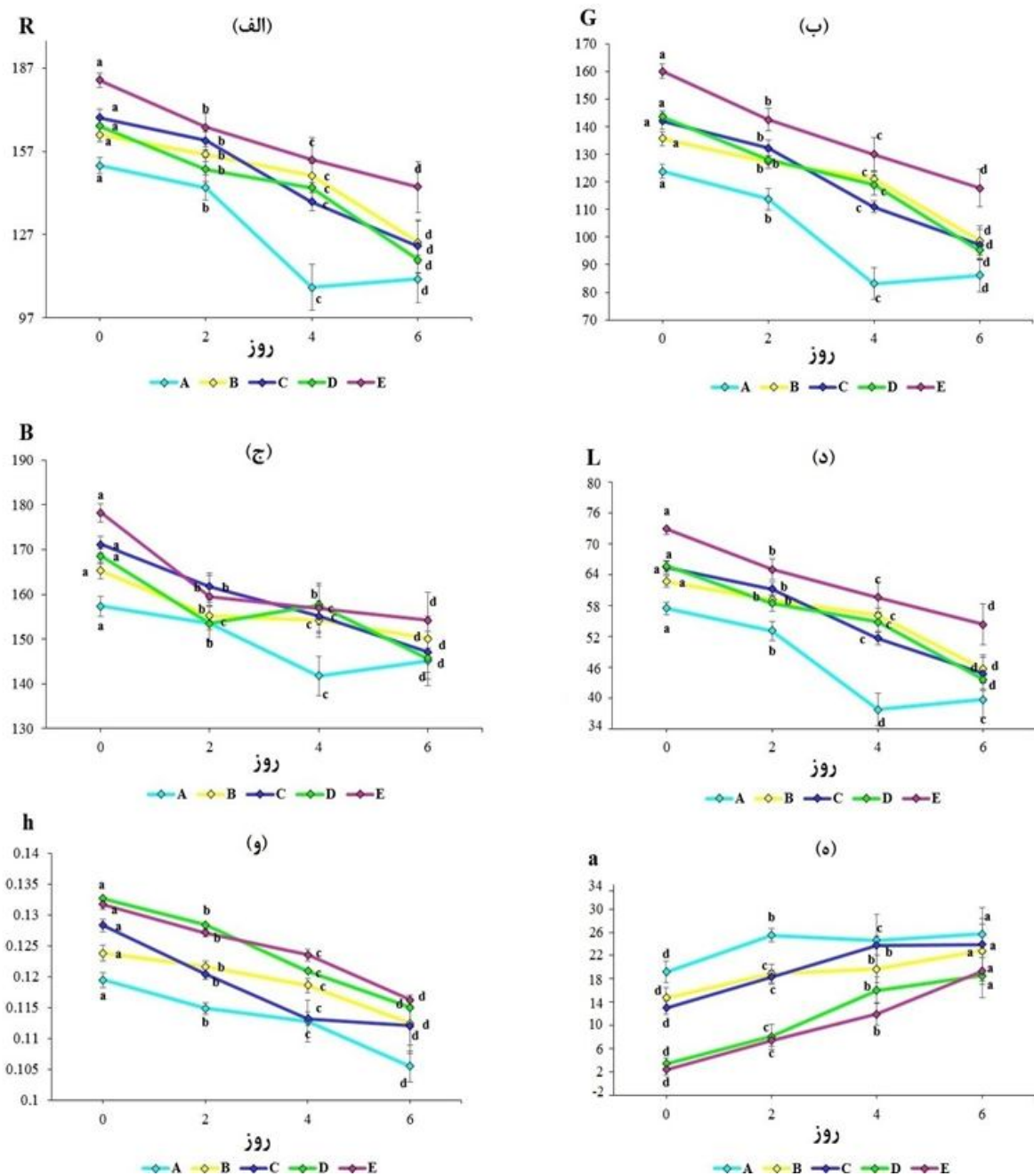
بذیرش کلی	شکل	بافت	طعم و رایحه	رنگ	امتیاز	اسیدیته	pH	TSS	تغلیظ	طول بزرگ	طول کوچک
										1	0/65
										1	0/76*
										1	0/44
										1	0/24
										1	0/77*
										1	0/45
										1	0/20
										1	0/32
										1	0/93*
										1	0/96*
										1	0/80*
										1	0/82*

حروف غیرمشترک نشان دهنده معنی داری در سطح احتمال 0/05

مقایسه و بررسی گروه‌های مختلف مورد مطالعه موز

به منظور درجه بندی گروه‌های مورد مطالعه موز از دید افراد مختلف، روند تغییرات مناسب‌ترین پارامترها (H, h, a, L, B, G, R)، پذیرش کلی، شکل، بافت، طعم و رایحه، رنگ، انحنا و پارامتر قطر اندازه گیری شده به روش غیرمخرب و اندازه گیری دستی) که با توجه

به نتایج بخش قبلی دارای ارتباط معنی داری در سطح احتمال 5% با پارامتر پذیرش کلی بودند برای 5 گروه مختلف موز در 4 روز آزمایشات به طور جداگانه مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت (شکل 5 و 6 و 7).



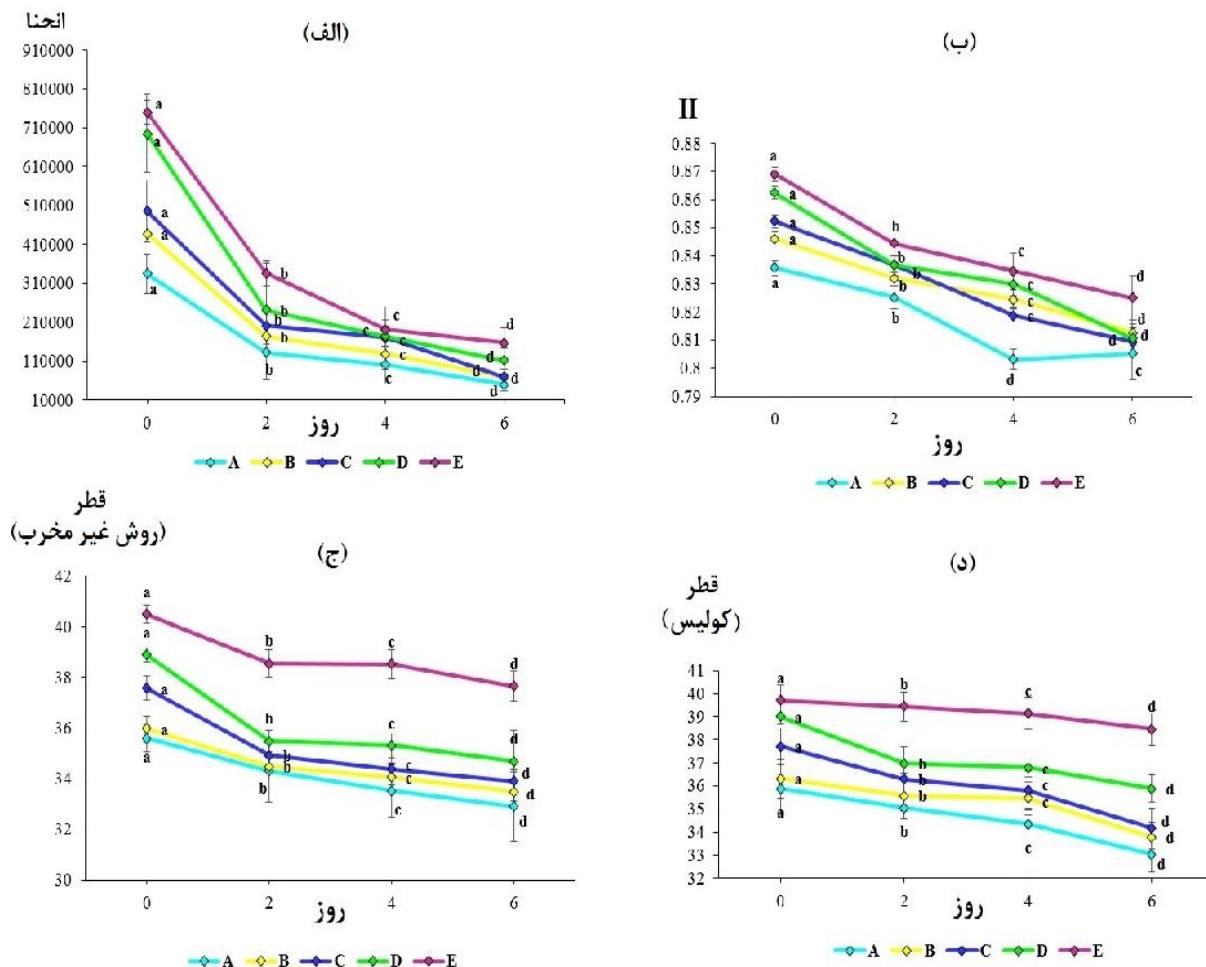
شکل 5- نمایش تغییرات پارامترهای اندازه‌گیری شده در پنج گروه مختلف موز طی مدت انبارمانی: الف) پارامتر R، ب) پارامتر G، ج) پارامتر B، د) پارامتر L، و) پارامتر h و ه) پارامتر a

تغییرات پارامتر a در خلال انبارمانی با چشم‌پوشی از نوسانات موجود دارای روندی افزایشی است، همچنین مقادیر گروه A و E برای پارامتر a به‌ترتیب در بالاترین سطح و پایین‌ترین سطح بودند. مقادیر پارامترهای B و h در روز نخست آزمایشات نسبت به روز آخر دارای بیشترین مقدار بودند. بنابراین با توجه به اینکه بین پارامتر پذیرش

همه پارامترها به استثنای پارامترهای a، B و h با صرف نظر از نوسانات جزئی به تدریج با گذشت زمان در مدت انبارمانی روند نزولی از خود نشان دادند. علاوه بر این، مقادیر این پارامترها در گروه E نسبت به گروه‌های دیگر در سطح بالاتری قرار داشت و گروه A دارای پایین‌ترین مقادیر بود. با توجه به شکل (ه-4) نشان داده شد که

پارامترها در هر گروه طی دوره انبارمانی بر نمره‌دهی افراد تأثیرگذار بوده است (شکل 6)

کلی از ارزیابی حسی و پارامترهای مورد نظر در این بخش ارتباط معنی‌داری وجود داشت، این نتیجه حاصل شد که نحوه تغییرات این



شکل 6- نمایش تغییرات پارامترهای اندازه‌گیری شده در پنج گروه مختلف موز طی مدت انبارمانی: (الف) پارامتر انحنا، (ب) پارامتر H، (ج) پارامتر قطر اندازه‌گیری شده با استفاده از روش غیرمخرب و (د) پارامتر قطر اندازه‌گیری شده توسط کولیس

است که نهایتاً بر اساس این پیش‌بینی می‌توان متناسب با هر پذیرشی، موز دلخواه مصرف‌کننده را به بازار عرضه کرد. شایان ذکر است که پارامترهای رنگی R ، G ، B ، L ، a ، h ، H ، پارامترهای ابعادی قطر و شعاع انحنا استخراج شده از تصویر موز به‌عنوان ورودی‌های این مدل رگرسیونی و پارامتر پذیرش کلی به‌عنوان خروجی مدل در نظر گرفته شدند. همانطور که پیش از این نیز گفته شد به‌منظور آموزش این مدل رگرسیونی از 70 داده‌ها و برای آزمون از 30% آن‌ها استفاده گردید. در نهایت توانایی عملکرد مدل با بررسی معیارهایی از قبیل ضریب همبستگی (R^2)، میانگین خطای مطلق (MAPE)، مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE)، خطای رگرسیون استاندارد (SRE) و مقدار دقت نسبی (RAV) مورد ارزیابی قرار گرفت (جدول

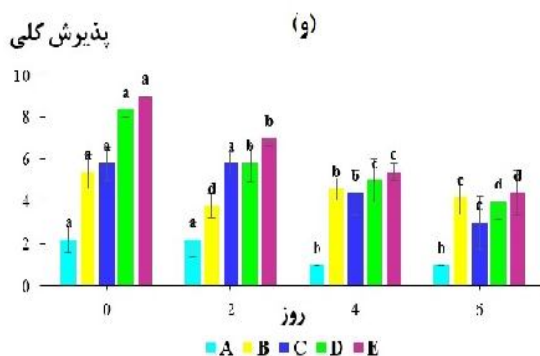
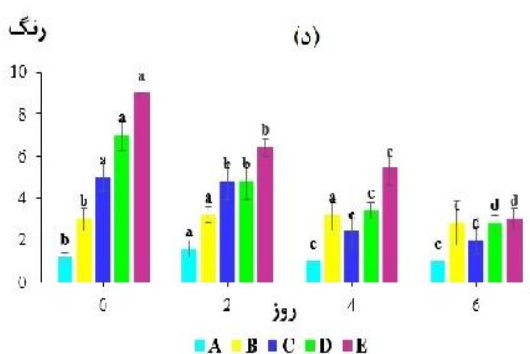
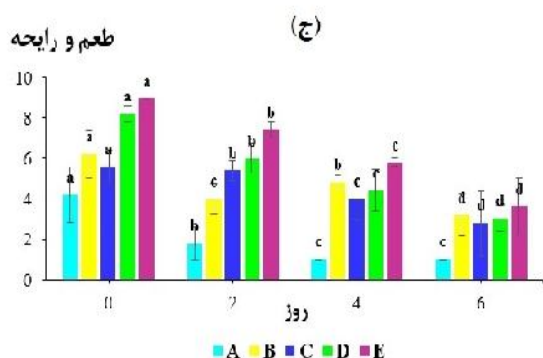
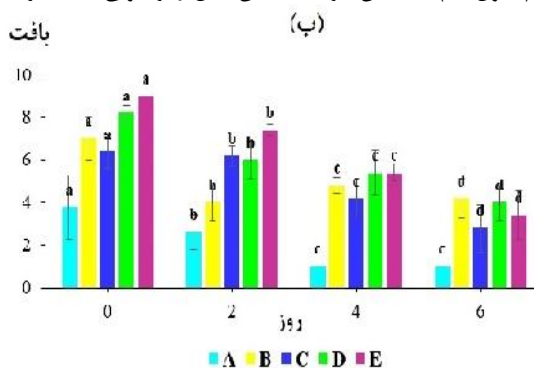
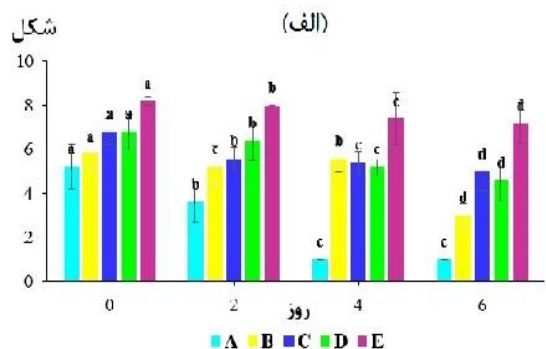
همان‌طور که در شکل 7 مشاهده می‌شود بعد از گروه E به‌ترتیب گروه‌های D، C و B دارای بیشترین میزان پذیرش کلی از دید افراد مختلف بودند و گروه A کمترین میزان توجه را از سوی افراد ارزیاب به‌خود جلب کرد. بدین ترتیب در مجموع می‌توان گفت که بهترین و مقبول‌ترین گروه موز از دید افراد مختلف، موزهایی بلند با انحنای کم (گروه C و D و E) بودند. این گروه‌ها دارای بافتی بسیار لذیذ و طعمی مطلوب بودند و همچنین رنگ پوست آن‌ها یکنواخت و دارای کمترین میزان نقاط قهوه‌ای بود

نتایج رگرسیون فرآیند گاوسی

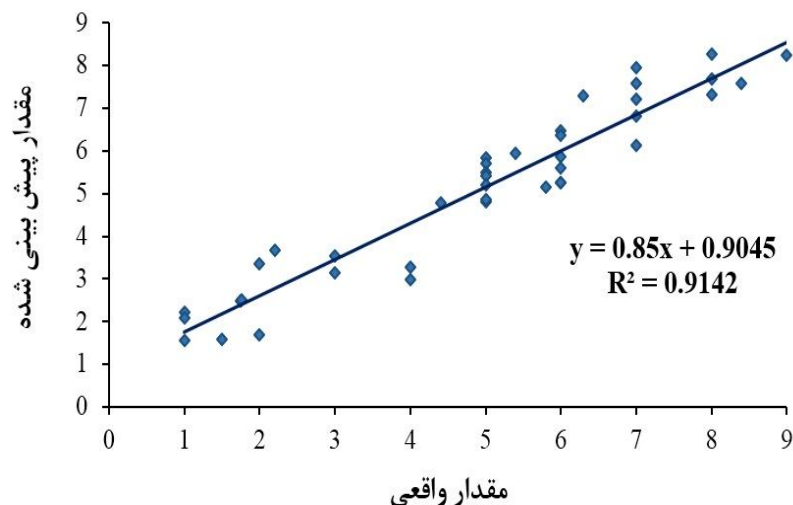
این مطالعه به بررسی توانایی مدل رگرسیونی پیشنهاد شده برای پیش‌بینی پارامتر پذیرش کلی با استفاده از فرآیند گاوسی پرداخته

0/43، 20/47، 0/71 و 0/20 دارای عملکردی مطلوب در پیش‌بینی پارامتر پذیرش کلی میوه موز است.

11). طبق نمودار مدل رگرسیون ارائه شده (شکل 8) بین مقادیر واقعی و مقادیر پیش‌بینی شده آزمون، ضریب همبستگی معادل 0/91 به‌دست آمد. همچنین با توجه به نتایج عملکرد رگرسیون فرآیند گاوسی (جدول 11) مشخص گردید که این مدل رگرسیونی با مقادیر



شکل 7- نمایش تغییرات پارامترهای اندازه‌گیری شده در پنج گروه مختلف موز طی مدت انبارمانی: (الف) شکل، (ب) بافت، (ج) طعم و رایحه، (د) رنگ و (و) پذیرش کلی



شکل 8- نمودار مدل رگرسیون فرآیند گاوسی

گفت که عملکرد رگرسیون فرآیند گاوسی به منظور پیش‌بینی پارامتر پذیرش کلی قابل توجه و مطلوب است. بنابراین با استفاده از روش رگرسیونی ارائه شده می‌توان پذیرش کلی میوه موز را با داده‌های حاصل از روش غیرمخرب و بدون نیاز به انجام آزمایشات و یا استفاده از پتل تست به‌دست آورد و متناسب با هر نوع تقاضا از سوی مصرف‌کننده آن را به بازار عرضه کرد و از این طریق هزینه‌های اقتصادی را به‌طور چشمگیری کاهش داد.

لازم به ذکر است که در این تحقیق به منظور مقایسه مقدار واقعی پارامتر پذیرش کلی نسبت به مقدار پیش‌بینی شده آن توسط رگرسیون فرآیند گاوسی، آزمون t-test انجام پذیرفت (جدول 12). مطابق آنالیز آماری (جدول 12) اختلافات معنی‌داری میان مقدار واقعی پارامتر پذیرش کلی اندازه‌گیری شده توسط ارزیاب در طول 7 روز آزمایشات و مقدار پیش‌بینی شده توسط GPR مشاهده نشد ($P > 0/05$). لذا با توجه به حداقل بودن میزان این اختلافات می‌توان

جدول 11- نتایج عملکرد رگرسیون فرآیند گاوسی (GPR) به منظور پیش‌بینی پارامتر پذیرش کلی میوه موز

پارامترهای ارزیابی رگرسیون	مقدار پارامترها
R^2	0/91
MAPE	20/47
RMSE	0/43
SRE	0/71
RAV	0/20

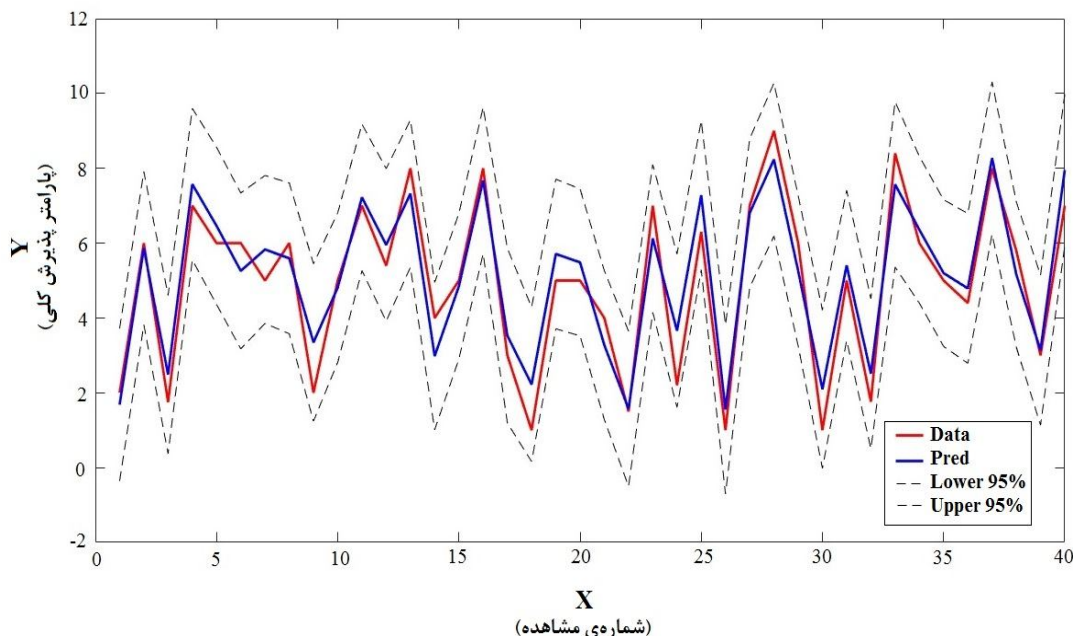
جدول 12- آزمون t-test بین مقدار واقعی پارامتر پذیرش کلی میوه موز و مقدار پیش‌بینی شده آن توسط GPR

میانگین مقدار واقعی پذیرش کلی	میانگین مقدار پیش‌بینی شده پذیرش کلی توسط GPR	اختلافات	P-Value
4/93	5/10	0/16	0/73 ^{ns}

حروف غیرمشتربک نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال 0/05

محاسبه مقادیر خطا (جدول 11) و آنالیز آماری (جدول 12) میان مقدار واقعی پارامتر پذیرش کلی نسبت به مقدار پیش‌بینی شده آن توسط رگرسیون فرآیند گاوسی در یک راستا می‌باشد.

شکل 9 نمودار حاصل از اجرای مدل رگرسیون فرآیند گاوسی و مقادیر مختلف پذیرش کلی را نشان می‌دهد که گویای اختلاف ناچیز مقادیر پیش‌بینی شده نسبت به مقادیر واقعی است که این مسأله با



شکل 9- نمودار حاصل از اجرای مدل GPR

Lab) انجام شد، چندین نوع معادلات مختلف (خطی، چندجمله‌ای، نمایی و لگاریتمی) به‌منظور تعیین بهترین منحنی برازش داده‌ها، مورد بررسی قرار گرفت. در میان این معادلات، معادله چندجمله‌ای با برخورداری از مناسب‌ترین ضریب همبستگی (بالای 0/84) به‌عنوان مطلوب‌ترین معادله جهت پیش‌بینی ویژگی‌های بافتی انتخاب گردید. همچنین در این تحقیق نشان داده شد که همه پارامترهای بافت مورد بررسی (سفتی⁶ و چقرمگی⁷ پوست و بافت میوه و چسبندگی⁸) و ویژگی‌های رنگی به استثنای مختصه b با میزان رسیدگی موز ارتباطی معنی‌دار داشتند. در همین راستا Zulkifli و همکاران (2019) به‌منظور پیش‌بینی و دسته‌بندی مراحل مختلفی از رسیدگی یک نوع رقم موز (Musa Acuminata cv. Berangan) از تکنیک تصویربرداری LLBI⁹ استفاده نمودند. این محققین نشان دادند که همبستگی قوی بین پارامترهای LLBI و رنگ موز و همچنین محتوای مواد جامد محلول (TSS) با ضریب تبیین (R^2) بیش از 0/70 وجود دارد. شایان ذکر است که در این مطالعه با به‌کارگیری روش آنالیز تشخیصی خطی (LDA¹⁰) نمونه‌های موز در مراحل مختلفی از رسیدگی با دقت 94/2٪ طبقه‌بندی شدند.

در پژوهشی دیگر از 2 ویژگی بافت فرکتالی (FDlac و FDavg) و 6 ویژگی رنگی (a, b, L, B, g, x) استخراج شده از تصاویر میوه موز به‌منظور توسعه مدل رگرسیونی گام‌به‌گام جهت پیشگویی دو آنزیم POD و PPO استفاده شد. طبق نتایج این تحقیق مشخص گردید که ویژگی‌های فرکتالی FDavg و FDlac از توانایی بیشتری نسبت به ویژگی‌های رنگی جهت پیشگویی آنزیم‌های POD ($R^2=0/903$) و PPO ($R^2=0/896$) برخوردار هستند (سلطانی کاظمی و همکاران، 1396). Sanaeifar و همکاران (2016) با استفاده از الگوریتم رگرسیون بردار پشتیبان (SVR⁴) یک مدل مناسب به‌منظور پیش‌بینی شاخص‌های کیفی موز ارائه دادند. این محققین تابع پایه شعاعی (RBF⁵) را به‌عنوان هسته SVR در نظر گرفتند. در این مدل، مختصات سه فضای رنگی RGB، Lab و HSV به‌عنوان ورودی‌های مدل پیشنهادی انتخاب شدند و خروجی آن شامل مجموعه پارامترهای مقدار کل مواد جامد محلول، pH، اسیدیته قابل تیتراسیون و سفتی بود. مطابق با نتایج تجربی این تحقیق، الگوریتم SVR در مقایسه با شبکه عصبی مصنوعی مورد استفاده از دقت پیش‌بینی بالاتر (0/92) و زمان موردنیاز کمتری برای انجام محاسبات و آنالیز برخوردار بود. در مطالعه که توسط Jaiswal و همکاران (2014)، با هدف پیش‌بینی خواص بافت موز طی دوره رسیدگی (به مدت 10 روز) با استفاده از پارامترهای رنگی (مختصات فضای رنگی

3 Firmness
4 Toughness
5 Stickiness
6 Laser Light Backscattering Imaging
7 Linear Discriminant Analysis

1 Support Vector Regression
2 Radial Basis Function

نتیجه‌گیری

کیفیت ظاهری میوه موز در بازارپسندی و انتخاب آن بسیار مؤثر است. در این پژوهش از تکنیک پردازش تصویر برای استخراج مجموعه‌ای از ویژگی‌های رنگی (R, G, B, L, a, b, d, s, v, C و H) و مورفولوژیکی (قطر، شعاع انحنا، طول بزرگ و طول کوچک) به منظور بررسی کیفیت موز در مدت انبارمانی استفاده شد. بدین ترتیب با توجه به نتایج حاصل از آنالیز آماری دانکن در سطح احتمال 5% و نتایج حاصل از همبستگی پیرسون، مناسب‌ترین پارامترها برای به کارگیری در مدل رگرسیون فرآیند گاوسی انتخاب شدند. نتایج نشان داد که تکنیک پردازش تصویر در بررسی تغییرات پارامترهای رنگی و ابعادی میوه موز از توانایی مطلوبی برخوردار است و همچنین مدل پیشنهاد شده با ضریب همبستگی 0/91 و میانگین خطای مطلق

منابع

- سلطانی کاظمی، م.، آبدانان مهدی‌زاده، س.، نداف‌زاده، م. (1396). برآورد میزان دو آنزیم POD و PPO موز با استفاده از پردازش تصاویر دیجیتالی و آنالیز رگرسیونی چندگانه در طول دوره انبارمانی. فناوری‌های نوین غذایی، 5 (4)، 597-612.
- نداف زاده، م.، و آبدانان مهدی‌زاده، س. (1396). تعیین مناسب ترین فضای رنگی به منظور تعیین هوشمند تنش آبی در گیاهان گلخانه‌ای (مطالعه موردی: حُسن یوسف). مهندسی بیوسیستم ایران، 48 (4)، 418-407.
- نعمتی‌نیا، ا.، آبدانان مهدی‌زاده، س.، و ناصحی، ب. (1396). اندازه گیری پارامترهای رنگ در اسپاگتی با استفاده از سیستم بینایی ماشین. مجله علوم و صنایع غذایی ایران، 14 (73)، 81-71.
- Cho, J.S., Lee, H.J., Park, J.H., Sung, J.H., Choi, J.Y., Moon, K.D., 2016. Image analysis to evaluate the browning degree of banana (*Musa spp.*) peel. *Food Chem.* 194, 1028–1033.
- CK Narayana, MM Mustaffa. (2006). Influence of maturity on shelf life and quality changes in banana during storage under ambient condition. *Indian Journal*.
- D. Surya Prabha , J. Satheesh Kumar(2015) Department of Computer Applications, School of Computer Science and Engineering, Bharathiar University, Coimbatore 641 046, Tamil Nadu, India
- Garcia-Mateos, G., Hernandez-Hernandez, J. L., Escarabajal-Henarejos, D., Jaen-Terrones, S. & Molina-Martinez, J. M.(2015). Study and comparison of color models for automatic image analysis in irrigation management applications. *Agricultural Water Management*. 151, 158-66.
- Gonzalez, R.C., Woods, R.E., 2009. Digital Image Processing using MATLAB, 3th ed., Pearson Education India, pp. 1-954.
- Gonzalez, R.C., Woods, R.E., Eddins, S.L., 2004. Digital Image Processing Using MATLAB. Pearson Education, India.
- Goudarzi, M., Madadlou, A., Mousavi, M., Emam-Djomeh, Z. (2014). Formulation of apple juice beverages containing whey protein isolate or whey protein hydrolysate based on sensory and physicochemical analysis. *Society of dairy technology.*, 67, 1-9.
- He, H., & Siu, W. C. (2011, June). Single image super-resolution using Gaussian process regression. In Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2011 IEEE Conference on (pp. 449-456). IEEE.
- Jaiswal, P., Jha, S.N., Kaur, P.P., Bhardwaj, R., Singh, A.K. and Wadhawan, V., 2014. Prediction of textural attributes using color values of banana (*Musa sapientum*) during ripening. *Journal of food science and technology*, 51(6), pp.1179-1184.
- Mendoza F, Aguilera JM (2004) Application of image analysis for classification of ripening bananas. *J Food Sci* 69:E471–E477
- Nadafzadeh, M., Mehdizadeh, S. A., & Soltanikazemi, M. (2018). Development of computer vision system to predict peroxidase and polyphenol oxidase enzymes to evaluate the process of banana peel browning using genetic programming modeling. *Scientia Horticulturae*, 231, 201-209.
- P Rajkumar, N Wang, G Elmasry, GSV Raghavan, Y Gariepy. (2012). Studies on banana fruit quality and maturity stages using hyperspectral imaging. *Journal of food engineering* 108 (1), 194-200.
- Pilar Cano, M Antonia Martin, Carmen Fuster. (1990). Effects of some thermal treatments on polyphenoloxidase and peroxidase activities of banana. *Journal of the science of food and agriculture* 51 (2), 223-231.

20/47، مجذور میانگین مربعات خطای 0/43، خطای رگرسیون استاندارد 0/71 و مقدار دقت نسبی 0/20 دارای عملکردی مطلوب در پیش‌بینی پارامتر پذیرش کلی میوه موز است. از طرف دیگر با توجه به بررسی 5 گروه موز از روی شکل ظاهری و بررسی ارزیاب‌ها می‌توان نتیجه گرفت که واردات موزهایی بلند با انحنای کم (شعاع انحنا در محدوده 496357-750328 میلی‌متر) با توجه به مقبولیت بیشتر مشتری سودآوری زیادی خواهد داشت.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله نویسندگان از حمایت مالی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان قدردانی می‌نمایند.

- Quevedo R, Mendoza F, Aguilera JM, Chanona J, Gutierrez-Lopez G (2008) Determination of senescent spotting in banana (*Musa cavendish*) using fractal texture fourier image. *J Food Eng* 84:509–515.
- Quevedo, R., Diaz, O., Ronceros, B., Pedreschi, F., Aguilera, J.M., 2009. Description of the kinetic enzymatic browning in banana (*Musa cavendish*) slices using non-uniform color information from digital images. *Food Res. Int.* 42 (9), 1309–1314.
- Riyadi S, Ashrani A, Mohd R, Mustafa M, Hussain A (2007) Shape characteristics analysis for papaya size classification. In: Proceedings of the 5th Student Conference on Research and Development (SCORED'07), Selangor, Malaysia. IEEE. pp. 371–375.
- Rodriguez-Pulido FJ, Gomez-Robledo L, Melgosa M, Gordillo B, Gonzalez-Miret ML, Heredia FJ (2012) Ripeness estimation of grape berries and seeds by image analysis. *Comp Elect Agric* 82: 128–133.
- Roseleena J, Nursuriati J, Ahmed J, Low CY (2011) Assessment of palm oil fresh fruit bunches using photogrammetric grading system. *Intern Food Res J* 18(3):999–1005.
- Sanaeifar A., Bakhshipour A. de la Guardia M. (2016). Prediction of banana quality indices from color features using support vector regression. *Talanta*, 148, pp.54-61.
- Singh HP (2010) Dynamics and Co-kinetics of banana research and Development in India. In: Mustaffa MM (ed) Proceedings of the global conference on meeting the challenges in banana and plantain for emerging biotic and abiotic stress, Trichy, Tamil Nadu, India. ICAR, New Delhi, pp 1–14.
- Sochi, T (2016). Tensor Calculus Made Simple. Create Space Independent Publishing Platform. p. 170.
- Yoruk, R., Yoruk, S., Balaban, M.O., Marshall, M.R., 2004. Machine vision analysis of antibrowning potency for oxalic acid: a comparative investigation on banana and apple. *J. Food Sci.* 69 (6), 281–289.
- Zomo, S. A., Ismail, S. M., Shah Jahan, M., Kabir, K. and Kabir, M. H., 2014. Chemical Properties and Shelf Life of Banana (*Musa sapientum* L.) as Influenced by Different Postharvest Treatments. *The Agriculturists* 12(2): 6-17.
- Zulkifli N, Hashima N, Abdan K, Hanafi M. (2019). Application of laser-induced backscattering imaging for predicting and classifying ripening stages of “Berangan” bananas. *Computers and Electronics in Agriculture*. 160: 100–107.



Estimation of the total acceptance of banana fruit using digital image processing and Gaussian process regression model during the storage period

Sh. Nasiri¹, S. Abdanan Mehdizadeh^{*2}, M. Nadafzadeh³

Received: 2019.04.02

Accepted: 2019.07.08

Introduction: The development of brown spots on banana peel has a notable effect on the texture, color and taste of this fruit. So that the appearance of these spots reduces the quality of the fruit and affect its sale market. In recent years, in order to evaluate the quality and classification of agricultural products, the various systems based on computer vision technology have been widely considered. These systems as the computer image analysis methods have been successful in measuring the visual quality of different products (Riyadi et al., 2007; Roseleena et al., 2011; Rodriguez-pulido et al. 2012). According to research by Probha and Kumar (2015), the extracted color properties from the banana image were more effective than other features in identifying the different stages of the banana ripening. Also, Mendoza and Aguilera (2004) detected the different stages of banana ripening based on the color, texture parameters and the distribution of brown spots on banana peel using image processing technique with a precision of 98%. Nadafzadeh et al. (2018) designed a non-linear mathematical model using the Genetic Programming (GP) to predicting and evaluating the activity of polyphenol oxidase enzymes (PPO) and peroxides (POD) during the browning process of the banana peel; using the extracted parameters from image as inputs of proposed model, the correlation coefficients to predicting of PPO and POD enzymes were obtained 0.98 and 0.97, respectively.

The aim of this study was to investigate the changes of color, dimensions and chemical parameters of several banana fruit groups (different in terms of appearance) as well as their marketability (the total acceptance of fruit) by Gaussian regression model (GPR) during the storage period. Therefore, using the proposed method in this research, the required product can be available according to the consumer demand.

Materials and Methods: In this study, one hundred banana samples were prepared from a market on the first day of the experiments. Samples were different in terms of shape and size, and were classified into 5 different groups. Group A had small size and curvature; B group compared to Group A had more curvature; the curvature of the samples in the group C was high, and in terms of size were medium. While the size of the bananas in group D was large, they had a small curvature. Also, the features of the group E were similar to the group D, but the curvature was greater in this group (group E). All of the samples were kept at the ambient temperature (25° C) away from the direct light for 7 days. During the days of experiments (days 0, 2, 4 and 6), five samples were examined from each group: after taking images of samples under the constant light conditions, and performing of manual measurements, they were subjected to destructive tests (laboratory tests) and sensory tests. After the images acquisition of samples, the preprocessing operations such as image enhancement, noise removal by the area opening, and the implementation of the image segmentation process using the method of Otsu adaptive thresholding were conducted (Gonzalez et al., 2004). Finally, 11 color parameters (R, G, B, L, a, b, h, s, v, C, H) and 4 dimensional characteristics (diameter, curvature radius, long and small length) were extracted from each image. In the laboratory method, the TSS value was measured by a digital refractometer, and amount of pH and acidity were also measured by a fruit juice analysis titrator. Eventually, in order to investigate the changes of measured parameters, statistical analysis was performed in a randomized complete block design by SAS 9.3 software at a significance level of 5% using Duncan's multiple comparison test.

Results and discussion: Gradually along with the appearance of dark spots on the banana peel, many of the qualitative parameters such as the color, dimensions and chemical features were changed during the storage period. According to results of the Duncan's multiple range test, the values of color coordinates R, G, B, L, a, b, h, v, C, and H gradually reduced, and the values of these parameters were significant in all the experiments days ($p < 0.05$). The parameter S also had a decreasing trend during the storage period, and the changes of this parameter was significant in the first days of the experiments compared to the ending days; during this period, the color parameter a increased

1 and 2. Graduate Student and Assistant Professor, Department of Mechanics of Biosystems Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Rural Development, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Ahvaz, Khuzestan Iran

3. PhD Student, Department of Mechanics of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

(* - Corresponding Author Email: saman.abdanan@gmail.com)

significantly. Due to the changes of the banana fruit texture, the amount of the curvature radius, the small and large lengths, total soluble solids, pH and total titration acidity gradually decreased. Based on the results of the statistical analysis, there were no significant differences between dimensional parameters measured by non-destructive method and manual measurement ($p>0.05$). It is worth noting that in this study, the spent time to conduct the manual measurements of the dimensional parameters of a banana sample was 510 seconds, while all of these measurements were performed using a digital image processing method at 1.015 seconds. Therefore, it can be said that when the number of samples is high, using of the proposed method is also very cost-effective in terms of time, and it has high accuracy during the measurement. In the sensory evaluation, the results show that the best and most acceptable group of bananas were groups C, D and E, which had long size and low curvature; these groups of bananas had delicious texture, desirable flavor and low levels of brown spots on their peel. In the following, the non-destructive parameters were used to the development of Gaussian regression model (GPR), and finally, it was shown that the quality of banana fruit as well as its marketability (the total acceptance of fruit) are predictable during the storage period by GPR with a correlation coefficient of 0.91, MAPE (20.47), RMSE (0.43), SRE (0.71) and RAV (0.20).

The appearance quality of the banana fruit is very effective in its acceptability for customer. In this research, the image processing technique as a non-destructive method was used to extract a set of color (R, G, B, L, a, b, h, s, v, C and H) and morphological properties (diameter, curvature radius, long length and small length) from banana image in order to evaluate its quality during storage. According to the results of Duncan's statistical analysis at the probability level of 5% and Pearson correlation results, the most suitable parameters were chosen to apply in Gaussian regression model. The results showed that the image processing technique is capable to evaluating the changes of color and dimensional parameters of banana fruit, and also the proposed model have a satisfactory performance ($R^2=0.91$) in predicting the overall acceptance parameter of the banana.

Keywords: Storing period, Acceptability, Digital image processing, Gaussian process regression, Banana

تاثیر محلول‌های نمک و شکر بر روی خصوصیات کیفی، میکروبی و حسی فیش فینگر ماهی فیتوفاگ (*Hypophthalmichthys molitrix*) طی نگهداری در یخچال (4°C)

مهری ذوالفقاری¹ - اسحق زکی پور رحیم آبادی^{2*} - مهین ریگی³ - مجید علیپور⁴

تاریخ دریافت: 1398/04/19

تاریخ پذیرش: 1398/04/29

چکیده

هدف این مطالعه بررسی اثر نگهدارندگی محلول‌های نمک - شکر بر کیفیت فیش فینگرهای تهیه شده از فیله کپور نقره‌ای هنگام نگهداری در یخچال (4°C) بود. برای این منظور، ابتدا فیله‌ها با محلول‌های رقیق 10 درصد نمک و شکر تیمار گردیده و پس از آن، اقدام به تهیه فیش فینگر گردید. تیمارهای تحقیق عبارت بودند از: فیش فینگرهای بدون تیمار با محلول نمک و شکر (شاهد)، فیش فینگرهای تیمار شده با محلول نمک/شکر (به نسبت 50:50، تیمار 1)، فیش فینگرهای تیمار شده با محلول نمک/شکر (به نسبت 25:75، تیمار 2) و فیش فینگرهای تیمار شده با محلول نمکی (تیمار 3). نمونه‌ها سپس در بسته‌های پلاستیکی بسته‌بندی شده و به مدت 15 روز در یخچال نگهداری گردیدند. شاخص‌های شیمیایی، میکروبی (TVC و PTC) و ارزیابی حسی (بافت، بو، طعم، رنگ و مطلوبیت کل) در روزهای صفر، 3، 6، 9، 12 و 15 اندازه‌گیری گردیدند. نتایج نشان دادند که مقدار پراکساید، تیوبایتوریک اسید و مجموع بازهای نیتروژنی فرار در همه تیمارها به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($p < 0/05$). نمونه‌های تیمار شده با محلول شکر دارای مقدار TBA اولیه کمتری در مقایسه با سایر نمونه‌ها بودند. کمترین میزان بار باکتریایی کل در روز 15م نگهداری در یخچال در تیمار شماره 2 مشاهده گردید ($5/8 \text{ Log CFU/g}$). مقادیر بار باکتریایی در تمامی تیمارها تا پایان روز 15 ام، از حد قابل قبول پیشنهادی، تجاوز نکرد. بر اساس نتایج اخذ شده، تیمار محصولات شیلانی با محلول‌های نمک و شکر، باعث افزایش زمان ماندگاری آن‌ها می‌گردد. همچنین، بر اساس نتایج حاصل از ارزیابی حسی، تیمار شماره 2 به‌عنوان بهترین تیمار به لحاظ مقبولیت فاکتورهای حسی توسط ارزیاب‌ها انتخاب گردید. زمان ماندگاری مطلوب برای تیمار 2، 15 روز تعیین گردید.

واژه‌های کلیدی: کپور نقره‌ای، فیش فینگر، خصوصیات کیفی، نمک، شکر

مقدمه

ماهیان، تبدیل مواد اولیه ارزان قیمت به محصولات با ارزش افزوده و قابلیت شکل‌دهی مواد اولیه و اضافه نمودن مواد افزودنی برای تولید محصولاتی همچون فیش فینگر و سایر محصولات با قابلیت نگهداری طولانی مدت از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد (Yu and Siah, 1998). فیش فینگر از جمله فرآورده‌های نیمه آماده تولید شده از ماهی و سایر آبزیان می‌باشد که دارای ارزش غذایی بالا و بازارپسندی مطلوبی است (Al-bulushi et al., 2005)، و برای نمونه، باید ذکر گردد که این محصول به تنهایی حدود 25 درصد از تولیدات محصولات شرکت‌های شیلانی در کشور آلمان را به‌خود اختصاص داده است (Schubring, 1999).

ماهی در مقایسه با دیگر غذاهای گوشتی نسبتاً فسادپذیرتر می‌باشد. به همین سبب، تحقیقات قابل توجهی بر بهبود کیفیت ماهی

امروزه تغییرات شاخص‌های اقتصادی - اجتماعی در بسیاری از کشورها، از جمله افزایش اشتغال زنان، افزایش سطح درآمد و افزایش سطح آگاهی آن‌ها، تمایل افراد به استفاده از غذاهای آماده مصرف⁵ را افزایش داده و این مسئله در بخش آبزیان، که دارای ارزش غذایی بسیار بالایی بوده و به غذایی سلامتی معروف گردیده اند، نیز مشهود می‌باشد (Bochi et al., 2008). به همین سبب، ضرورت توجه به تنوع بخشی در محصولات شیلانی و همچنین توجه به حفظ کیفیت محصولات غذایی شیلانی در بین تولیدکنندگان این بخش بخوبی مشخص گردیده است (Shevik-Lou, 1999). در این بین محصولات تولیدی از گوشت چرخ شده، به سبب استفاده بهینه از تولیدات آبزی پروری و ماهیان صید شده، به‌کارگیری ضایعات مراکز عمل‌آوری از جمله کارگاه‌های فیله‌کنی

(*)-نویسنده مسئول: (Email: e_zakipour@yahoo.com)
DOI: 10.22067/ifstrj.v16i2.81835
5 Ready to eat

1- دانشجوی کارشناسی ارشد فرآوری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل
2- دانشیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان
3- عضو هیات علمی، پژوهشکده تالاب بین المللی هامون، دانشگاه زابل
4- دانشیار گروه دامپزشکی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه زابل

و افزایش زمان ماندگاری محصولات شیلاتی متمرکز شده‌اند، که از جمله آن‌ها می‌توان به استفاده از فیلم‌های خوراکی (Rodriguez-Ozogul et al., 2000)، انجماد (Song et al., 2012)، کنترل درجه حرارت و کاهش آن (Lin and Lin, 2005) اشاره نمود. نگهداری در یخچال از روش‌هایی است که در مراکز عرضه ماهی یا جهت انتقال ماهی از مراکز پرورش تا مراکز فروش به کار می‌رود. اگرچه، دمای یخچال می‌تواند سبب کاهش سرعت فعالیت‌های آنزیمی و شیمیایی و فعالیت موجودات ذره‌بینی گردد، اما قادر به جلوگیری از تغییرات نامطلوبی از جمله اکسیداسیون و هیدرولیز چربی نبوده و کیفیت محصولات در طی نگهداری در یخچال به مرور کاهش می‌یابد (Rezaei et al., 2003; Pérez-Alonso et al., 2003).

از روش شور کردن به‌عنوان یک روش سنتی برای نگهداری محصولات شیلاتی جهت جلوگیری از رشد میکروب‌ها و افزایش ماندگاری این محصولات استفاده می‌گردد. علاوه بر ویژگی حفاظتی، نمک مزه مطلوبی را برای ماهی و محصول شور شده فراهم می‌نماید. شور کردن از طریق کاهش فعالیت آب¹، کاهش قابلیت دسترسی محصول برای حمله میکروبی و افزایش خصوصیات عملکردی پروتئین، زمان ماندگاری ماهی را بهبود می‌بخشد (Yanar et al., 2006). اگرچه، نمک سبب افزایش زمان ماندگاری گوشت می‌گردد، ولی تماس ماهی با غلظت‌های بالای نمک، آبردائی پروتئین‌های عضله را افزایش داده، تعادل پروتئین - واکنش‌های پروتئین - آب را تغییر می‌دهد (Jittinandana et al., 2002). علاوه بر این، مقادیر بالای نمک در فرآورده نمک سود به روش سنتی، مصرف‌کنندگان این فرآورده را محدود و تعداد آن‌ها را کاهش می‌دهد. اخیراً سازمان بهداشت جهانی² کاهش مصرف نمک را به‌عنوان یکی از راهکارهای کاهش بیماری قلبی - عروقی اعلام کرده است (Burt, 2004). اما کاهش میزان نمک در فرآورده نمک سود، نیاز به استفاده از روش‌های دیگر محافظت‌کنندگی را افزایش می‌دهد. تحقیقات نشان داده‌اند که ترکیب شکر و کلرید سدیم می‌تواند مزایای هر دو ترکیب، مثل کاهش رطوبت بیشتر با نرخ اشباعیت کمتر را بهبود ببخشد (Bohuon et al., 1998; Collignan and Raoult-Wack, 1994)، همچنین افت کیفیت پروتئین ماهی را کمتر می‌کند. جذب نمک به‌طور خاص با حضور شکر کاهش‌یافته که این اثر بازدارنده شکر بر نفوذ نمک در میوه‌ها و سبزی‌ها (Bolin et al., 1983) و تولیدات حیوانی به اثبات رسیده است (Favetto et al., 1981; Collignan and Raoult-Wack, 1994). این تاثیر به دلیل تشکیل یک پوشش بسیار غلیظ شکر بر محصولات غذایی است (Collignan et al., 2001).

از آنجائیکه ساکارز یک ترکیب معمول در بافت‌های حیوانی نیست، لذا نفوذپذیری سلول عضله نسبت به ساکارز خیلی پائین است. ساکارز موجب استحکام میوفیبریل‌های عضله ماهی می‌شود (Park and Koli et al., 1987). قدرت ژلی ژلاتین ماهی را بهبود بخشیده (Auh et al., 2011)، به‌عنوان محافظت‌کننده در سوریمی منجمد (al., 1999) و غیره کاربرد دارد. ساکارز از طریق عمل متقابل با طعم ناخوشایند نمک، طعم مطلوبی برای ماهی ایجاد می‌کند. از سویی دیگر افزایش اندک در وزن مولکولی ذرات جامد حل شونده، تعداد این ذرات را برای یک کاهش آب برابر، کم کرده در نتیجه کاهش وزن بزرگتری را باعث می‌گردد. بنابراین محلول‌های ساکارز در مقابل محلول‌های کلریدسدیم، کاهش بزرگتری در محتوی رطوبت با نرخ اشباعیت کمتر طی فرآیند آبردائی اسمزی گوشت فراهم می‌کنند (Collignan and Raoult-Wack, 1994; Hong et al., 2012; Tsironi et al., 2009).

از آنجایی که تاثیر تیمار با محلول‌های نمک و شکر بر خصوصیات کیفی، فقط بر فیله ماهی مورد بررسی قرار گرفته است و تاثیر آن بر روی محصولات ثانویه نظیر گوشت چرخ شده و محصولات آن مطالعه‌ای نگردیده است و با توجه به اینکه زمان ماندگاری ماهی و محصولات آن در یخچال نسبتاً کوتاه بوده و تمایل مصرف‌کنندگان به مصرف غذاهای آماده مانند فیله‌های فرآوری شده و چاشنی زده افزایش یافته است، لذا در مطالعه حاضر، هدف بررسی تاثیر تیمار فیله ماهی کپور نقره‌ای با غلظت‌های کم نمک و شکر بر تغییرات کیفی فیش فینگرهای تهیه شده از آن طی 15 روز نگهداری در دمای 4C بوده است.

مواد و روش‌ها

تعداد 10 عدد ماهی فیتوفاگ تازه و یکدست با وزن متوسط 1/5 کیلوگرم از بازار ماهی فروشان زابل در اردیبهشت ماه 1393 تهیه گردید و در جعبه‌های یونولیت به همراه پودر یخ به آزمایشگاه فرآوری دانشگاه زابل منتقل گردیدند. به محض انتقال به آزمایشگاه، ماهیان با آب شیر شسته شده و پس از تخلیه شکمی مجدداً شستشو شدند. کار جداسازی پوست، فیله کردن و جداسازی گوشت از استخوان‌ها دستی صورت گرفت. سپس فیله‌هایی با ابعاد 5 × 5 × 1 سانتی‌متر تهیه گردید. این فیله‌ها به مدت 30 دقیقه در محلول‌های 10 درصد نمک - شکر (4 درجه سانتی‌گراد) با نسبت 5 به 1 غوطه‌ور شدند و سپس از محلول خارج گردیده و به مدت 15 دقیقه در همان دما بر روی توری جهت آبچک قرار گرفتند. تیمارهای تحقیق عبارت بودند از: فیش فینگرهای تهیه شده از فیله بدون تیمار با محلول نمک و شکر (شاهد)، فیش فینگرهای تهیه شده از فیله تیمار شده با محلول 10 درصد نمک/ شکر (به نسبت

گردید. سپس، مقدار 1 میلی‌لیتر محلول اشباع یدید پتاسیم به آن اضافه گردیده و بلافاصله درب آن بسته شده و به مدت 5 دقیقه در محیط تاریک قرار داده شد. بعد از طی این زمان، مقدار 20 میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه گردیده و تکان داده شد. نمونه‌ها سپس با تیوسولفات سدیم 0/01 نرمال تا ناپدید شدن رنگ زرد توسط بورت دیجیتالی تیترو گردید. در ادامه، 1 میلی‌لیتر از محلول 1/5 درصد نشاسته به نمونه اضافه شده و عملیات تیتراسیون ادامه یافت. همزمان یک تست بدون چربی نیز انجام گردید. تیوباریتوریک اسید به روش رنگ‌سنجی طبق روش Namulema و همکاران (1999) اندازه‌گیری گردید.

آزمون‌های میکروبی

10 گرم از نمونه در 90 میلی‌لیتر از محلول 0/85 درصد NaCl مخلوط و هموژن شده و متعاقب آن رقت‌های مورد نیاز تهیه شد. یک میلی‌لیتر از هر رقت برای کشت باکتری‌ها به روش کشت سطحی در محیط تریپیک سوپا آگار¹ (TSA) قرار گرفت. در صورت نیاز (بالا بودن تعداد باکتری‌ها در یک پلیت) رقیق‌سازی نمونه‌ها (تا رقت نهایی 6) در محلول سرم فیزیولوژی انجام شد. پلیت کانت‌های کشت داده شده مربوط به کل باکتری‌ها بعد از 48 ساعت انکوباسیون در 37 درجه سانتی‌گراد شمارش شدند و پلیت‌های مرتبط با باکتری‌های سرمادوست بعد از 10 روز انکوباسیون در دمای 7 درجه سانتی‌گراد شمارش شدند (Sallam, 2007).

ارزیابی حسی

ارزیابی حسی فیلدها به روش هدونیک (ASTM, 1969) انجام گرفت. پس از پخت نمونه‌ها در روغن، ویژگی‌های رنگ، بو، بافت، طعم و پذیرش کلی توسط ارزیاب‌ها مورد سنجش قرار گرفت. نمونه‌ها از 7- صفر امتیاز بندی شدند: عالی= 7، خوب= 5، متوسط= 3، بد= صفر.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

برای تجزیه و تحلیل‌های آماری از نرم‌افزار SPSS نسخه 16 استفاده گردید. برای بررسی تأثیر تیمارها بر فیلدها و بررسی تأثیر تیمارها و زمان نگهداری در یخچال از آنالیز واریانس یکطرفه (One-Way ANOVA) استفاده شد. همچنین با استفاده از آزمون Tukey وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان 95 درصد تعیین شد. برای آنالیز حسی نیز از آزمون کوروسکال والیس استفاده گردید.

50:50، تیمار 1)، فیش فینگرهای تهیه شده از فیله تیمار شده با محلول 10 درصد نمک/ شکر (به نسبت 25:75، تیمار 2) و فیش فینگرهای تهیه شده از فیله تیمار شده با محلول 10 درصد نمک/ شکر (به نسبت 0:100، تیمار 3). تمامی آزمایشات در سه تکرار انجام گردید.

آماده‌سازی فیش فینگر

فیلدها توسط دستگاه چرخ گوشت (پارس خزر، ایران) با قطر منفذ 4 میلی‌متر چرخ شدند، سپس با مخلوط کن (پاناسونیک، ژاپن) به‌خوبی با یکدیگر مخلوط شدند. گوشت چرخ شده با افزودنی‌ها به‌خوبی هموژن شده، خمیر حاصل پهن گردید (جدول 1). فیش فینگرهایی با ابعاد 1 × 2 × 5 سانتی متر با استفاده از قالب‌های موجود تهی گردیدند. در مرحله بعد، فرآیند لعاب‌زنی (حاوی 30% آرد گندم، 10% آرد ذرت و 60% آب سرد) انجام شد و پس از پوشش دادن، محصول برای مدت دو ساعت در یخچال قرار داده شد. در مرحله بعد فیش فینگرها در روغن با درجه حرارت 180 درجه سانتی‌گراد به مدت یک دقیقه سرخ شدند (Tokur et al., 2006). در نهایت فیش فینگرها بسته‌بندی و به مدت 15 روز در یخچال (4°C) نگهداری گردیدند.

جدول 1- فرمولاسیون و اجزاء تشکیل‌دهنده فیش فینگر حاصل از گوشت چرخ شده، سوریمی و قطعات فیله (Elyasi, 2009)

ردیف	ترکیبات	درصد اجزاء
1	گوشت ماهی	93/5
2	نمک	1/5
3	شکر	1
4	فلفل	0/243
5	زیره سبز	0/243
6	پودر پیاز	0/243
7	پودر سیر	0/243
8	آرد گندم	3
9	آویشن	0/2

آزمون‌های شیمیایی

برای اندازه‌گیری pH از pH متر دیجیتالی استفاده گردید (Sallam et al., 2004). روش تیتراسیون برای اندازه‌گیری مجموع بازهای نیتروژنی فرار (Total Volatile Basic Nitrogen) استفاده گردید (AOAC, 2000). مقدار پراکسید (Peroxide value) طبق روش Egan و همکاران (1997) سنجش شد. برای این منظور، ابتدا مقدار 0/3 گرم چربی داخل یک فلاسک شیشه‌ای ریخته و با اضافه کردن 10 میلی‌لیتر حلال (کلروفرم- اسید اتیک) همراه با تکان دادن حل

نتایج و بحث pH

جدول 2 تغییرات pH فیش فینگرهای کپور نقره‌ای طی دوره 15 روزه را نشان می‌دهد. مقدار pH اولیه در تیمار 1 در روز صفر 6/71 می‌باشد که با نتایج به‌دست آمده توسط Asgharzadeh و همکاران (2010) و Zaki pour Rahimabadi و Divband (2012) که بر روی فیله ماهی کپور نقره‌ای انجام دادند مطابقت دارد. نتایج نشان می‌دهد که مقادیر pH تا روز 9 روند کاهشی داشته، دلیل کاهش جزئی pH در ابتدای دوره ممکن است ناشی از عدم حلالیت CO₂ در نمونه‌های ماهی باشد (تجمع CO₂) که به موجب افزایش CO₂، pH کاهش می‌یابد (Goulas and Kontominas, 2005). چنین نتیجه‌ای در مطالعات دیگر نیز مشاهده شده است (Tiffney and Mills, 1982; Manju et al., 2007). در مراحل بعدی افزایش میزان pH مشاهده می‌گردد که به دلیل تولید بازهای آلی فرار (TVB-N) توسط باکتری‌ها می‌باشد

(Goulas, and Kontominas, 2005; Yatsunami and Takenaka, 1996). روند کاهش یا افزایش pH در تیمارهای حاوی شکر (تیمار 2 و 3) نسبت به تیمار 1 و تیمار 4 کندتر بود، در واقع تیمار 2 پائین‌ترین مقدار pH را در انتهای دوره دارا بود (6/73)، که ممکن است به علت گلیکولیز شکر یا رشد باکتری‌های اسیدلاکتیک باشد، این باکتری‌ها با ممانعت از رشد دیگر باکتری‌ها به کاهش pH عضله کمک کرده و همچنین به‌عنوان تولیدکننده متابولیت‌های بافری اولیه عمل می‌کنند (Calo-Mata et al., 2008). مقادیر پایین‌تر pH در تیمارهای 2 و 3 منجر به مهار رشد میکروبی و فعالیت آنزیم پروتئاز در درجات مختلف شده که افزایش زمان نگهداری محصول را به دنبال دارد. مقدار pH در تیمار 4 نسبت به تیمار 1 پائین‌تر بود. رضوی شیرازی (2002) بیان کرده است که افزودن نمک به گوشت باعث کاهش pH به میزان 0/1 تا 0/2 واحد می‌شود که به علت جایگزینی یون سدیم (Na⁺) در سطح پروتئین و آزاد شدن یون هیدروژن (H⁺) می‌باشد.

جدول 2- تغییرات مقادیر pH در زمان‌ها و تیمارهای مختلف

روز	تیمار 1	تیمار 2	تیمار 3	تیمار 4
صفر	6/71±0/15 ^{Ab}	6/63±0/02 ^{Bb}	6/70±0/03 ^{Ab}	6/70±0/01 ^{Ab}
3	6/63±0/01 ^{Ad}	6/31±0/01 ^{Bc}	6/40±0/04 ^{Bd}	6/36±0/12 ^{Bd}
6	6/53±0/01 ^{Ad}	6/34±0/02 ^{Bc}	6/39±0/06 ^{Bc}	6/40±0/00 ^{Bc}
9	6/35±0/01 ^{Ad}	6/14±0/10 ^{Bd}	6/25±0/02 ^{ABd}	6/30±0/01 ^{Ac}
12	6/71±0/04 ^{Ac}	6/53±0/04 ^{Bb}	6/50±0/01 ^{Bcd}	6/58±0/06 ^{Bbc}
15	6/85±0/02 ^{Aa}	6/73±0/01 ^{Aa}	6/75±0/01 ^{Aa}	6/80±0/05 ^{Aa}

داده‌های جدول شامل میانگین ± انحراف معیار است. (n=3)

حروف بزرگ (A,B,..) در هر سطر نشانه تاثیر تیمار در کاهش pH

حروف کوچک (a,b,..) در هر ستون نشانه تاثیر زمان نگهداری بر pH

بازهای نیتروژنی فرار

مجموع بازهای نیتروژنی فرار TVB-N از آمونیاک و آمین‌های فرار تشکیل شده است که به‌عنوان یکی از نشانگرهای اصلی تخریب و تجزیه گوشت محسوب می‌شود (Yilmaz et al., 2009). جدول 3 اثر تیمار محلول‌های نمک-شکر را بر محتوای TVB-N در نمونه‌های فیش فینگر نگهداری شده در دمای 4 درجه سانتی‌گراد نشان می‌دهد. مقادیر TVB-N در تمامی تیمارها طی دوره نگهداری روند افزایشی داشت (p<0/05)، افزایش مجموع بازهای نیتروژنی فرار طی دوره نگهداری را می‌توان با فعالیت‌های باکتریایی مولد فساد و آنزیم‌های درونی مرتبط دانست (Yilmaz et al., 2009). از آنجا که مجموع بازهای نیتروژنی فرار به‌طور عمده در اثر تجزیه باکتریایی گوشت ماهی ایجاد می‌شود، افزایش بار باکتریایی طی دوره را نیز می‌توان دلیلی برای این مورد دانست (Ojagh et al., 2010). با توجه به نتایج به‌دست آمده در جدول 3 یک کاهش در مقادیر TVB-N در روز 9 دوره مشاهده

می‌شود که علت این کاهش خروج ترکیبات نیتروژن‌دار از بافت ماهی در اثر از دست دادن خونابه می‌باشد (Huidobro et al., 2001). تشکیل TVB-N در گوشت ماهی به‌طور عمده نتیجه شکستن پروتئین است که مربوط به فعالیت‌های میکروبی و آنزیمی پروتئولیتیک می‌باشد (Yasin and Abou-Taleb, 2007). در مطالعه حاضر TVB-N اولیه در فیش فینگر تیمار 1، 10/30 mg/100g بود. سرعت افزایش TVB-N در تیمار دوم نسبت به دیگر تیمارهای آزمایش کمتر بود این موضوع می‌تواند به علت تولید اسیدهای آلی مثل اسید استیک باشد که به هنگام مصرف شکر توسط باکتری‌های تولیدکننده اسید باعث خنثی کردن ترکیبات نیتروژنی فرار می‌گردد (Hong et al., 2012). بیشترین میزان TVB-N در تیمار 1 دیده شد (p<0/05). تیمار 4 نسبت به تیمار 2 و 3 مقادیر TVB-N بالاتری داشت که افزایش میزان بازهای آلی فرار در تیمار 4 ممکن است با فعالیت باکتریایی و آنزیمی به‌خصوص رشد باکتری‌های نمک دوست (هالوفیل) در ارتباط باشد، به این صورت

میزان آن از 30 میلی‌گرم در 100 گرم گوشت بیشتر شود فرآورده غیرقابل مصرف است (Tokur et al., 2006; Kim and Lee, 1986). در مطالعه حاضر مقادیر TVB-N تنها در تیمار 2 تا پایان دوره از حد مجاز بالاتر نرفته و همچنان قابل مصرف بود.

که کاتابولیسم اسیدآمینه توسط باکتری در عضله ماهی منجر به تشکیل آمونیاک و دیگر بازهای آلی فرار می‌شود (Fraser and Sumar, 1998). هرگاه مقدار TVB-N در ماهی از 20 میلی‌گرم در 100 گرم نمونه کمتر باشد می‌توان آن را قابل مصرف محسوب کرد و زمانی که

جدول 3- تغییرات مقادیر TVB-N (میلی‌گرم در 100 گرم گوشت ماهی) در زمان‌ها و تیمارهای مختلف

روز	تیمار 1	تیمار 2	تیمار 3	تیمار 4
صفر	10/30±0/81 ^{Ad}	10/25±0/81 ^{Ad}	10/30±0/81 ^{Ad}	11/13±0/81 ^{Ad}
3	11/13±0/50 ^{Bcd}	10/30±0/81 ^{Bc}	12/33±0/94 ^{ABd}	14/40±0/90 ^{AcD}
6	14/20±1/06 ^{Bc}	12/13±0/81 ^{Bbc}	16/33±0/81 ^{ABc}	17/33±0/61 ^{Ac}
9	12/00±0/90 ^{AcD}	6/53±0/81 ^{Bd}	6/80±1/07 ^{Be}	14/13±1/60 ^{AcD}
12	21/53±1/74 ^{Ab}	14/40±0/90 ^{Bb}	21/80±1/91 ^{Ab}	24/13±1/40 ^{Ab}
15	28/13±1/53 ^{ABa}	20/53±0/94 ^{Ca}	25/80±1/20 ^{Ba}	27/20±1/40 ^{Aa}

داده‌های جدول شامل میانگین ± انحراف معیار است. (n=3)

حروف بزرگ (A,B,..) در هر سطر نشانه تاثیر تیمار در کاهش TVB-N

حروف کوچک (a,b,..) در هر ستون نشانه تاثیر زمان نگهداری بر TVB-N

گردد (Davidson and Zivanivic, 2003). پراکسیدها، در مرحله اول اکسیداسیون به واسطه اتصال اکسیژن به پیوند دوگانه اسیدهای چرب غیراشباع تشکیل می‌شوند (Cadun et al., 2008). به همین دلیل اکسیداسیون اولیه چربی با استفاده از اندازه‌گیری میزان پراکسید آروزیایی می‌شود (Cadun et al., 2008).

پراکسید

مدت زمان نگهداری گوشت به علت ترکیب بیولوژیکی آن، حتی در شرایط یخچالی دارای محدودیت‌هایی می‌باشد و سریعاً دچار آلودگی میکروبی و شیمیایی می‌گردد، که می‌تواند علاوه بر خطرات بهداشتی باعث ایجاد تغییرات نامطلوب در خصوصیات کیفی آن از قبیل طعم و بو، رنگ، بافت و کاهش ارزش غذایی و نهایتاً کاهش ماندگاری آن

جدول 4- تغییرات مقادیر PV (میلی‌اکی والان اکسیژن در کیلوگرم چربی ماهی) در زمان‌ها و تیمارهای مختلف

روز	تیمار 1	تیمار 2	تیمار 3	تیمار 4
صفر	3/00±0/30 ^{Ac}	1/70±1/22 ^{Ac}	2/32±0/30 ^{Ac}	2/84±0/75 ^{Ac}
3	3/35±0/40 ^{Ac}	2/60±0/50 ^{Bbc}	2/93±0/25 ^{ABc}	3/40±0/15 ^{Abc}
6	3/33±0/21 ^{Ac}	2/43±0/06 ^{Bbc}	3/04±0/15 ^{Ac}	3/07±0/30 ^{Abc}
9	2/93±0/30 ^{Ac}	2/55±0/40 ^{Abc}	2/63±0/15 ^{Ac}	2/73±0/21 ^{Ac}
12	4/90±0/23 ^{Ab}	3/93±0/30 ^{Bb}	4/20±0/12 ^{Bb}	4/20±0/15 ^{Bb}
15	9/13±0/55 ^{Aa}	6/63±0/30 ^{Ca}	8/40±0/70 ^{Ba}	9/00±0/55 ^{Aa}

داده‌های جدول شامل میانگین ± انحراف معیار است. (n=3)

حروف بزرگ (A,B,..) در هر سطر نشانه تاثیر تیمار در کاهش PV

حروف کوچک (a,b,..) در هر ستون نشانه تاثیر زمان نگهداری بر PV

(meq O₂/kg fat) 7 تا 8 گزارش شده است (Memon et al., 2010). مقدار پراکسید در زمان صفر برای تیمار 1، تیمار 2، تیمار 3 و تیمار 4 به ترتیب 3/00، 1/70، 2/32 و 2/84 meq O₂/kg fat بود. مقادیر پراکسید تیمارها به شکل معنی‌داری در مدت زمان نگهداری افزایش یافت (p<0/05)، که بیشترین مقدار پراکسید در تیمار 1 و

پراکسیدها ترکیبات بدون طعم و بو هستند، که به وسیله مصرف‌کنندگان تشخیص داده نمی‌شوند، ولی در مرحله بعدی اکسیداسیون سبب به وجود آمدن ترکیبات ثانویه‌ای مثل آلدئیدها و کتون‌ها می‌شوند که به وسیله مصرف‌کنندگان قابل تشخیص است (Özyurt et al., 2009). حد مجاز پراکسید

کمترین مقدار در نمونه حاوی 5 درصد نمک (تیمار 2) مشاهده شد. احتمالاً دلیل این امر خاصیت آنتی اکسیدانی شکر می باشد (Faraji and Lindsay, 2005). همچنین میزان پراکسید در روز 15 نگهداری در تیمار 4 نسبت به تیمار 2 و 3 بیشتر بود، که با نتایج حاصله توسط Guizani و همکاران (2014) مطابقت دارد. Guizani و همکاران (2014) با بررسی اکسیداسیون چربی و تغییرات اسیدهای چرب در ماهی تون (*Thunnus albacares*) دودی گرم شده تحت تاثیر غلظت های مختلف نمک (5، 10 و 15%) بیان کردند که نمونه های غوطه ور شده در غلظت 10 درصد نمک مقدار پراکسید بالاتری نسبت به بقیه تیمارها داشتند، به نظر می رسد که نمک در سطح 10 درصد اکسیداسیون چربی را افزایش داده است. همچنین Ziprin و Rhee (2001) بیان کردند که افزودن نمک در سطح 2/5 - 0/5 درصد از اکسیداسیون چربی جلوگیری می کند.

تیوباربتوریک اسید

شاخص TBA، میزان محصولات ثانویه اکسیداسیون به ویژه آلدئیدها را نشان می دهد. روند افزایشی این شاخص در طول مدت نگهداری ممکن است به دلیل افزایش آهن آزاد و دیگر پراکسیدان ها در ماهیچه باشد. آلدئیدها به عنوان محصول ثانویه اکسیداسیون از

تجزیه هیدرو پراکسیدها ایجاد می شوند. روند افزایشی هیدروپراکسیدها می تواند دلیلی بر این موضوع باشد (Gomes et al., 2003). طبق نتایج به دست آمده در جدول شماره 6، کاهش در میزان TBA در روز 9 دوره مشاهده شد که ممکن است به دلیل کاهش هیدروپراکسیدها و واکنش بین مالون آلدئید با پروتئین ها، اسیدهای آمینه و گلیکوژن باشد و این امر سبب کاهش مقادیر مالون آلدئید گردیده است (Gomes et al., 2003). شاخص TBA درجه ترشیدگی را در محصول نمک سود نشان می دهد که مقادیر بالای 4-3 میلی گرم مالون آلدئید بر کیلوگرم، کیفیت پایین محصولات را نشان می دهد (Karacam and Boran, 2003). در مطالعه حاضر پایین ترین کیفیت محصول مربوط به تیمار شاهد بود ($p < 0/05$) (جدول 5). از طرفی تیمارهایی که حاوی شکر بودند مقدار TBA اولیه کمتری در مقایسه با دیگر تیمارها داشتند. Faraji و Lindsay (2005) بیان کردند که شکرها، به ویژه آنهایی که وزن مولکولی پائین یا تعداد گروه های OH کمتری دارند دارای فعالیت آنتی اکسیدانی بوده، بنابراین تخریب اکسیداسیونی را تا حدودی کنترل می کنند. به علت پایین بودن مقدار TBA در مرحله نگهداری، نمی توان از این شاخص به عنوان یک شاخص قابل اعتماد جهت تشخیص کیفیت محصولات استفاده نمود (Karacam, et al., 2002).

جدول 5- تغییرات تیوباربتوریک اسید (میلی گرم مالون آلدئید در 100 گرم گوشت ماهی)

روز	تیمار 1	تیمار 2	تیمار 3	تیمار 4
صفر	0/05±0/01 ^{Ab}	0/04±0/00 ^{Ac}	0/05±0/00 ^{Ad}	0/05±0/00 ^{Ae}
3	0/08±0/01 ^{Bab}	0/05±0/00 ^{Cbc}	0/07±0/00 ^{Bc}	0/13±0/01 ^{Aa}
6	0/07±0/05 ^{Aab}	0/07±0/01 ^{Ab}	0/09±0/01 ^{Aab}	0/11±0/00 ^{Ab}
9	0/06±0/00 ^{Aab}	0/06±0/00 ^{Bb}	0/07±0/00 ^{Bc}	0/07±0/00 ^{ABd}
12	0/11±0/01 ^{Aa}	0/08±0/00 ^{Ba}	0/09±0/00 ^{Bb}	0/09±0/00 ^{Bc}
15	0/13±0/00 ^{Aa}	0/09±0/01 ^{Ca}	0/10±0/00 ^{Ba}	0/12±0/00 ^{Ab}

داده های جدول شامل میانگین ± انحراف معیار است. (n=3)

حروف بزرگ (A,B,..) در هر سطر نشانه تاثیر تیمار در کاهش TBA
حروف کوچک (a,b,..) در هر ستون نشانه تاثیر زمان نگهداری بر TBA

شمارش باکتری کل

بار باکتریایی کل (TVC) اولیه برای گونه های مختلف آب شیرین در محدوده بین $2 \log \text{cfu/g}$ تا 6 می باشد (Gimenez et al., 2002; Arashisar et al., 2004). مقادیر TVC فیش فینگرهای نگهداری شده در دمای یخچال، در مطالعه حاضر، در جدول 6 نشان داده شده است. نتایج نشان می دهد طی دوره نگهداری افزایش قابل ملاحظه ای در مقادیر TVC در نمونه های مورد آزمایش صورت پذیرفته است ($p < 0/05$). مقایسه تیمارها با تیمار 1 نشان داد که بار باکتریایی در

گروه های تحت تیمار محلول های اسمزی نسبت به تیمار 1 کمتر بوده است. علت این کاهش به دلیل اثر نمک در کاهش فعالیت آبی در گوشت بوده که سبب کاهش رشد و فعالیت میکروارگانیسم ها گردیده است (Leroi et al., 2000). در پایان دوره، بیشترین میزان بار باکتریایی در تیمار شماره 1 و کمترین میزان در تیمار شماره 2 مشاهده گردید. علت کاهش بار باکتریایی در تیمار 2، می تواند به واسطه عملکرد متفاوت مولکول های شکر در مقایسه با نمک باشد، زیرا مولکول های شکر در مقایسه با نمک، کاهش آب بیشتری را سبب می شوند (Collignan

افزایش تعداد باکتری‌های نمک دوست (هالوفیل) باشد (Fraser and Sumar, 1998). بر اساس نتایج، مقادیر بار باکتریایی در تمامی تیمارها تا پایان دوره از حد قابل قبول پیشنهادی آن ($7 \log \text{cfu/g}$) توسط ICMSF (1986) تجاوز نکرد.

(and Raoult-Wack, 1994). علاوه بر این تغییر غلظت یونی و فشار اسمزی فیلدهای نمک سود شده برای باکتری‌هایی که با شرایط آب شیرین سازگار هستند، مطلوب نمی‌باشد. همچنین تیمار 4 نسبت به تیمار 2 و 3 بار باکتریایی بیشتری داشته که ممکن است به دلیل

جدول 6- تغییرات مقادیر TVC ($\log \text{cfu/g}$) در زمان‌ها و تیمارهای مختلف

روز	تیمار 1	تیمار 2	تیمار 3	تیمار 4
صفر	2/20±0/13 ^{Ae}	1/80±0/00 ^{Be}	1/60±0/10 ^{Bf}	1/83±0/12 ^{Be}
3	3/10±0/04 ^{Ad}	2/20±0/20 ^{Ce}	2/64±0/10 ^{Be}	2/80±0/04 ^{Bd}
6	4/04±0/04 ^{Ac}	3/30±0/21 ^{Bd}	3/72±0/03 ^{ABd}	3/91±0/02 ^{Ac}
9	5/20±0/20 ^{Ab}	4/20±0/20 ^{Cc}	4/56±0/06 ^{Bc}	5/03±0/07 ^{Ab}
12	6/20±0/04 ^{Aa}	4/80±0/04 ^{Cb}	5/54±0/05 ^{Bb}	5/84±0/30 ^{Ba}
15	6/32±0/01 ^{Aa}	5/80±0/04 ^{Ba}	6/00±0/02 ^{Ba}	6/04±0/02 ^{Ba}

داده‌های جدول شامل میانگین $\pm$ انحراف معیار است. (n=3)

حروف بزرگ (A,B,..) در هر سطر نشانه تأثیر تیمار در کاهش TVC

حروف کوچک (a,b,..) در هر ستون نشانه تأثیر زمان نگهداری بر TVC

می‌دهد. بر اساس نتایج، مقدار PTC گروه‌های تحت آزمایش روندی افزایشی داشته که این روند در تیمار 1 شدت بیشتری داشت ($p<0/05$). از نظر بار باکتریایی سرمادوست تیمار 2 دارای کمترین مقدار تا پایان دوره بود که علت آن به واسطه کاهش آب بزرگتر توسط مولکول‌های شکر می‌باشد (Colligan and Raoult-Wack, 1994).

شمارش باکتری‌های سرمادوست

گروه اصلی میکروارگانیسم‌های مسئول فساد ماهی تازه نگهداری شده به صورت سرد، باکتری‌های سرمادوست گرم منفی هستند (Sallam, 2007; Gram and Huss, 1996). جدول 8 تغییرات مقادیر بار باکتری‌های سرمادوست را در نمونه‌های فیش فینگر نشان

جدول 7- تغییرات مقادیر PTC ($\log \text{cfu/g}$) در زمان‌ها و تیمارهای مختلف

روز	تیمار 1	تیمار 2	تیمار 3	تیمار 4
صفر	2/00±0/09 ^{Ae}	0/80±0/70 ^{Ce}	1/20±0/20 ^{Be}	1/30±0/25 ^{Be}
3	3/12±0/07 ^{Ad}	1/95±0/22 ^{Cd}	2/60±0/01 ^{Bd}	2/84±0/05 ^{ABd}
6	4/00±0/04 ^{Ac}	3/35±0/09 ^{Cc}	3/77±0/06 ^{Bc}	3/83±0/06 ^{ABc}
9	5/24±0/20 ^{Ab}	4/70±0/10 ^{Bb}	4/80±0/06 ^{Bb}	5/03±0/07 ^{Ab}
12	6/13±0/08 ^{Aa}	5/70±0/01 ^{Ca}	5/90±0/04 ^{Ba}	5/90±0/02 ^{Ba}
15	6/21±0/01 ^{Aa}	5/92±0/03 ^{Ca}	6/01±0/02 ^{Ba}	6/08±0/02 ^{Ba}

داده‌های جدول شامل میانگین $\pm$ انحراف معیار است. (n=3)

حروف بزرگ (A,B,..) در هر سطر نشانه تأثیر تیمار در کاهش PTC

حروف کوچک (a,b,..) در هر ستون نشانه تأثیر زمان نگهداری بر PTC

نشان داد که از لحاظ فاکتور بو و طعم در ابتدای دوره تیمار 2 بالاترین امتیاز و تیمار 1 کمترین امتیاز را دارا بود که این روند تا انتهای دوره ادامه یافت و تیمار 2 همچنان بهترین امتیاز را به لحاظ بو و طعم نشان داد. در واقع با گذشت زمان و پیشرفت فساد، بوی ناشی از آن در تیمار 1 نسبت به گروه‌های دیگر بیشتر می‌گردد که این امر سبب امتیاز بالاتر بو برای گروه‌های تحت تیمار اسمزی گردید. با توجه به جدول 3 و 5

ارزیابی حسی

ارزیابی حسی به منزله یکی از روش‌های سنجش کیفیت ماهیان طی دوره نگهداری در مطالعات بسیاری از محققان به کار رفته و از آن به منزله روشی مناسب برای برآورد کیفیت ماهی طی دوره نگهداری نام برده شده است (Fan et al., 2008; Fan et al., 2009; Mexis et al., 2009; Ojagh et al., 2010). نتایج حاصل از ارزیابی حسی

(تغییرات TVB-N و TBA) و تغییرات بو، انطباق جالبی بین کاهش امتیاز بوی نمونه و افزایش TVB-N و TBA مشاهده می‌شود. این امر نشان‌دهنده تغییرات مولفه بو متناسب با پیشرفت فساد در محصول مورد مطالعه بوده است که با نتایج به‌دست آمده توسط گالاس و کونتامیناز (Goulas and Kontominas, 2007) مطابقت دارد.

جدول 8- نتایج ارزیابی حسی برای تیمارهای مختلف نسبت به زمان

مولفه حسی	تیمار	صفر	3	6	9	12	15
بو	1	5/25± 1/30 ^{ABa}	5/25± 1/70 ^{Aa}	4/25± 1/03 ^{Bb}	4/25± 1/03 ^{Bb}	3/75± 1/03 ^{Bbc}	3/12± 1/55 ^{BCc}
	2	6/25± 1/03 ^{Aa}	5/00± 0/00 ^{ABb}	5/00± 0/00 ^{Ab}	5/00± 0/00 ^{Ab}	5/00± 1/51 ^{Ab}	4/50± 0/92 ^{Ab}
	3	5/00± 1/51 ^{Ba}	4/75± 1/70 ^{Ba}	4/50± 0/93 ^{ABa}	4/50± 0/93 ^{Aa}	4/25± 1/03 ^{Bb}	3/60± 1/00 ^{Bc}
	4	5/75± 1/50 ^{Aa}	5/50± 1/80 ^{Aa}	4/75± 1/30 ^{Ab}	4/00± 1/07 ^{ABbc}	3/75± 1/03 ^{Bc}	3/25± 1/90 ^{Cd}
طعم	1	5/25± 1/30 ^{ABa}	4/90± 2/41 ^{Aa}	3/62± 1/80 ^{Bb}	3/50± 0/92 ^{Bb}	2/90± 1/36 ^{Bbc}	1/90± 1/55 ^{Bc}
	2	6/50± 0/92 ^{Aa}	5/00± 1/51 ^{Ab}	5/00± 1/07 ^{Ab}	5/00± 0/00 ^{Ab}	4/75± 0/70 ^{Ab}	4/25± 1/03 ^{Ab}
	3	4/75± 1/67 ^{Ba}	4/50± 0/93 ^{Aa}	3/62± 1/80 ^{Bb}	3/62± 1/80 ^{Bb}	3/40± 1/70 ^{Bb}	2/90± 1/55 ^{Bc}
	4	6/00± 1/07 ^{Aa}	4/90± 2/64 ^{Ab}	3/50± 0/93 ^{Bc}	3/40± 1/70 ^{Bc}	3/12± 1/55 ^{Bcd}	2/50± 1/70 ^{Bd}
رنگ	1	5/50± 1/41 ^{Aa}	5/00± 1/51 ^{ABa}	4/25± 1/03 ^{Bb}	4/12± 1/80 ^{Bb}	3/90± 1/80 ^{Bb}	2/75± 1/03 ^{Ab}
	2	6/00± 1/51 ^{Aa}	6/00± 1/07 ^{Aa}	5/25± 1/30 ^{Aab}	5/00± 1/07 ^{Ab}	4/50± 1/41 ^{Ab}	4/12± 1/80 ^{Ab}
	3	6/00± 1/85 ^{Aa}	4/75± 1/30 ^{Bb}	4/75± 0/71 ^{Ab}	4/25± 1/03 ^{ABb}	4/00± 1/51 ^{ABbc}	3/75± 1/90 ^{Bc}
	4	5/75± 1/83 ^{Aa}	5/00± 1/85 ^{ABab}	4/75± 0/71 ^{Ab}	4/75± 0/71 ^{Ab}	4/75± 0/71 ^{Ab}	3/50± 0/93 ^{Ac}
بافت	1	5/50± 0/93 ^{ABa}	5/25± 1/30 ^{ABa}	3/75± 1/03 ^{Bb}	2/90± 1/36 ^{Bbc}	2/62± 1/06 ^{Cbc}	1/40± 2/00 ^{Cc}
	2	6/25± 1/03 ^{Aa}	6/00± 1/07 ^{Aa}	6/00± 1/07 ^{Aa}	5/00± 0/00 ^{Ab}	4/90± 2/41 ^{Ab}	4/75± 0/71 ^{Ab}
	3	5/00± 1/51 ^{Ba}	5/00± 1/51 ^{Ba}	3/50± 0/93 ^{Bb}	3/40± 1/70 ^{Bb}	3/25± 0/71 ^{Bb}	3/00± 0/00 ^{Bb}
	4	6/00± 1/07 ^{Aa}	5/75± 1/83 ^{Aa}	3/75± 1/03 ^{Bb}	3/75± 1/03 ^{Bb}	3/50± 0/93 ^{Bb}	2/50± 1/70 ^{Bc}
پذیرش کلی	1	5/25± 0/71 ^{Ba}	5/00± 1/51 ^{ABa}	3/62± 1/80 ^{Bb}	3/12± 1/55 ^{Bbc}	2/80± 1/36 ^{Bc}	2/50± 1/36 ^{Cc}
	2	6/50± 0/92 ^{Aa}	5/50± 0/92 ^{Ab}	5/00± 1/07 ^{Abc}	5/00± 0/00 ^{Abc}	5/00± 0/00 ^{Abc}	4/75± 1/67 ^{Ac}
	3	5/00± 1/51 ^{Ba}	4/50± 0/93 ^{Ba}	4/25± 1/03 ^{ABb}	3/90± 1/81 ^{Bbc}	3/75± 1/03 ^{Bbc}	3/40± 1/70 ^{Bc}
	4	6/00± 1/07 ^{ABa}	4/90± 2/42 ^{ABb}	4/25± 1/03 ^{ABbc}	4/00± 1/07 ^{ABc}	3/00± 2/07 ^{Bd}	2/70± 0/00 ^{Cd}

داده‌های جدول شامل میانگین $\pm$ انحراف معیار است (n = 7).

حروف بزرگ (A, B, ...) در هر ستون نشانه تفاوت معنی‌دار بین تیمارها است ($p < 0/05$).

حروف کوچک (a, b, ...) در هر سطر نشانه تفاوت معنی‌دار در زمان‌های مختلف است ($p < 0/05$).

تیمار 1 برخوردار شدند. همچنین مقایسه بین تیمارها به لحاظ بافت، نشان داد که تیمار 1 به لحاظ بافت پایین‌ترین امتیاز را به‌خود اختصاص داده ($p < 0/05$) و تیمار 2 بهترین امتیاز بافت را در کل دوره نشان داد. به‌طور کلی قدرت نگهداری آب در گوشت ماهی از عوامل تعیین‌کننده کیفیت بافت بوده و خود به‌طور مستقیم با مقدار پروتئین‌های میوفیبریل ارتباط دارد (Suvanich et al., 2000). تغییر در ظرفیت نگهداری آب پروتئین‌های میوفیبریل که ناشی از تغییر ماهیت این پروتئین‌ها است (Gomez-Guillen et al., 1997)، سبب کاهش کیفیت بافتی می‌گردد. با توجه به اینکه محلول‌های اسمزی، سبب کاهش فعالیت آب (Leroi et al., 2000)، کاهش فعالیت میکروارگانیسم‌ها و در نهایت

به‌لحاظ رنگ در شروع دوره بین تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید ($p > 0/05$)، ولی در انتهای دوره تیمار 1 کمترین امتیاز رنگ را دارا بود. یکی از دلایل کاهش امتیاز رنگ طی نگهداری افزایش فساد می‌باشد. رنگ قرمز مایل به صورتی گوشت ماهی به‌طور غالب ناشی از رنگدانه‌های هم موجود در آن است. با افزایش فساد ماهی، کمپلکس "هم" تخریب شده و یون آهن آزاد می‌شود. البته این یون‌های فلزی خود به‌عنوان پراکسیدان نقش مهمی در اکسیداسیون چربی‌ها بازی می‌کنند (Otwell et al., 2006). با کند شدن روند فساد فیله‌ها تحت اثر محلول‌های اسمزی به کار برده شده در این پژوهش، نمونه‌های تحت تیمار اسمزی از امتیاز رنگ بهتری نسبت به نمونه

نتیجه‌گیری

هدف از مطالعه حاضر اندازه‌گیری تاثیر تیمارهای نمک و شکر بر ویژگی‌های کیفی فیش فینگر کپور نقره‌ای و بررسی پتانسیل کاربرد اسمز به‌عنوان تیمار حداقلی برای توسعه ماندگاری فرآورده‌های ماهی بوده است. شرایط زمان - دما (30 دقیقه و 4°C) منجر به کاهش فعالیت آب و افزایش ثبات محصول نهایی گردید. در این مطالعه بار میکروبی با روند فساد هماهنگ و همسو نبوده که علت آن به‌واسطه کاهش فعالیت آب طی تیمار اسمزی و اثر نگهدارنده نمک و شکر در فیش فینگرها بود. اگرچه نمک ماندگاری گوشت را افزایش می‌دهد، ولی تماس ماهی با غلظت‌های بالای نمک، آبدائی پروتئین‌های عضله را افزایش داده، تعادل پروتئین - پروتئین و واکنش‌های پروتئین - آب را تغییر داده و در نتیجه امتیاز کیفیت را کاهش داد. تیمار اسمزی باعث افزایش زمان ماندگاری فیله‌ها و محصولات آن‌ها گردید که این افزایش به علت اثر ممانعتی این محلول‌ها در مقابل رشد باکتری‌های عامل فساد بوده، که نهایتاً منجر به کاهش محصولاتی ناشی از فساد مانند TBA و TVB-N گردید. نتایج این مطالعه نشان داد که محلول‌های اسمزی پتانسیل جایگزین شدن تیمارهای حرارتی و شیمیایی را برای تولید یک محصول با کیفیت و سالم با ظاهری مورد پسند مصرف‌کنندگان دارند.

تشکر و قدردانی

نگارندگان از همکاری صمیمانه آقایان مهندس راهداری، کیخا و امیری (پژوهشکده تالاب هامون)، حیدری و دهمرده (کارشناس گروه شیلات دانشگاه زابل) و آقای مهندس نورافر نهایت امتنان را دارند.

کاهش دنا توره شدن پروتئین‌ها می‌گردند، منجر به کاهش از دست دادن آب و تغییر کمتر ویژگی‌های بافتی می‌شوند (Jeevanandam et al., 2001). با گذشت زمان هرچه بافت محصول نرم‌تر می‌شود، بوی آن به سوی آمونیاکی شدن پیش رفته و رنگ آن شفاف‌تر می‌شود که تمامی این پارامترها در مجموع باعث کاهش پذیرش کلی محصول می‌گردد. تیمارهای حاوی شکر بافت بهتری داشتند. دلیل این امر، عملکرد ویژه مولکول‌های شکر می‌باشد. زیرمولکول‌های شکر قادرند استحکام ساختار پروتئین‌ها را بهتر حفظ کرده و سرعت انباشتگی را کاهش دهند که در نهایت منجر به حفظ بهتر حلالیت پروتئین‌ها گردیده و بافت بهتری برای محصول حاصل می‌شود (Herrera and Mackie, 2004).

بر اساس نتایج بررسی‌های حسی، عمر ماندگاری نمونه تیمار 1 و نمونه‌های نگهداری شده در دمای 4 درجه سانتی‌گراد برای نمونه تیمار اول 10 روز، نمونه‌های تیمار دوم 15 روز، تیمار سوم 12 روز و تیمار چهارم 11 روز تعیین شد. روند تغییر وضعیت ویژگی‌های حسی در تیمارها طی مدت نگهداری هماهنگ و همسو با تغییرات اکسیداسیون در تیمارهای مورد آزمایش بود. این موضوع را می‌توان به اکسیداسیون چربی نسبت داد که باعث تخریب و افت کیفیت حسی و کاهش مقدار مواد مغذی از جمله اسیدهای چرب چندغیراشباع⁶ (PUFA) و تولید محصولات ثانویه اکسیداسیونی در محصول می‌شود (Kolakowska et al., 2006). بر اساس نتایج حاصل از ارزیابی حسی، تیمار شماره 2 به‌عنوان بهترین تیمار به لحاظ مقبولیت فاکتورهای حسی توسط ارزیاب‌ها انتخاب گردید.

منابع

- Al-Bulushi, I., Kasapis, S., Al-oufi, H. and Al-Mamaris, S. 2005. Evaluating the quality and storage stability of fish burgers during frozen storage. *Fisheries Science*, 71(3): 648-654.
- AOAC. 2000. Official methods of analysis. 17th Association of official analytical chemists, Procedure, Washington, DC.
- Arashisar, S., Hisara, O., Kayab, M. and Yanik, T. 2004. Effects of modified atmosphere and vacuum packaging on microbiological and chemical properties of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets. *International Journal of Food Microbiology*, 97:209-14.
- Asgharzadeh, A., Shabanpour, B., Aubourg, S.P. and Hosseini, H. 2010. Chemical changes in silver carp minced muscle during frozen storage: Effect of a previous washing process. *GRASA, YACETTES*, 61(1): 95-101.
- ASTM. 1969. Manual on sensory testing methods. American Society for Testing and Materials, 1916. Race Street, Philadelphia, Pa. 19103, pp: 34-42.
- Auh, J.H., Lee, H.G., Kim, J.W., Kim, J.C., Yoon, H.S. and Park, K.H. 1999. Highly concentrated branched oligosaccharides as cryoprotectant for surimi. *Journal of Food Science*, 64(3): 418-422.
- Bochi, V.C., Weber, J., Ribeiro, C.P., Victório, A.M. and Emanuelli, F. 2008. Fishburgers with silver catfish (*Rhamdia quelen*) filleting residue. *Bioresource Technology*, 99: 8844-8849.
- Bohuon, P., Collignan, A., Rios, G.M. and Raoult-Wack, A.L. 1998. Soaking process in ternary liquids: Experimental study of mass transport under natural and forced convection. *Journal of Food Engineering*, 37: 451-469.
- Bolin, H.R., Huxsoll, C.C., Jackson, R. and Ng, K.C. 1983. Effect of osmotic agents and concentration on fruit quality. *Journal of Food Science*, 48: 202-205.

- Burt, S. 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods. *International Journal of Food Microbiology*, 94:223-253.
- Cadun, A., Cakli, D. and Cakli, S. 2008. Marination of deep-water pink shrimp with rosemary extract and the determination of its shelf-life. *Food Chemistry*, 109:81-87.
- Calo-Mata, P., Arlindo, S., Boehme, K., de Miguel, T., Pascoal, A. and Barros-Velazquez, J. 2008. Current applications and future trends of lactic acid bacteria and their bacteriocins for the biopreservation of aquatic food products. *Journal of Food and Bioprocess Technology*, 1(1): 43-63.
- Collignan, A. and Raoult-Wack, A.L. 1994. Dewatering and salting of cod by immersion in concentrated sugar/salt solutions. *Lebens- mittel-Wissenschaft und Technologie*, 27: 259-264.
- Collignan, A., Bohuom, P., Deumier, F. and Poligné, I. 2001. Osmotic treatment of fish and meat product. *Journal of Food Engineering*, 49 (2-3): 153-162.
- Davidson, P.M. and Zivanovic, S. 2003. The use of natural antimicrobials. In: Zeuthen P and Bogh-Sorensen L. (Eds.), Food preservation techniques. Woodhead Publishing Limited and CRC Press, Washington, pp: 5-8.
- Egan, H., Kirk, R.S., Sawyer, R. and Pearson, D. 1997. Chemical Analysis of food. 9th Edn. *Longman Scientific and Technical*; pp: 609-634.
- Elyasi, A., 2009. Fish finger production of rearing Iranian cyprinidae, Master science seminar, Zabol University, pp: 9-18.
- Fan, W., Chi, Y. and Zhang, S. 2008. The use of a tea polyphenol dips to extend the shelf life of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) during storage in ice. *Food Chemistry*, 108(1): 148-153.
- Fan, W., Sun, J., Chen, Y., Qiu, J., Zhang, Y. and Chi, Y. 2009. Effects of chitosan coating on quality and shelf life of silver carp during frozen storage. *Food Chemistry*, 115(1): 66-70.
- Faraji, H. and Lindsay, R.C. 2005. Antioxidant protection of bulk fish oil by dispersed sugars and polyhydric alcohols. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53: 736-744.
- Favetto, G., Chirife, J. and Bartholomai, G.B. 1981. A study of water activity lowering in meat during immersion cooking in sodium chloride-glycerol solution. II. Kinetics of a_w lowering and effect of some process variables. *Journal of Food Technology*, 16: 621-628.
- Fraser, O.P. and Sumar, S. 1998. Compositional changes and spoilage in fish (part II), microbiological induced deterioration. *Nut Food Science*, 6: 525-322.
- Gimenez, B., Roncales, P. and Beltran, J.A. 2002. Modified atmosphere packaging of filleted rainbow trout. *Journal Science Food Agriculture*, 84: 1154-59.
- Gomes, H.A., Silva, E.N., Nascimento, M.R.L. and Fukuma, H.T. 2003. Evaluation of the 2-thiobarbituric acid method for the measurement of lipid oxidation in mechanically deboned gamma irradiated chicken meat. *Journal of Food Chemistry*, 80: 433-7.
- Gomez-Guillen, M.C., Mendes, R. and Montero, P. 1997. The effect of washing water parameters (pH, hardness and sodium pyrophosphate content) on the water holding capacity and gelatin characteristics of sardine (*Sardine pilchardus*) mince. *International Journal Food Research Technology*, 204: 13-20.
- Goulas, A.E. and Kontominas, M.G. 2005. Effect of salting and smoking-method on the keeping quality of chub mackerel (*Scomber japonicus*): biochemical and sensory attributes. *Food Chemistry*, 93: 511-520.
- Goulas, A.E. and Kontominas, M.G. 2007. Combined effect of light salting, modified atmosphere packaging and oregano essential oil on the shelf-life of sea bream (*Sparus aurata*): Biochemical and sensory attributes. *Food Chemistry*, 100: 287-296.
- Gram, L. and Huss, H.H. 1996. Microbiological spoilage of fish and fish products. *Journal of Food Microbiology*, 33:121-37.
- Guizani, N., Rahman, M.S., Al- Ruzeiqi, M.H., Al- Sabahi, J.N. and Sureshchandran, S. 2014. Effect of brine concentration on lipid oxidation and fatty acids profile of hot smoked tuna (*Thunnus albacares*) stored at refrigerated temperature. *Journal of Food Science Technology*, 51 (3): 577-582.
- Herrera, J.J.R. and MacKie, I.M. 2004. Cryoprotection of frozen stored actomyosin of farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) by some sugars and polyols. *Food Chemistry*, 84 (1): 91-97.
- Hong, H., Luo, Y., Zhou, Z. and Shen, H. 2012. Effects of low concentration of salt and sucrose on the quality of bighead carp (*Aristichthys nobilis*) fillets stored at 4°C. *Food Chemistry*, 133:102-107.
- Huidobro, A., Mendes, R. and Nunes, M.L. 2001. Slaughtering of gilthead seabream (*Sparus aurata*) in liquid ice: influence on fish quality. *European Food Research and Technology*, 213: 267-272.
- ICMSF "International commission on microbiological specifications for food" 1986. *Microorganisms in foods*. 2. Sampling for microbiological analysis: Principles and scientific applications. 2nd ed. Buffalo, NY: University of Toronto Press.
- Jeevanandam, K., Kakatkar, A., Doke, S.N., Bongiwari, V. and Venugopal, V. 2001. Influence of salting and gamma irradiation on the shelf-life extension of threadfin bream in ice. *Food Research International*, 34: 739-746.
- Jittinandana, S., Kenney, P. B., Slider, S. D. and Kiser, R. A. 2002. Effect of brine concentration and brining time on quality of smoked rainbow trout fillets. *Journal of Food Science*, 67(6): 2095-2099.

- Karacam, H., Kutlu, S. and Kose, S. 2002. Effect of salt concentrations and temperature on the quality and shelf life of brined anchovies. *International Journal of Food Science and Technology*, 37:19-28.
- Karacam, H. and Boran, M. 2003. Quality changes in frozen whole and gutted anchovies during storage at -18°C. *International Journal of Food Science and Technology*, 31 (6):527-531.
- Kim- K, S., and Lee, E.H. 1986. Food components of wild and cultured fresh water fishes, *Bulletin of the Korean Fisheries Society*, pp: 195-211.
- Koli, J.M., Basu, S., Nayak, B.B., Kannuchamy, N. and Gudipati, V. 2011. Improvement of gel strength and melting point of fish gelatin by addition of coenhancers using response surface methodology. *Journal of Food Science*, 76(6): E503-E509.
- Kolakowska, A., Zienkiewicz, L., Domiszewski, Z. and Bienkiewicz, G. 2006. Lipid changes and sensory quality of whole- and gutted rainbow trout during storage in ice. *Acta Ichthyologica Et Piscatoria*, 36(1): 39-47.
- Leroi, F., Joffraud, J.J. and Chevalier, F. 2000. Effect of salt and smoke on the microbiological quality of cold-smoked salmon during storage at 5°C as estimated by the factorial design method. *Journal of Food Protection*, 63(4): 502–508.
- Lin, C.C. and Lin, C.S. 2005. Enhancement of the storage quality of frozen bonito fillet by glazing with tea extracts. *Food Chemistry*, 16(2): 169-175.
- Manju, S., Srinivasa Gopal, T.K., Jose, L., Ravishankar, C.N. and Ashok Kumar, K. 2007. Nucleotide degradation of sodium acetate and potassium sorbate treated and vacuum packed Black Pomfret (*Parastromateus niger*) and Pearlscale (*Etroplus suratensis*) during chill storage. *Food Chemistry*, 102 (3): 699–706.
- Mexis, S.F., Chouliara, E. and Kontominas, M.G. 2009. Combined effect of an oxygen absorber and oregano essential oil on shelf life extension of rainbow trout fillets stored at 4 degrees C. *Food Microbiology*, 26(6), 598-605.
- Namulema, A., Muyonga, J.H. and Kaaya, N. A. 1999. Quality deterioration in frozen Nile Perch (*Lates niloticus*) stored at -13 and -27°C. *Food Research International*, 32 (2):151-156.
- Memon, N.N., Talpur, F. N., Sherazi, S.T.H. and Bhanger, M.I. 2010. Impact of refrigerated storage on quality of oil from fresh water Jarko (*Wallago attu*) fish. *Pakistan Journal of Analytical and Environmental Chemistry*, 11(2):37-43.
- Ojagh, S.M., Rezaei, M., Razavi, S.H. and Hosseini, S.M.H. 2010. Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. *Food Chemistry*, 120 (1):193-198.
- Otwell, W.S., Kristinsson, H.G. and Balaban, M.O. 2006. Modified atmospheric processing and packaging of fish, filtered smokes, carbon monoxide, and reduced oxygen packaging. Blackwell Press, 243 p.
- Özogul, F., Taylor, K. D. A., Quantick, P. and Özogul, Y. 2000. Chemical, microbiological and sensory evaluation of Atlantic herring (*Clupea harengus*) stored in ice, modified atmosphere and vacuum pack. *Food Chemistry*, 71(2): 267–273.
- Özyurt, G., Kuley, E., Özkütük, S. and Özogul, F. 2009. Sensory, microbiological and chemical assessment of the freshness of red mullet (*Mullus barbatus*) and goldband goatfish (*Upeneus moluccensis*) during storage in ice. *Food Chemistry*, 114:505-510.
- Park, J.W. and Lanier, T.C. 1987. Combined effects of phosphates and sugar or polyol on protein stabilization of fish myofibrils. *Journal of Food Science*, 52(6): 1509- 1513.
- Pérez-Alonso, F., Arias, C. and Aubourg, S.P. 2003. Lipid deterioration during chilled storage of Atlantic Pomfret (*Brama brama*). *European Journal of Lipid Science and Technology*, 105 (11):661-7.
- Razavi-Shirazi, H. 2002. Seafood Technology: Processing Science, Naghshe Mehr Publication, Tehran, Iran [In Persian].
- Rezaei, M., Sahari, M.A., Moeini, S., Safari, M. and Ghaffari, F. 2003. Comparison quality oil of anchovy kilka in two methods of transport and cold storage. *Iranian Journal of Fisheries Science*, 3:97-108 [in Persian].
- Rhee, K.S. and Ziprin, Y.A. 2001. Pro-oxidative effects of NaCl in microbial growth-controlled and uncontrolled beef and chicken. *Meat Science*, 57 (1):105–112.
- Rodriguez-Turienzo, L., Cobos, A., Moreno, V., Caride, A., Vieites, J. M. and Diaz, O. 2011. Whey protein-based coatings on frozen Atlantic salmon (*Salmo salar*): influence of the plasticizer and the moment of coating on quality preservation. *Food Chemistry*, 128(1), 187–194.
- Sallam, K.I. 2007. Antimicrobial and antioxidant effects of sodium acetate, sodium lactate and sodium citrate in refrigerated sliced salmon. *Food Control*, 18 (5):566-575.
- Sallam, Kh.I., Ishioroshi, M., and Samejima, K. 2004. Antioxidant and antimicrobial effects of garlic in chicken sausage, *LWT: Food Science and Technology*, 37 (8):849-559.
- Schubring, R. 1999. DSC Studies on deep frozen fishery products. *Thermochimica Acta*, 337 (1-2):89-95.
- Shevik-Lou, G.H. 1999. A Guide to Production of Fish Paste and Fish Paste Products. Tehran: Naghshe Mehr. pp. 2-12 [In Persian].
- Song, Y., Liu, L., Shen, H., You, J. and Luo, Y. 2011. Effect of sodium alginate-based edible coating containing different anti-oxidants on quality and shelf life of refrigerated bream (*Megalobrama amblycephala*). *Food Control*, 22(3–4): 608–615.

- Song, Y., Luo, Y., You, J., Shen, H. and Hu, S. 2012. Biochemical, sensory and microbiological attributes of bream (*Megalobrama amblycephala*) during partial freezing and chilled storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(1):197-202.
- Suvanich, V., Jahncke, M.L. and Marshall, D.L. 2000. Changes in selected chemical quality characteristics of channel catfish frame mince during chill and frozen storage. *Journal of Food Science*, 65(1): 24-29.
- Tiffney, P. and Mills, A. 1982. Storage trials of controlled atmosphere packaged fish products. Tech. Rep. No. 191. Sea Fish Industry Authority.
- Tokur, B., Ozkutuk, S., Atici, E., Ozyurt, G. and Enver, C., 2006. Chemical and sensory quality changes of fish fingers, made from mirror carp (*Cyprinus carpio*), during frozen storage. *Food Chemistry*, 99: 335-341.
- Tsironi, T., Salapa, I. and Taoukis, P. 2009. Shelf life modeling of osmotically treated chilled gilthead seabream fillets. *Journal of Food Science and Emerging Technologies*, 10: 23-31.
- Yanar, Y., Çelik, M. and Akamca, E. 2006. Effects of brine concentration on shelf-life of hot-smoked tilapia (*Oreochromis niloticus*) stored at 4°C. *Food Chemistry*, 97: 244-247.
- Yasin, N.M.N. and Abou-Taleb, M., 2007. Antioxidant and antimicrobial effects of marjoram and thyme in coated refrigerated semi fried mullet fish fillets. *World Journal of Dairy and Food Sciences*, 2 (1): 01-09.
- Yatsunami, K. and Takenaka, T. 1996. Changes in nitrogenous components and protease activity of fermented sardine with ricebran. *Journal of Fisheries Science*, 62:780-795.
- Yilmaz, M., Ceylan, Z.G., Kocaman, M., Kaya, M. and Yilmaz, H., 2009. The effect of vacuum and modified atmosphere packaging on growth of *Listeria* in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets. *Journal of Muscle Foods*, 20(4): 465-477.
- Yu, S. Y. and Siah, W. M. 1998. Development and acceptability of burgers made from *Selaroides leptolepis* and *Aristichthys nobilis*. *Asian Fisheries Science*, 10: 329-337.
- Zakipour Rahimabadi, E. and Divband, M. 2012. The Effects of Coating and *Zataria multiflora* Boiss Essential Oil on Chemical Attributes of Silver Carp Fillet Stored at 4 °C. *International Food Research Journal*, 19 (2): 685- 690.

Physicochemical, microbial and sensory characteristics of fish fingers made from treated silver carp fillet by salt and sugar solutions during refrigerated storage

M. Zolfaghari¹, E. Zakipour Rahimabadi, E^{2*}, M. Rigi³, M. Alipour Eskandani⁴

Received: 2019.07.10

Accepted: 2019.07.20

Introduction: Seafood is among the very perishable foodstuffs. For this reason, a lot of researches have focused on improving the quality of fish and increasing the shelf-life of fishery products, including the use of edible films, modified atmosphere, freezing and control of temperature. Storage in the refrigerator is one of the methods used in fish supply centers to keep quality and extend the product shelf-life. The storage of fish and seafood in the refrigerator decreases the enzymatic and chemical activity and activity of microorganisms. However, undesirable changes occur during refrigerator storage, which leads to a decrease in quality. Therefore, it is necessary to maintain the product quality by combining protective factors. The aim of the present study was to evaluate the preservation effects of salt/sugar solutions treatment on quality of fish fingers made from silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) fillets during refrigerated storage (4°C).

Materials and methods: The prepared fillets (about 100 g in weight) were soaked in cold 10% salt/sugar solutions for 30 min, allowed to drain for 15 min in refrigerator and after bone separation were minced. Fish fingers were prepared after adding the ingredients and mixing, and then packaged and stored in refrigerator for 15 days. The treatments of study were as: fish fingers without any treatment (control sample), samples made from treated fillet with salt/sugar solution (50 / 50) (T2), samples made from treated fillet with salt/sugar solution (75 / 25) (T3) and fish fingers made from treated fillet with salt solution (100 %) (T4). Physicochemical, microbial (TVC and PTC) and sensory characteristics were measured at days 0, 3, 6, 9, 12 and 15.

Results and discussion: PV, TBA and TVB-N values were increased significantly in all treatments ($p < 0.05$). Lowest TVC count was obtained in treatment 2 at day 15 (5.8 log CFU/g). According to the obtained results, treatment 2 was the best treatment in sensory characteristics. Osmotic treatment increased the shelf-life of fillets and their products, due to the effect of preventing these solutions against the growth of spoilage bacteria, which ultimately resulted in the reduction of corrosive products such as TBA and TVB- N. The results of this study showed that osmotic solutions have the potential to replace the thermal and chemical treatments to produce a quality and healthy product with an apparent consumer sentiment.

Key words: Silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*), Fish finger, Quality characteristics, Salt, Sugar

1. M.Sc. in Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Zabol, Zabol.

2. Associate Professor in Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sawmeh Sara, 09112378479.

3. Academic Staff of Hamoon International Wetland Research Institute, University of Zabol, Zabol, Iran.

4. Associate Professor in Food Hygiene, Faculty of Veterinary Medicine, University of Zabol, Zabol.

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

بررسی اثر سطوح مختلف ریز جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس بر ویژگی‌های تغذیه‌ای، فیزیکوشیمیایی و حسی کیک اسفنجی

نگین زنگنه¹ - حسن برزگر^{2*} - بهروز علیزاده بهبهانی³ - محمدمین مهرنیا³

تاریخ دریافت: 1398/04/20

تاریخ پذیرش: 1398/05/02

چکیده

ریز جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس (*Spirulina platensis*) حاوی مواد مغذی منحصر به فرد و فوق العاده‌ای است که می‌توان از آن در تولید مواد غذایی عملگر استفاده کرد. از آنجایی که علم و دانش مرتبط با غنی‌سازی کیک اسفنجی به‌عنوان یک محصول پرطرفدار میان اقشار مختلف جامعه (به‌ویژه کودکان) محدود می‌باشد، لذا هدف از این پژوهش، تولید کیک اسفنجی غنی شده با ریز جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس و بررسی ویژگی‌های تغذیه‌ای، فیزیکوشیمیایی و حسی این فرآورده بود. در این پژوهش تجربی، اثر افزودن ریز جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس در چهار سطح (صفر، 1/5 و 1 و 1/5 درصد بر اساس وزن آرد) بر ویژگی‌های تغذیه‌ای (پروتئین، چربی، آهن، روی و مس)، خواص فیزیکوشیمیایی (رطوبت، pH، فنل کل، پتانسیل آنتی‌اکسیدانی، تخلخل، بافت، رنگ) و ویژگی‌های حسی (عطر و بو، رنگ، بافت، طعم و مزه، قابلیت جویدن و پذیرش) نمونه‌های کیک اسفنجی بررسی شد. نتایج نشان داد میزان پروتئین، چربی، مواد معدنی و دیگر ویژگی‌های تغذیه‌ای با افزایش درصد ریز جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس افزایش یافت. میزان تخلخل نمونه‌های کیک اسفنجی با افزایش درصد ریز جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس کاهش یافت و با افزایش درصد ریز جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس پارامترهای بافتی (سفتی، پیوستگی و صمغی شدن) در روزهای 1، 5 و 10 روز پس از پخت افزایش یافت. نتایج رنگ‌سنجی نشان داد که اثر اسپیرولینا پلاتنسیس بر شاخص‌های رنگی پوسته و مغز (L^{*}، a^{*} و b^{*}) معنی‌دار بود (P<0/05). ارزیابی حسی نمونه‌ها نشان داد افزودن ریز جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس به کیک اسفنجی در سطح 0/5 درصد، سبب کسب بیشترین امتیاز پذیرش کلی شد.

واژه‌های کلیدی: اسپیرولینا پلاتنسیس، پارامترهای بافتی، کیک اسفنجی، ویژگی‌های حسی.

مقدمه

سبزآبی است که به‌طور طبیعی در دریاچه‌های گرمسیر و قلیایی آمریکا، مکزیک، آسیا و آفریقای مرکزی رشد می‌کند. اسپیرولینا پلاتنسیس برای رشد نیاز به حداقل مواد مغذی داشته و تحت شوری و سطح کربنات بالا نیز می‌تواند رشد کند (مستولی‌زاده و همکاران، 1398؛ Abu-Taweel et al., 2019). اسپیرولینا پلاتنسیس در مقایسه با سایر جلبک‌ها دارای کارایی بیشتر، قیمت پایین‌تر و ارزش تغذیه‌ای بالاتر بوده به همین دلیل از آن به‌عنوان «غذایی برای آینده» یاد شده است (قائنی و همکاران، 1389). اسپیرولینا پلاتنسیس به‌عنوان یک غذای پایدار و مهم در محصولات غذایی و ترکیبات دارویی بیولوژیکی استفاده شده و دارای سطح وسیعی از مواد مغذی شامل پروتئین (55 تا 70 درصد)، کربوهیدرات (30 درصد)، چربی (8 درصد) [لینولئیک⁷، اولئیک⁸،

یکی از راه‌های پیش‌گیری از بروز سوء تغذیه در کودکان زیر پنج سال، غنی‌سازی خوراکی‌های مصرفی و جایگزین کردن آنها به‌جای مواد غذایی کم ارزش تغذیه‌ای (نظیر چیپس، پفک و نوشابه‌های گازدار) می‌باشد (صالحی‌فر و همکاران، 1391). با توجه به تقاضای بالای مصرف‌کنندگان برای دستیابی به محصولات غذایی سالم و با کیفیت، امروزه یکی از دغدغه‌های اصلی پژوهشگران صنعت غذا، تولید مواد غذایی سالم، غنی شده و دارای ارزش تغذیه‌ای بالا است (اسمعیلی و همکاران، 1396).

اسپیرولینا پلاتنسیس⁴ متعلق به شاخه سیانوباکتریان⁵، خانواده اسیلاتوریاسه⁶، اتوتروف و فتوسنتزکننده بوده و از طریق تقسیم دوتایی تکثیر می‌یابد. اسپیرولینا پلاتنسیس ریز جلبک چندسلولی و رشته‌ای

4 *Spirulina platensis*
5 Cyanobacteria
6 Oscillatoriaceae
7 Linoleic
8 Oleic

1 و 2 و 3- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیار، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران.

(*)-نویسنده مسئول: (Email: hbarzegar@asnruk.ac.ir)

DOI: 10.22067/food.v16i2.81859

پلاتنسیس بر سیستم ایمنی ماهی توسط مستولی‌زاده و همکاران (1396)، مورد بررسی قرار گرفت. در تمامی پژوهش‌های مذکور اثر مثبت جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس تایید شد.

از آنجایی که جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس در کشورهای توسعه یافته جایگاه واقعی خود را یافته اما نیاز به توجه بیشتر به این جلبک فراسودمند در کشور ایران احساس می‌شود، لذا هدف از این پژوهش، غنی‌سازی کیک اسفنجی با ریزجلبک اسپیرولینا پلاتنسیس و ارزیابی اثر اسپیرولینا پلاتنسیس بر ویژگی‌های تغذیه‌ای، فیزیکی‌شیمیایی و حسی آن بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال 1397 در آزمایشگاه‌های میکروبیولوژی، تکنولوژی و شیمی گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان انجام پذیرفت. مواد مصرفی شامل شکر (زرین البرز)، بیکنینگ پودر (سهیل‌پور)، وانیل (برتر)، روغن مایع آفتابگردان (لادن)، تخم‌مرغ (تلاونگ) و آرد سفید گندم (نول کینو) بود.

اجزای فرمولاسیون کیک شامل: 100 گرم آرد، 40 گرم روغن، 50 گرم آب، 2 عدد تخم‌مرغ، 80 گرم شکر، 2 گرم بیکنینگ پودر، 1 گرم وانیل بود. پودر جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس در سطوح صفر، 0/5، 1 و 1/5 درصد جایگزین آرد گندم در فرمولاسیون کیک اسفنجی شد. جهت تولید کیک از روش شکر - خمیر استفاده شد. در این روش ابتدا سفیده و زرده تخم‌مرغ جدا گردید و زرده تخم‌مرغ با وانیل و شکر زده شده تا به رنگ کرم رنگ در آمد، در ادامه مواد مایع، آب و روغن اضافه گردید. در مرحله آخر آرد و بیکنینگ پودر همراه با پودر جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس الک شده و سفیده تخم مرغ اضافه شد و عمل هم‌زدن ادامه یافت تا مخلوط یک‌دست تشکیل شد (نورمحمدی و همکاران، 1389).

تعیین ترکیبات شیمیایی تشکیل‌دهنده جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس و فعالیت ضد میکروبی آن

ترکیبات شیمیایی جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس شامل: رطوبت (استاندارد 16-44 AACC)، خاکستر (استاندارد 08-01 AACC)، چربی (استاندارد 30-10 AACC)، پروتئین (استاندارد 46-12 AACC)، pH (استاندارد 02-52 AACC)، املاح معدنی (آهن، روی و مس) (استاندارد ملی ایران به شماره 9266) بود. به‌منظور تعیین

گاما‌لینولنیک¹، ایکوزاپنتانویک²، استریادونیک³، آرشیدونیک⁴ و دوکوزاهگزانویک⁵، اسید آمینه‌های ضروری (لیزین⁶، متیونین⁷ و سیستئین⁸)، ویتامین‌ها (حدود 1 درصد) (ویتامین B، D، E، اسید آسکوربیک و به‌ویژه ویتامین B₁₂)، مواد معدنی (آهن، پتاسیم، روی، کلسیم، سلنیوم، منیزیم، کروم، مس، فسفر، منگنز و سدیم)، الیاف رژیمی (3 درصد)، فیتوکمیکال‌ها و رنگدانه فیکوسیانین⁹ می‌باشد (سوزنکار و همکاران، 1397: Abu-Taweel et al., 2019). به علت عدم وجود سلولز و مقدار اندک نوکلئیک اسید در ترکیب ساختاری اسپیرولینا، این ریزجلبک به‌راحتی هضم و جذب بدن می‌گردد. وجود فیکوسیانین، ویتامین B₁₂، فنوتیک اسیدها و توکوفرول‌ها باعث افزایش هضم چربی‌ها و جلوگیری از اکسیداسیون شده است (باباخانی و همکاران، 1397).

سازمان غذا و داروی آمریکا¹⁰ جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس را به‌عنوان GRAS¹¹ معرفی نموده و این ریزجلبک به‌صورت قرص، پودر و مکمل در رژیم غذایی انسان، مکمل غذایی در آبرزی پروری و صنایع مرغداری به‌کار می‌رود (مستولی‌زاده و همکاران، 1396). اثرات درمانی اسپیرولینا پلاتنسیس شامل کاهش میزان کلسترول خون، محافظت در برابر برخی سرطان‌ها، ضددرد و التهاب، پیشگیری از ابتلا به بیماری‌های قلبی عروقی و افزایش مقاومت سیستم ایمنی بدن در پژوهش‌های متعدد پزشکی مورد تایید قرار گرفته است (مستولی‌زاده و همکاران، 1398: Abu-Taweel et al., 2019).

کیک نوعی شیرینی با بافت نرم و متخلخل است که مواد اصلی آن را آرد، روغن، شکر و تخم‌مرغ تشکیل می‌دهد. آرد به‌عنوان پایه اصلی کیک و شکل‌دهنده آن است (صالحی، 1397). کیک دارای تنوع و ماندگاری نسبتاً بالایی بوده و در بین افراد مختلف جامعه به‌ویژه کودکان و نوجوانان طرفداران زیادی دارد (دادور و همکاران، 1397). صالحی‌فر و همکاران (1391)، و خزایی پول و همکاران (1394)، به‌ترتیب استفاده از جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس را در تولید کلوچه صنعتی و پاستیل کیوی بررسی کردند. این پژوهشگران ضمن دستیابی به ویژگی‌های تغذیه‌ای و حسی مطلوب، محصولی با میزان پروتئین، آهن، کلسیم و اسید آمینه‌های ضروری بالاتر نسبت به نمونه کنترل تولید کردند (صالحی‌فر و همکاران، 1391؛ خزایی پول و همکاران، 1394). غنی‌سازی ویفر روکش‌دار توسط سوزنکار و همکاران (1397)، اثر جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس بر ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی پاستا توسط مستولی‌زاده و همکاران (1398)، و تاثیر مکمل غذایی اسپیرولینا

7 Methionine

8 Cysteine

9 Phycocyanin

10 Food and drug administration

11 Generally recognized as safe

1 Linolenic

2 Eicosapentaenoic

3 Stearidonic

4 Arachidonic

5 Docosaheaxaenoic

6 Lysine

مواد معدنی

اندازه‌گیری عناصر معدنی آهن، مس و روی توسط دستگاه طیف‌سنجی نوری جذب اتمی منطبق با روش مندرج در استاندارد ملی ایران به شماره 9266 صورت گرفت.

pH

pH نمونه‌های کیک اسفنجی در طی زمان طبق استاندارد 52-02 AACC توسط pH متر (Metrohm، 827، سوئیس) اندازه‌گیری شد.

تعیین محتوای فنل

مقدار فنل کل طبق روش Sharma و همکاران (2011)، و با دستگاه اسپکتروفتومتر (UV/VIS) انجام گرفت. 0/2 گرم نمونه با 4 میلی لیتر متانول اسیدی (1 میلی لیتر اسید کلریدریک، 80 میلی لیتر متانول، 10 میلی لیتر آب) مخلوط شد و به مدت 2 ساعت در دمای اتاق قرار گرفت. 200 میکرولیتر عصاره به 2/5 میلی لیتر فولین اضافه شده، سپس سدیم کربنات و آب مقطر به آن اضافه شد. لوله‌های حاوی مخلوط حاصل که کاملاً بدنه آن‌ها پوشیده شده است در دمای اتاق به مدت 30 دقیقه قرار گرفت. در نهایت جذب نمونه‌ها در طول موج 760 نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد.

آزمون مهار رادیکال آزاد (تعیین پتانسیل آنتی‌اکسیدانی)

فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌ها طبق روش Jogihalli و همکاران (2011) انجام پذیرفت. در این روش یک گرم از نمونه با 10 میلی لیتر متانول اسیدی مخلوط شده و در دمای 40 درجه سانتی‌گراد در حمام آب به مدت 20 دقیقه قرار داده شد. مخلوط حاصل به مدت 20 دقیقه در دور 3000g سانتریفوژ گردید. 100 میکرولیتر عصاره به 2/9 میلی لیتر 2 و 2- دی فنیل 1- پیکریل هیدرازیل اضافه شده و به مدت 30 دقیقه در مکان تاریک گرمخانه‌گذاری شد. در نهایت جذب هر یک از نمونه‌ها در طول موج 517 نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد و با جای گذاری در معادله (3)، درصد بازدارندگی محاسبه شد.

$$(3) \quad \text{درصد بازدارندگی} = \frac{\text{جذب نمونه} - \text{جذب شاهد}}{\text{جذب شاهد}} \times 100$$

تخلخل

ویژگی‌های ساختار مغز و توصیف‌گرهای بافت سطحی کیک با استفاده از یک سیستم آنالیز تصویر شامل یک دوربین تصویربرداری دیجیتال و یک کامپیوتر شخصی مورد بررسی قرار گرفت. تصاویر در

فعالیت ضد میکروبی جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس از روش‌های انتشار در آگار به کمک دیسک (دیسک دیفیوژن) و چاهک آگار استفاده شد. سویه‌های میکروبی استاندارد شامل استافیلوکوکوس اورئوس¹، باسیلوس سرئوس²، لیستریا اینوکوا³، اشرشیا کلی⁴ و سودوموناس آئروژینوزا⁵ بود. غلظت‌های 40، 80، 120 و 180 میلی گرم بر میلی لیتر از جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس تهیه شد. جهت فعال‌سازی میکروارگانیسم‌ها، سوسپانسیون میکروبی (مطابق با استاندارد نیم مک-فارلند) به صورت تازه از هر سویه میکروبی تهیه شد. میزان 100 میکرولیتر از هر سویه میکروبی استاندارد بر سطح محیط کشت مولر هینتون آگار⁶ کلنی باکتری ریخته شد و با اسپریدر استریل پخش گردید. دیسک‌های کاغذی (قطر 6 میلی متر و ضخامت 1 میلی متر) به مدت نیم ساعت درون غلظت‌های مختلف جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس خیسانده شد، و سپس درون هر پلیت با رعایت فاصله 20 میلی متر از دیواره پتری و 25 میلی متر از یکدیگر، چهار دیسک در سطح پتری دیش قرار گرفت. در روش چاهک آگار به جای دیسک‌های کاغذی از چاهک‌های حفر شده درون پتری دیش استفاده شد. سپس پتری دیش‌ها کشت داده شده در هر دو روش به مدت 24 ساعت در دمای 37 درجه سانتی‌گراد گرمخانه‌گذاری شدند. پس از گذشت 24 ساعت قطر هاله‌های عدم رشد، با خط‌کش اندازه‌گیری و نتایج ثبت شد (Alizadeh Behbahani et al., 2018; Behbahani et al., 2017).

آزمون‌های تغذیه‌ای و فیزیکوشیمیایی نمونه‌های کیک اسفنجی حاوی غلظت‌های مختلف جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس رطوبت

رطوبت نمونه‌های کیک اسفنجی طی زمان نگهداری در روزهای اول، پنجم و دهم مطابق با استاندارد AACC 16-44 اندازه‌گیری شد.

خاکستر

میزان درصد خاکستر نمونه‌های کیک اسفنجی در طی زمان مطابق با روش AACC 08-01 تعیین شد.

چربی

اندازه‌گیری چربی نمونه‌های کیک اسفنجی طی زمان طبق استاندارد AACC 30-10 در دستگاه سوکسله اتوماتیک انجام پذیرفت.

پروتئین

اندازه‌گیری پروتئین نمونه‌های کیک اسفنجی در طی زمان طبق استاندارد AACC 46-12 در دستگاه کلدال اتوماتیک انجام پذیرفت.

- 4 *Escherichia coli*
- 5 *Pseudomonas aeruginosa*
- 6 Muller hinton agar

- 1 *Staphylococcus aureus*
- 2 *Bacillus cereus*
- 3 *Listeria innocua*

system انگلستان) با اندکی تغییرات اندازه گیری شد. آنالیز بافت خود شامل چندین فاکتور متفاوت مانند پیوستگی، حالت صمغی و سفتی بود. ابتدا قطعه مکعبی به ابعاد 2 سانتی متر از مغز کیک جدا شد. قطر پروب دستگاه 36 میلی متر، در نظر گرفته شد. پروب با سرعت 50 میلی متر در دقیقه به نمونه برخورد و به میزان 50 درصد سبب فشردگی گردید. پس از 10 ثانیه دوباره با همان سرعت به نمونه فشار وارد کرد. در طی آزمون نیرو در مقابل زمان ثبت شد. نیرو در نقطه ماکزیمم پیک اول منحنی نیرو-فاصله به عنوان سفتی بافت در نظر گرفته شد. با استفاده از منحنی نیرو-فاصله، نسبت محدوده پیک مثبت دوم به محدوده پیک مثبت اول به عنوان پیوستگی کیک در نظر گرفته شد و میزان چسبندگی از حاصل ضرب سفتی در پیوستگی به دست آمد.

ارزیابی حسی نمونه های کیک اسفنجی حاوی غلظت های مختلف جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس

برای ارزیابی حسی نمونه های کیک اسفنجی از مقیاس هدونیک 5 نقطه ای استفاده شد. صفات حسی در این پژوهش شامل رنگ (شدت، شفافیت و کدورت رنگ ظاهری پوسته کیک)، بافت (سفتی و نرمی به هنگام جویدن)، عطر و بو (میزان احساس عطر مطلوب در تست بویایی)، طعم و مزه (میزان درک طعم مطلوب در تست چشایی)، قابلیت جویدن (تعداد دفعات جویدن برای آماده ساختن نمونه جهت بلع) و پذیرش کلی (میزان پذیرش محصول با در نظر گرفتن سایر ویژگی های حسی) توسط 10 ارزیاب مورد بررسی قرار گرفت. در آزمون هدونیک 5 نقطه ای به ترتیب 1 بسیار بد، 2 بد، 3 متوسط، 4 خوب و 5 بسیار خوب است. به عدد 1 کمترین امتیاز و عدد 5 بیشترین امتیاز تعلق می گیرد (ایوبی، 1397).

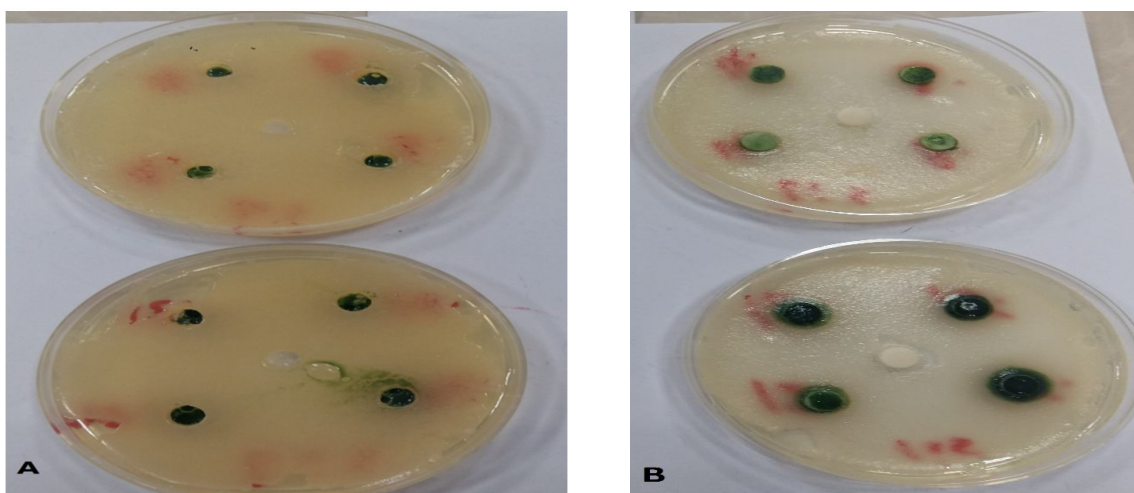
یک فاصله ثابت 30 سانتی متری از نمونه های قرار گرفته در یک جعبه سیاه (با ابعاد تقریبی $100 \times 100 \times 100 \text{ cm}^3$) و با نورپردازی با زاویه 45 درجه توسط لامپ های فلورسنتی، گرفته شد. سپس ارزیابی با استفاده از روش پردازش تصویر و با نرم افزار ImageJ نسخه 14/2 صورت گرفت. تخلخل، نسبت سطح کل حفرات به سطح کل تصویر، اندازه حفرات، نسبت تعداد حفرات به سطح کل حفرات و دانسیته سلولی، نسبت تعداد حفرات به سطح کل تصویر می باشد (نوری و همکاران، 1396).

رنگ

به منظور آنالیز رنگ پوسته و مغز نمونه های کیک اسفنجی (سه شاخص L^* ، a^* و b^*) از دستگاه رنگ سنج (Konika Minolta CR-400، ژاپن) در فاصله زمانی دو ساعت پس از پخت استفاده شد. قبل از انجام آزمون دستگاه با استفاده از صفحه استاندارد سفید ($L^*=94/43$ ، $a^*=-0/25$ ، $b^*=2/04$) کالیبره شد. شاخص L^* معرف میزان روشنی نمونه می باشد و دامنه آن از صفر (سیاه خالص) تا 100 (سفید خالص) متغیر است. شاخص a^* میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ های سبز و قرمز را نشان می دهد و دامنه آن از 120- (سبز خالص) تا 120+ (قرمز خالص) متغیر می باشد. شاخص b^* میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ های آبی و زرد را نشان می دهد و دامنه آن از 120- (آبی خالص) تا 120+ (زرد خالص) متغیر است (وطن دوست و همکاران، 1394).

بافت

بررسی بافت نمونه های کیک های اسفنجی تولیدی در فواصل زمانی 1، 7 و 14 روز پس از پخت و مطابق با استاندارد AACC 74-09 و با استفاده از دستگاه بافت سنج (Micro stable TA-XT-PLUS)



شکل 1- اثر ضدباکتریایی جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس بر باکتری لیستریا اینوکوا به روش های چاهک آگار (A) و دیسک دیفیوژن (B).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

تمامی آزمون‌ها در سه تکرار انجام شد. ابتدا آنالیز واریانس و سپس آزمون مقایسه میانگین تکرارها در قالب آزمون دانکن و در سطح معنی‌داری 5 درصد مورد مقایسه قرار گرفت. تجزیه و تحلیل داده‌ها با کمک نرم‌افزار SPSS (Version 18.0, SPSS Inc., Chicago, USA) انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

بررسی فعالیت ضد میکروبی پودر جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس

نتایج حاصل از فعالیت ضد باکتریایی پودر جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس به روش‌های دیسک دیفیوژن و چاهک آگار نشان داد که در غلظت‌های 40، 80، 120 و 160 میلی گرم بر میلی لیتر هیچ اثری بر رشد سویه‌های استافیلوکوکوس اورئوس، باسیلوس سرئوس، لیستریا

اینوکوا، اشرشیاکلی و سودوموناس آئروژینوزا مشاهده نشد. همانگونه که در شکل 1، مشخص است پودر جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس نتوانست هاله عدم رشد میکروبی ایجاد کند.

ترکیبات شیمیایی پودر جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس و آرد گندم

نتایج آنالیز ترکیب شیمیایی پودر جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس و آرد گندم مورد استفاده در کیک اسفنجی در جدول 1، آورده شده است. نتایج نشان داد که پودر جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس غنی از پروتئین (56/33 درصد) و آهن (13/18 پی پی ام) بود. پژوهش‌های مشابه‌ای نیز به درصد بالای پروتئین ریز جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس اشاره کرده‌اند (صالحی‌فر و همکاران، 1391؛ خزایی پول و همکاران، 1394). میزان فعالیت آنتی اکسیدانی پودر جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس براساس درصد مهار کنندگی برابر با 85/04 درصد بود.

جدول 1- ترکیب شیمیایی آرد گندم و ریز جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس

ترکیب شیمیایی	آرد گندم	اسپیرولینا پلاتنسیس
رطوبت (درصد)	10/89	4/50
pH	6/5	7/45
خاکستر (درصد)	0/6	0/76
چربی (درصد)	3/33	5/80
پروتئین (درصد)	10/30	56/33
پتانسیل	38/67	85/04
آنتی اکسیدانی (درصد)	0/47	1/81
فول کل	2/63	13/18
آهن (ppm)	0/36	0/81
روی (ppm)	0/29	0/36
مس (ppm)		

(روز اول، پنجم و دهم) باعث کاهش درصد رطوبت کیک اسفنجی شد. نتایج حاکی از آن بود که کمترین میزان رطوبت کیک اسفنجی در روز دهم نگهداری در بین تمامی تیمارها، مربوط به افزودن 1/5 درصد جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس بود. ریز جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس دارای حدود 4/5 درصد رطوبت است در حالی که آرد گندم حدود 11 درصد رطوبت دارد می‌توان کاهش رطوبت نمونه‌ها با افزایش درصد اسپیرولینا پلاتنسیس را به این عامل نسبت داد. نتایج حاصل از تغییرات رطوبت در کیک اسفنجی با نتایج پژوهش مرادی و همکاران (1395)، که به غنی‌سازی کیک با جلبک اسپیرولینا پرداختند، مطابقت داشت.

ارزیابی اثر سطوح مختلف ریز جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس بر ویژگی‌های تغذیه‌ای و فیزیکوشیمیایی کیک اسفنجی در طی مدت زمان نگهداری اثر جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس بر تغییرات رطوبت کیک اسفنجی

نتایج حاصل از تغییرات میزان رطوبت کیک اسفنجی حاوی غلظت‌های صفر، 0/5، 1 و 1/5 درصد جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس در جدول 2، نشان داده شده است. همانطور که نتایج نشان داد، افزودن جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس به کیک اسفنجی طی مدت زمان نگهداری

جدول 2- اثر جایگزینی درصدهای مختلف جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* با آرد گندم بر میزان رطوبت کیک اسفنجی در روزهای مختلف نگهداری

اسپیروولینا پلاتنسیس (%)	رطوبت روز اول	رطوبت روز پنجم	رطوبت روز دهم
صفر	33/48±0/24 ^{Aa}	26/18±0/41 ^{Ba}	23/90±0/28 ^{Ca}
0/5	31/10±0/05 ^{Ab}	24/03±0/06 ^{Bb}	23/69±0/18 ^{Ca}
1	30/45±0/13 ^{Ac}	23/04±0/04 ^{Bc}	22/10±0/31 ^{Cb}
1/5	29/36±0/07 ^{Ad}	21/57±0/56 ^{Bd}	20/76±0/12 ^{Cc}

حروف غیرمشابه بزرگ در ردیف و حروف غیرمشابه کوچک در ستون نشان دهنده تفاوت معنی داری در سطح آماری 5 درصد می باشد.

نمونه های مختلف کیک اسفنجی افزایش یافت. از نظر آماری افزودن درصدهای مختلف پودر جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* باعث ایجاد اختلاف معنی داری در سطح 5 درصد در نمونه های کیک اسفنجی شد. علت بالاتر بودن خاکستر نمونه های کیک اسفنجی حاوی سطوح مختلف پودر جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* را می توان به بالا بودن میزان خاکستر و همچنین میزان بالای مواد معدنی در جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* نسبت به آرد گندم مرتبط دانست (جدول 1). نتایج یافته های مطالعه حاضر با پژوهش مهربان سنگ آتش (1392)، همخوانی داشت. نتایج حاصل از افزودن سطوح مختلف پودر جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* بر تغییرات مواد معدنی نمونه های کیک اسفنجی طی زمان نگهداری در جدول 3 آورده شده است. نتایج نشان داد که افزودن پودر جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* به کیک اسفنجی باعث ایجاد اختلاف معنی داری در سطح 5 درصد شد. میزان مواد معدنی در کیک های حاوی پودر جلبک نسبت به نمونه کنترل افزایش یافت. جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* به عنوان یک منبع غنی از آهن شناخته شده است (Golmakani et al., 2015). افزودن جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* به مواد غذایی مختلف می تواند باعث افزایش مقدار آهن گردد. نمونه حاوی 1/5 درصد جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* بیشترین میزان مواد معدنی را در بین تمامی نمونه های کیک اسفنجی داشت.

اثر جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* بر تغییرات pH، خاکستر و

املاح معدنی کیک اسفنجی

نتایج اثر سطوح مختلف پودر جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* بر تغییرات pH نمونه های کیک اسفنجی در مدت زمان نگهداری (روز اول، پنجم و دهم) در جدول 3 آورده شده است. مقایسه میانگین داده ها نشان داد که با افزایش درصد سطوح مختلف جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* میزان pH نمونه های کیک اسفنجی به طور معنی داری افزایش یافت ($p < 0/05$). افزایش pH نمونه های مختلف کیک اسفنجی می تواند به علت pH قلیایی *اسپیروولینا پلاتنسیس* باشد (باباخانی و همکاران، 1397). زارع و همکاران (1395)، گزارش کردند که افزودن پودر سنجد به یک سبب کاهش pH می گردد. این پژوهشگران علت کاهش pH را، به کاهش تحرک یون های هیدروژن و همچنین کمتر بودن میزان پروتئین آرد سنجد نسبت به آرد کیک مرتبط دانستند. بنابراین می توان بیان کرد که میزان بالای درصد پروتئین در پودر جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* و افزایش تحرک یون ها دلیلی بر افزایش pH نمونه های کیک اسفنجی بود.

نتایج اثر افزودن سطوح مختلف پودر جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* بر میزان خاکستر کیک اسفنجی در جدول 3 آورده شده است. نتایج نشان داد که با افزایش پودر جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* میزان خاکستر

سطح جایگزینی (%)	pH	خاکستر	آهن	روی	مس
صفر	7/29±0/005 ^d	0/7±0/025 ^d	0/913±0/000 ^d	0/3799±0/000 ^d	0/2586±0/002 ^d
0/5	7/33±0/005 ^c	0/46±0/041 ^c	1/198±0/000 ^c	0/4584±0/002 ^c	0/2700±0/000 ^c
1	7/50±0/005 ^b	0/63±0/041 ^b	1/257±0/000 ^b	0/5904±0/000 ^b	0/7097±0/000 ^b
1/5	7/61±0/005 ^a	0/75±0/000 ^a	1/490±0/000 ^a	0/8114±0/002 ^a	1/218±0/001 ^a

حروف غیرمشابه در ستون ها نشان دهنده تفاوت معنی دار نمونه ها در سطح $p < 0/05$ است.

بین نمونه های کیک اسفنجی حاوی سطوح مختلف ریز جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* و نمونه کنترل اختلاف معنی داری مشاهده شد ($P < 0/05$). نتایج نشان داد که افزودن پودر جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* باعث افزایش میزان چربی در نمونه های کیک اسفنجی شد. نمونه حاوی 1/5 درصد پودر جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* و نمونه کنترل به ترتیب حاوی

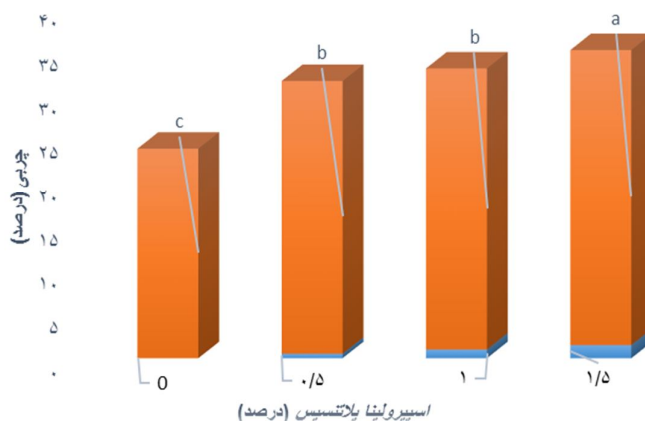
اثر جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* بر تغییرات چربی کیک

اسفنجی

نتایج حاصل از افزودن سطوح مختلف پودر جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* بر تغییرات چربی نمونه های کیک اسفنجی طی زمان نگهداری در شکل 2، نشان داده شده است. براساس آنالیزهای آماری

در پاستا مورد بررسی قرار دادند. نتایج این پژوهشگران نشان داد که افزودن پودر جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس به پاستا باعث افزایش میزان چربی شد. نتایج این پژوهشگران با یافته‌های مطالعه حاضر همخوانی داشت.

بالاترین و کم‌ترین میزان چربی بود. علت افزایش میزان چربی در نمونه‌های کیک اسفنجی به دلیل میزان بالای چربی بالاتر جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس نسبت به آرد گندم بود (جدول 1). Lemes و همکاران (2012) سطوح مختلف پودر جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس را

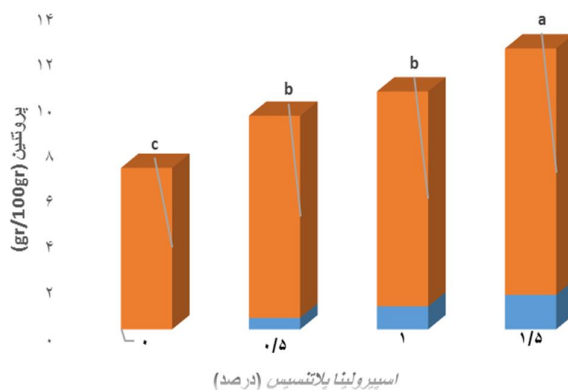


شکل ۲- اثر جایگزینی درصدهای مختلف پودر جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس با آرد گندم بر میزان چربی کیک اسفنجی (حروف غیرمشابه از نظر آماری در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری دارد).

علت وجود مقدار قابل توجه پروتئین (56/33 درصد) در جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس است. اضافه کردن جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس به ترکیب کیک اسفنجی باعث افزایش معنی‌دار مقدار پروتئین در نمونه‌ها شد ($P < 0/05$). بالاترین مقدار پروتئین مربوط به نمونه کیک اسفنجی حاوی 1/5 درصد پودر جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس بود. یافته‌های مطالعه حاضر با نتایج سوزنکار و همکاران (1397)، و زرین و همکاران (1393)، مطابقت داشت.

اثر جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس بر تغییرات پروتئین کیک اسفنجی

نتایج حاصل از افزودن سطوح مختلف پودر جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس بر تغییرات پروتئین نمونه‌های کیک اسفنجی طی زمان نگهداری در شکل 3 نشان داده شده است. همانطور که در شکل 4 مشخص است افزودن پودر جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس باعث افزایش پروتئین نمونه‌های کیک اسفنجی نسبت به نمونه کنترل شد. علت افزایش پروتئین نمونه‌های کیک اسفنجی نسبت به نمونه کنترل به



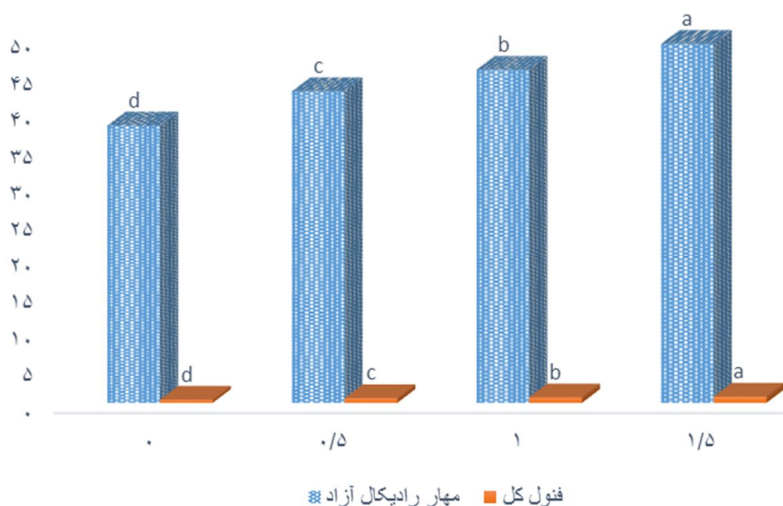
شکل 3- اثر جایگزینی درصدهای مختلف پودر جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس با آرد گندم بر میزان پروتئین کیک اسفنجی (حروف غیرمشابه از نظر آماری در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری دارد).

زمان نگهداری در شکل 5، نشان داده شده است. نتایج نشان داد که افزودن پودر جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* بر نمونه‌های کیک اسفنجی باعث افزایش پتانسیل آنتی‌اکسیدانی شد. از نظر آماری اختلاف معنی‌داری میان نمونه‌های مختلف کیک اسفنجی در سطح معنی‌داری 5 درصد مشاهده شد (شکل 4). صالحی‌فر و همکاران (1391)، گزارش کردند که عصاره الکلی جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* به‌طور معنی‌داری نسبت به آنتی‌اکسیدان‌های شیمیایی مانند هیدروکسی آنیزول بوتیل¹ و بتاکاروتن و عصاره آبی آن نسبت به اسیدگالیک و کلروژنیک اسید اثر آنتی‌اکسیدانی بیشتری داشت. علوی و همکاران (1394)، وجود ترکیبات فنلی، فلاونوئیدی و پتانسیل آنتی‌اکسیدانی جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* را مورد تایید قرار دادند.

اثر جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* بر میزان تغییرات فنل کل و پتانسیل آنتی‌اکسیدانی کیک اسفنجی

نتایج حاصل از افزودن سطوح مختلف پودر جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* بر میزان فنل کل نمونه‌های کیک اسفنجی طی زمان نگهداری در شکل 5، نشان داده شده است. نتایج نشان داد که میزان فنل کل نمونه‌های کیک اسفنجی با افزایش درصد پودر جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* نسبت به نمونه کنترل افزایش یافت. علت افزایش فنل کل نمونه‌های کیک اسفنجی حاوی درصدهای مختلف پودر جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* را می‌توان به مقدار بالای مواد فیتوشیمیایی و بیولوژیکی فعال نظیر فلاونوئیدها، استرول‌ها و دیگر ترکیبات فنلی نسبت داد.

نتایج حاصل از افزودن سطوح مختلف پودر جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* بر پتانسیل آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های کیک اسفنجی طی



شکل 4- تغییرات میزان فنل کل و فعالیت مهار رادیکال آزاد (پتانسیل آنتی‌اکسیدانی) درصدهای مختلف جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* در کیک اسفنجی

(حروف غیرمشابه از نظر آماری در سطح 5 درصد اختلاف معنی‌داری دارد).

بیشترین شاخص L^* یا روشنی مربوط به نمونه کنترل بود. کمترین روشنی مشاهده شده مربوط به نمونه حاوی 1/5 درصد پودر جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* بود. با افزایش درصد پودر جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* به نمونه‌های کیک اسفنجی میزان روشنی پوسته و مغز کاهش یافت. مولفه a^* برای پوسته و مغز کیک اسفنجی نیز با افزایش درصد پودر جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* کاهش یافت. به عبارت دیگر رنگ نمونه‌ها به سمت رنگ سبز میل کرد. مولفه b^* برای نمونه کنترل بیشترین میزان بود، به طوری که رنگ نمونه کنترل به سمت زردی

اثر جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* بر تغییرات رنگ کیک اسفنجی

نتایج حاصل از افزودن سطوح مختلف پودر جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* بر تغییرات رنگ نمونه‌های کیک اسفنجی طی زمان نگهداری در جدول 4، آورده شده است. نتایج نشان داد که با افزایش سطوح مختلف جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* به کیک اسفنجی، نمونه‌ها سبزتر شده و تفاوت رنگ مشاهده شده از نظر آماری معنی‌دار بود ($P < 0/05$). نتایج آنالیز رنگ پوسته و مغز کیک اسفنجی نشان داد که

می‌توان از جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس، به‌عنوان یک رنگ‌دهنده طبیعی (رنگدانه آن فایکوسیانین است) در محصولات غذایی بهره‌مند شد (خزایی‌پول و همکاران، 1394).

میل می‌نمود و برای نمونه‌های حاوی پودر جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس کاهش یافت. نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های مستولی‌زاده و همکاران (1396)، و Golmakani و همکاران (2015)، مطابقت داشت. بنابراین

جدول 4- اثر سطوح مختلف جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس بر رنگ پوسته و مغز کیک اسفنجی

سطح جایگزینی (%)	L* مغز	a* مغز	b* مغز	L* پوسته	a* پوسته	b* پوسته
صفر	54/90±0/969 ^a	-2/32±0/11 ^a	16/95±0/74 ^a	48/50±0/38 ^a	6/09±0/08 ^a	23/01±0/33 ^a
0/5	51/30±0/231 ^b	-4/41±0/47 ^b	14/83±0/02 ^b	44/80±2/28 ^b	3/63±0/04 ^b	21/54±0/28 ^b
1	48/59±1/203 ^c	-6/72±0/09 ^c	14/16±0/05 ^{bc}	40/90±0/65 ^c	3/36±0/03 ^c	16/22±0/31 ^c
1/5	45/58±0/472 ^d	-7/07±0/23 ^c	13/58±0/38 ^c	38/27±0/59 ^d	3/25±0/26 ^c	12/67±0/37 ^d

حروف غیرمشابه در ستون‌ها نشان‌دهنده تفاوت معنی‌داری نمونه‌ها در سطح $p < 0/05$ است.

اثر جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس بر تغییرات بافت کیک

اسفنجی

اثر افزودن ریزجلبک اسپیرولینا پلاتنسیس بر سفتی بافت نمونه‌های کیک اسفنجی طی روزهای اول، پنجم و دهم در شکل 5، آورده شده است. نتایج بیانگر افزایش سفتی بافت نمونه‌های کیک اسفنجی در روزهای اول، پنجم و دهم با افزایش درصد پودر جلبک

اسپیرولینا پلاتنسیس بود. در بین نمونه‌ها در روزهای مختلف نمونه 0/5 درصد جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس کمترین میزان سفتی را نشان داد. به‌طور کلی افزودن پودر جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس تا سطح 1/5 درصد اختلاف معنی‌دار را در مقایسه با نمونه کنترل نشان نداد ($p > 0/05$).



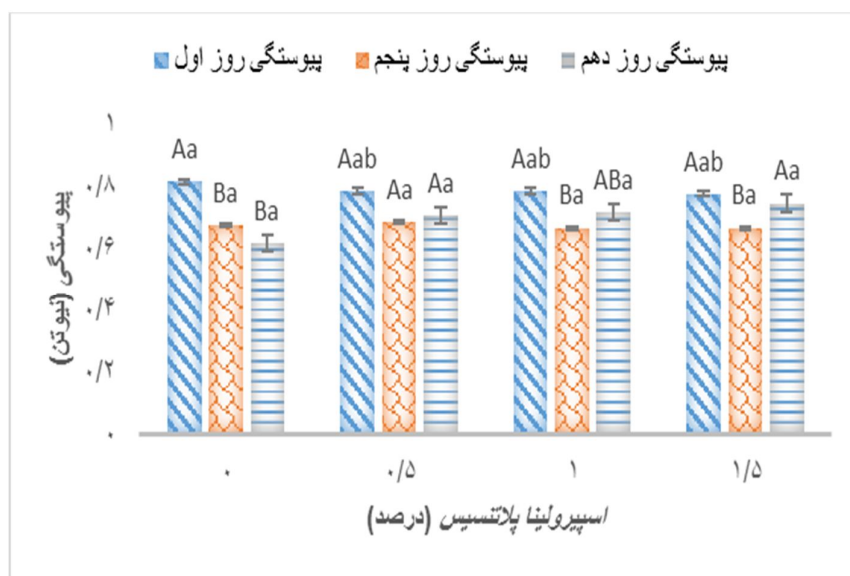
شکل 5- اثر جایگزینی درصدهای مختلف پودر جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس با آرد گندم بر سفتی بافت کیک اسفنجی (حروف غیرمشابه از نظر آماری در سطح 5 درصد اختلاف معنی‌داری دارد).

سلول‌های پروکاریوت اسپیرولینا پلاتنسیس دیواره سخت سلولی ندارند که سبب جذب سریع آب توسط محتویات سلولی به خصوص بخش پروتئینی آن می‌گردد. بخش پروتئینی به دلیل خاصیت آب‌دوستی، با ملکول‌های نشاسته به رقابت می‌پردازد که موجب ناپایداری مکانیسم ژلاتینه شدن نشاسته و تعویق آن می‌گردد. شبکه

گلوتن در تشکیل ساختار محصولات نانویی مهم می‌باشد که تحت تاثیر میزان نشاسته و پروتئین می‌باشد، اسپیرولینا پلاتنسیس حاوی میزان پروتئین بالایی است که بیشتر شدن میزان پروتئین با افزایش سطح اسپیرولینا پلاتنسیس سبب تضعیف شبکه گلوتن می‌شود و این امر باعث ساختار متراکم تر کیک و کم شدن حجم آن می‌شود (افتخاری

کلوجه صنعتی مطابقت داشت. افتخاری یزدی و همکاران (1398)، گزارش کردند که افزودن جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* تا سطح 1 درصد سفتی نان را کاهش داده و درصدهای بالاتر از 1 درصد باعث افزایش سفتی نان می‌شود. نتایج حاصل از افزودن سطوح مختلف پودر جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* بر پیوستگی بافت نمونه‌های کیک اسفنجی در روزهای اول، پنجم و دهم در شکل 6، نشان داده شده است.

یزدی و همکاران، (1398)، این احتمال وجود دارد که سفت‌تر شدن بافت کیک‌های اسفنجی حاوی جلبک به دلیل ایجاد پیوندهای هیدروژنی در بخش پروتئینی جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* یا افزایش جذب آب فرمولاسیون توسط فیکوسیانین یا دیگر بخش‌های جلبک باشد (باتیستا و همکاران، 2006). نتایج مطالعه حاضر با یافته‌های صالحی‌فر و همکاران (1391)، در استفاده از جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* در تهیه



شکل 6- اثر جایگزینی درصدهای مختلف پودر جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* با آرد گندم بر پیوستگی بافت کیک اسفنجی (حروف غیرمشابه از نظر آماری در سطح 5 درصد اختلاف معنی‌داری دارد)

بافت نیز افزایش یافت. بیشترین صمغی شدن بافت مربوط به نمونه حاوی 1/5 درصد جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* مشاهده شد. با توجه به مطالعات، صمغی شدن و پیوستگی هر دو تحت تأثیر سفتی قرار می‌گیرند. اسپیرولینا با داشتن گروه‌های قطبی، آب موجود در فرمولاسیون را در ساختار خود به دام انداخته و در نهایت منجر به روند صعودی در میزان صمغی بودن، استحکام و پایداری بافت نمونه‌ها می‌گردد.

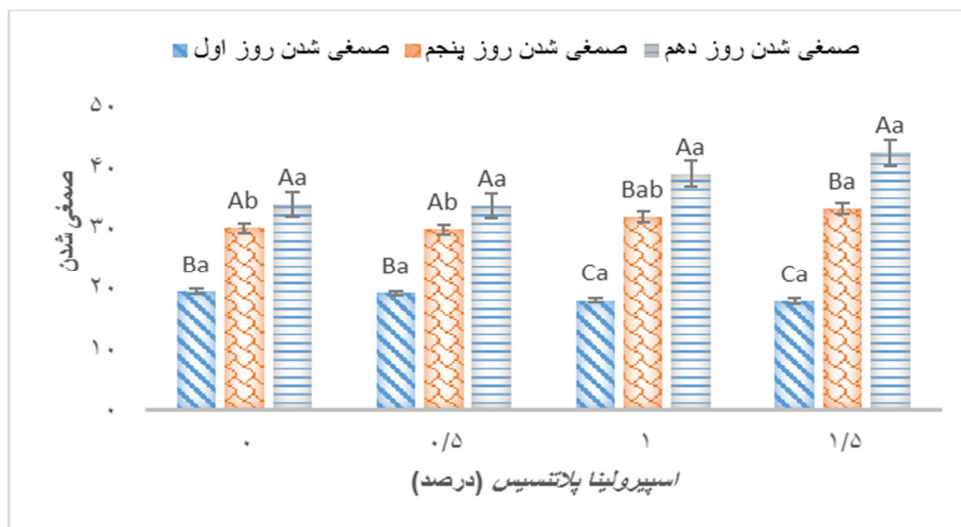
اثر جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* بر تغییرات تخلخل کیک اسفنجی

برای محاسبه میزان تخلخل نمونه‌های کیک اسفنجی نسبت نقاط روشن به تاریک به‌عنوان شاخصی از میزان تخلخل در نظر گرفته شد. بدیهی است که هر چقدر این نسبت بیشتر باشد، میزان حفره‌های موجود در بافت کیک (درصد تخلخل) بیشتر خواهد بود. اندازه، بزرگ و کوچک بودن حفرات بر میزان تخلخل ارتباط مستقیمی ندارد و درصد تخلخل، تحت تأثیر تعداد کل حفرات موجود در مغز بافت به سطح کلی محصول و همچنین نحوه توزیع و پراکندگی حفرات است (روشنی و نقی‌پور،

نتایج نشان داد که مقایسه دو به دو پیوستگی بافت نمونه‌های کیک اسفنجی حاوی درصدهای مختلف پودر جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* در روزهای اول، پنجم و دهم اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشتند اما بین کیک‌های اسفنجی حاوی جلبک و نمونه کنترل اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($P < 0/05$). پیوستگی بافت در روز اول و پنجم با افزایش درصد جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* کمی کاهش یافت اما در روز دهم با افزایش درصد جلبک پیوستگی بافت نمونه‌ها افزایش یافت. نتایج این بخش با نتایج پژوهش Golmakani و همکاران (2015)، مطابقت دارد که دلیل آن را افزایش غلظت ریزجلبک در حباب‌های خمیر عنوان کردند که سبب افزایش استحکام می‌گردد. نتایج حاصل از افزودن سطوح مختلف پودر جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* بر صمغی شدن بافت نمونه‌های کیک اسفنجی در روزهای اول، پنجم و دهم در شکل 7، نشان داده شده است. نتایج نشان داد که به طور کلی با افزایش درصد جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* در نمونه‌های کیک اسفنجی صمغی شدن بافت در روزهای مختلف افزایش یافت. در روز اول با افزایش درصد جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* کاهش صمغی شدن در نمونه‌ها مشاهده شد اما در روزهای پنجم و دهم با افزایش درصد جلبک صمغی شدن

کیک اسفنجی و توزیع غیریکنواخت آن‌ها در بافت محصول می‌باشد. دلیل بیشتر بودن درصد تخلخل نمونه‌های دارای ریز جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس، تعداد بیشتر و اندازه کوچکتر حباب‌های هوا موجود در نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد است. همچنین به نظر می‌رسد حضور چربی بیشتر موجود در اسپیرولینا پلاتنسیس سبب پخش یکنواخت‌تر سلول‌های گازی و به موجب آن افزایش تخلخل کیک می‌گردد. در این زمینه مرادی و همکاران (1395)، با بررسی افزودن ریز جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس به کیک نتایج مشابهی را گزارش نمودند.

1397). نتایج نشان داد که میزان تخلخل در نمونه کنترل و نمونه حاوی 1/5 درصد جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس، در سطح آماری 5 درصد اختلاف معنی‌داری نداشت. میزان درصد تخلخل در نمونه‌های کنترل، نمونه حاوی 0/5، 1 و 1/5 درصد جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس به ترتیب 24/94، 37/99، 33/39 و 27/81 بود. نمونه حاوی 0/5 درصد جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس و نمونه کنترل به ترتیب بیشترین و کم‌ترین درصد تخلخل را داشتند. دلیل کاهش میزان تخلخل با افزایش درصد جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس، کاهش تعداد حباب‌های هوا نسبت به سطح کل



شکل 7- اثر جایگزینی درصدهای مختلف پودر جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس با آرد گندم بر صمغی شدن بافت کیک اسفنجی (حروف غیرمشابه از نظر آماری در سطح 5 درصد اختلاف معنی‌داری دارد)

قابلیت جویدن و پذیرش) نمونه‌های کیک اسفنجی در روزهای اول، پنجم و دهم در جدول 5، آورده شده است.

ارزیابی اثر سطوح مختلف ریز جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس بر ویژگی‌های حسی کیک اسفنجی
نتایج حاصل از افزودن سطوح مختلف پودر جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس بر ویژگی‌های حسی (عطر و بو، رنگ، بافت، طعم و مزه،

سطح جایگزینی (%)	عطر و بو	رنگ	بافت	طعم و مزه	قابلیت جویدن	پذیرش کلی
صفر	4/45±0/50 ^a	4/75±0/54 ^a	4/65±0/47 ^a	4/40±0/57 ^a	4/55±0/50 ^a	4/40±0/52 ^{ab}
0/5	4/40±0/67 ^a	4/85±0/80 ^a	4/65±0/47 ^a	4/40±0/74 ^a	4/65±0/58 ^a	4/45±0/71 ^a
1	4/14±0/82 ^a	4/00±0/78 ^b	3/97±0/84 ^a	3/65±0/63 ^b	4/10±0/70 ^a	3/77±0/71 ^b
1/5	3/85±0/88 ^a	3/75±0/63 ^b	4/22±0/87 ^a	3/75±0/79 ^{ab}	4/15±0/94 ^a	4/10±0/74 ^{ab}

حروف غیرمشابه در ستون‌ها نشان دهنده تفاوت معنی‌داری نمونه‌ها در سطح $p < 0/05$ است.

جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس بود ($P < 0/05$). از نظر رنگ بیشترین امتیاز برای نمونه حاوی 0/5 درصد جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس و از نظر طعم و مزه نمونه شاهد و نمونه حاوی 0/5 درصد جلبک دارای امتیاز یکسان

نتایج نشان داد که ویژگی‌های عطر و بو، بافت و قابلیت جویدن نمونه‌ها با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشت و بیشترین امتیاز تمامی پارامترهای حسی مربوط به نمونه کنترل و نمونه حاوی 0/5 درصد

بودند. بررسی نتایج امتیاز پذیرش کلی نمونه‌ها نشان داد که افزودن جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس به کیک اسفنجی در سطح 0/5 درصد بیشترین پذیرش را در بین سایر نمونه‌ها داشت. رنگ سبز مغز کیک اسفنجی برای مصرف‌کنندگان تازگی و جذابیت ایجاد کرد و مقایسه مجموع امتیازات حسی نشان داد که افزودن اسپیرولینا پلاتنسیس برای مصرف‌کنندگان رضایت‌بخش بود.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که افزودن ریزجلبک اسپیرولینا پلاتنسیس به فرمول کیک اسفنجی جهت غنی‌سازی محصول باعث افزایش پروتئین، مواد معدنی، پتانسیل آنتی‌اکسیدانی و دیگر ترکیبات فراسودمند، که به‌طور طبیعی در این جلبک وجود دارد شد. نتایج نشان داد که سطوح مختلف (0/5، 1 و 1/5 درصد بر اساس وزن آرد) استفاده

منابع

شده از جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس اثر معنی‌دار در بافت کیک اسفنجی ایجاد نکرد اما باعث اختلاف معنی‌داری در رنگ محصول شد. افزودن جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس به کیک اسفنجی سبب کاهش هر سه مؤلفه a^* ، b^* و L^* شد که این امر بسیار مورد توجه ارزیاب‌ها قرار گرفت. بنابراین می‌توان بیان کرد که غنی‌سازی کیک اسفنجی با اسپیرولینا پلاتنسیس راهی مطلوب و آسان جهت انتقال ترکیبات مفید و ارزشمند این جلبک به جوامع بشری است.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند که از معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان تشکر و قدردانی نمایند.

- اسمعیلی، سارا، حسینی، سیده مرضیه، شجاعی علی آبادی، سعیده. و میرمقنایی، لیلا. 1396. بهبود کیفی و بافتی کیک اسفنجی فاقد چربی با استفاده از پودر ژل آلوورا. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران. 12 (4): 111-119.
- افتخاری یزدی، مینو، شیخ الاسلامی، زهرا. و شریفی، اکرم. 1398. بهبود ویژگی‌های کیفی نان بربری با استفاده از جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس. نشریه ی نوآوری در علوم و فناوری غذایی. 11 (2): 69-77.
- انصاری فرد، فاطمه. رجبی اسلامی، هومن، شمسایی مهرجان، مهدی. و سلطانی، مهدی. 1396. تأثیر مکمل غذایی اسپیرولینا (*Spirulina platensis*) بر سیستم ایمنی و فاکتورهای بیوشیمیایی خون ماهی کوی (*Cyprinus carpio carpio*). مجله علمی شیلات ایران. 26 (3): 23-33.
- ایوبی، اعظم. (1397). تأثیر جایگزینی آرد گندم با پودر سنجد کامل بر خصوصیات کیفی کیک فنجانی. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، 13 (2): 79-88.
- باباخانی، زهرا. کرمی، مصطفی. و رضازاد باری، محمود. 1397. استفاده از ریز جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس در فرمولاسیون سس فراسودمند کم کالری غنی شده با آهن و روی. مجله علوم و صنایع غذایی. 84 (15): 125-136.
- خزایی پول، اسماعیل، شهیدی، فخری، مرتضوی، سید علی. و محبی، محبت. 1394. بررسی اثر سطوح مختلف ریزجلبک اسپیرولینا پلاتنسیس (*Spirulina platensis*) و هیدروکلوئیدهای آگار و گوار روی فعالیت آب، بافت، پارامترهای رنگی و پذیرش کلی پاستیل میوه ای بر پایه پوره کیوی. فصلنامه علوم و صنایع غذایی. 48 (12): 47-59.
- دادور، پیمان، عطای صالحی، اسماعیل. و شیخ الاسلامی، زهرا. 1397. فرمولاسیون کیک بدون گلوتن و بررسی خواص کیفی آن. نشریه ی نوآوری در علوم و فناوری غذایی. 10 (2): 56-70.
- روشنی، شیوا. و نقی‌پور، فریبا. 1397. بررسی ویژگی‌های بافتی، تصویری و حسی کیک فنجانی حاوی آرد شاه بلوط و سدیم استئاروئیل 2-لاکتیلات. مجله علوم و صنایع غذایی. 79 (15): 111-120.
- زارع، زهرا. نوری، لیلا. فهیم دانش، مریم. (1395). بررسی تأثیر جایگزینی آرد گندم با آرد سنجد بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی کیک روغنی. نشریه ی نوآوری در علوم و فناوری غذایی، 8 (2): 55-63.
- زرین، رسول، قاسم‌پور، زهرا، رضازاد باری، محمود، علیزاده، محمد. و مقدس کیا، احسان. 1393. بررسی اثرات ریز جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس و صمغ زرد در ماست پروبیوتیک. نشریه پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی. 3 (3): 197-210.
- سلیمه‌زاده، رضا، یآوری، وحید، موسوی، سید محمد. و ذاکری، محمد. 1393. اثر مکمل غذایی جلبک اسپیرولینا (*Spirulina platensis*) بر برخی از فاکتورهای خونی، ایمنی و بیوشیمیایی سرم ماهی بنی (*Mesopotamichthys sharpeyi* (Gunther, 1874)). مجله دامپزشکی ایران. 10 (2): 40-46.

- سوزنکار، رضا، موحد، سارا. و چاپچی نصرتی، آرش. 1397. غنی سازی ویفر روکش دار با استفاده از پودر ریز جلبک *آرتروسپیرا (اسپیرولینا) پلاتنسیس*. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران. 13 (2): 51-60.
- صالحی، فخرالدین. و کاشانی نژاد، مهدی. 1397. مدل سازی اثر صمغ گزانتان بر خصوصیات بافتی کیک هویج. مجله علوم و صنایع غذایی. 75 (15): 73-82.
- صالحی فر، مانیا، شهبازی زاده، سعیده، خسروی دارانی، کیانوش، بهمدی، هما. و فردوسی، روح الله. 1391. بررسی امکان استفاده از پودر ریز جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس در تولید کلوچه‌ی صنعتی. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران. 7 (4): 63-72.
- علوی، نصیره، کرامت، ملیحه، گل‌مکانی، محمدتقی، لاری، محمود امین، شکر فروش، شهرام. و نوروزی، مسعود. 1394. بهبود پایداری اکسیداسیون روغن زیتون بکر با استفاده از ریز جلبک اسپیرولینا به عنوان یک آنتی اکسیدان طبیعی. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران. 10 (4): 63-74.
- قائنی، منصوره، متین فر، محمد، رومیانی، لاله. و چوبکار، نسرین. 1389. ترکیب شیمیایی پودر ریز جلبک اسپیرولینا. فصلنامه زیست‌شناسی شیل آمایش. 2 (1): 55-61.
- مرادی، یزدان، مطلبی، عباسعلی، قائنی، منصوره، حدائق، هاله، مصدق، مجید، خسروی، کیانوش، بابائی، محسن، حسینی، سید هاشم، شاهرخی، سوسن، شیخ، غفور. و صفوی، ابراهیم. 1395. بررسی امکان غنی سازی برخی از فرآورده‌های غلات (نان، کیک و شیرینی) با استفاده از ریز جلبک اسپیرولینا. وزارت جهاد کشاورزی سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور. شماره ثبت: 46554.
- مستولی زاده، سید صابر، مرادی، یزدان، صدیق مرتضوی، محمد، مطلبی، عباسعلی. و قائنی، منصوره. 1396. تاثیر افزودن پودر میکرو جلبک اسپیرولینا بر ترکیب اسیدهای چرب و اسیدهای آمینه پاستا. مجله علمی شیلات ایران. 26 (4): 119-130.
- مستولی زاده، سید صابر، مرادی، یزدان، صدیق مرتضوی، محمد، مطلبی، عباسعلی. و قائنی، منصوره. 1398. بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی ماکارونی غنی شده با پودر ریز جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس. علوم غذایی و تغذیه. 16 (2): 105-113.
- مهربان سنگ آتش، معصومه، محمدی ثانی، علی. و صراف، مژده. 1392. بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و ارگانولپتیکی دونات غنی شده با آرد سنجد. همایش ملی پدافند غیر عامل در بخش کشاورزی. 9185-9177.
- نورمحمدی، الهام، پیغمبر دوست، سید هادی، اولادغفاری، عارف، آزاد مرد دمیرچی، صدیف. و حصاری، جواد. 1389. تأثیر جایگزینی ساکارز توسط قندهای الکلی و آسپاراتام بر خواص کیک اسفنجی. نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی. 21 (2): 155-165.
- نوری، مهران، ناصحی، بهزاد. و آبدانان مهدی زاده، سامان. 1396. مدلسازی اثر افزودن صمغ فارسی و پودر تقاله هویج بر ویژگی‌های بینایی دونات با استفاده از روش سطح پاسخ. مجله علوم و صنایع غذایی ایران. 14 (65): 85-96.
- وطن دوست، سمیه، عزیزی محمد حسین، حجت الاسلامی، محمد، مولوی، هومان. و رئیسی زهرا. 1394. تاثیر افزودن پودر سنجد بر ویژگی های کیفی نان همبرگر. فصلنامه علوم و صنایع غذایی. 49 (12): 73-84.
- AACC International. 2000. Approved methods of the American Association of Cereal Chemists (9thed). St. Paul, MN, USA: American Association of Cereal Chemists.
- Abu-Taweela GM, Mohsen AM, Antonisamy P, Arokiyaraj S, Kim HJ, Kim SJ, Park KH, Kim YO. 2019. Spirulina consumption effectively reduces anti-inflammatory and pain related infectious diseases. *Journal of Infection and Public Health*.
- Alizadeh Behbahani, B., & Imani Fooladi, A. A. 2018. Development of a novel edible coating made by Balangu seed mucilage and Feverfew essential oil and investigation of its effect on the shelf life of beef slices during refrigerated storage through intelligent modeling. *Journal of Food Safety*. 38(3): e12443.
- Alizadeh Behbahani, B., Yazdi, F. T., Shahidi, F., Mortazavi, S. A., & Mohebbi, M. 2017. Principle component analysis (PCA) for investigation of relationship between population dynamics of microbial pathogenesis, chemical and sensory characteristics in beef slices containing Tarragon essential oil. *Microbial Pathogenesis*. 105: 37-50.
- Batista, A.P., Raymundo, A., Sousa, I., Empis, J., and Franco, J.M. 2006. Colored food emulsions – implications of pigment addition on the rheological behaviour and microstructure. *Food Biophysics*. 1, 216-227.
- Golmakani, MT., Moayyedi, M., Raissjalali, A., Pesaran, P. and Aghajani, A. 2015. Investigation of Physicochemical, Nutritional, Textural, and Sensory Properties of Iranian Yazdi Cupcake Enriched with Spirulina (*Arthrospira platensis*). International Conference on Latest Trends in Food, Biological & Ecological Sciences. 30-34.
- Jogihalli, P. Singh, L. Sharanagat, V.S. (2017). Effect of microwave roasting parameters on functional and antioxidant properties of chickpea (*Cicer arietinum*). *LWT - Food Science and Technology*, 79: 223-233.
- Lemes, A.C., Takeuchi, K.P., Carvalho, J.C.M.D. and Danesi, E.D.G., 2012. Fresh pasta production enriched with *Spirulina platensis* biomass. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 55(5): 741-750.
- Sharma, P. and Gujral, H. S. 2011. Effect of sand roasting and microwave cooking on antioxidant activity of barley. *Food Research International*. 44 (1): 235-240.

Investigation of the effect of different *Spirulina platensis* levels on nutritional, physicochemical and sensory properties of sponge cake

N. Zanganeh¹, H. Barzegar^{2*}, B. Alizadeh Behbahani³, M. A. Mehrnia³

Received: 2019.07.11

Accepted: 2019.07.24

Introduction: *Spirulina platensis* belongs to the Division of *Cyanobacteria* and the family of *Oscillatoriaceae*. It is autotroph and photo-synthesizer and can be reproduced through double cell division. *Spirulina platensis* is a filamentous blue-green multi-cellular microalgae naturally occurring in the tropical and alkaline lakes of America, Mexico, Asia and central Africa. It contains unique and extraordinary nutrients which can be used in the production of functional foods. Among bakery and flour products, cake has a relatively high diversity and long shelf-life and is famous among a variety of people, especially children. Since the knowledge associated with the enrichment of sponge cake, as a popular product among different communities (in particular, children) is limited, the aim of the present research is to produce a sponge cake enriched with *spirulina platensis*, and to examine its nutritional, physicochemical and sensory properties.

Materials and methods: In this research, the effect of *Spirulina platensis* at four levels (0, 0.5, 1 and 1.5%) was investigated on the nutritional properties (protein, fat, iron, zinc and copper contents), physicochemical properties (moisture content, pH, total phenol content, antioxidant potential, textural properties and color indices) and sensory attributes (odor, color, texture, flavor and taste, chewiness and total acceptance) of the sponge cake samples prepared with wheat flour.

Results and discussion: Results showed that algae powder was rich in protein (56.33%) and iron (13.18 ppm). The addition of *Spirulina platensis* to the sponge cake caused reduction in its moisture content during storage (days 1, 5 and 10). The results also revealed that the different levels of algae addition brought about significant differences in the moisture content of the samples ($p < 0.05$). The results also indicated that the protein, fat and mineral contents as well as other nutritional properties of the sponge cake increased as the algae content was elevated. The total phenol content of the cake samples was also raised with an increase in the algae powder level, compared with the control. This could be attributed to the large amounts of phytochemical and biological active substances such as flavonoids, sterols and other phenolic compounds. The results demonstrated that the porosity values of the control and the sample containing 1.5% of the algae were not significantly ($p < 0.05$) different. The percentage of porosity was equal to 24.94, 37.99, 33.39 and 27.81 in the control and the samples containing 0.5, 1 and 1.5% of *Spirulina platensis*. Overall, the sample with 0.5% of the algae and the control had the highest and lowest porosity percentage respectively. As the algae level rose, the textural parameters (hardness, cohesiveness and gumminess) of the sponge cake increased on days 1, 5 and 10 of the storage period. The colorimetry results showed that the effect of *Spirulina platensis* was significant ($p < 0.05$) on color parameters (L^* , a^* and b^*). Sensory evaluation revealed that the sponge cake with 0.5% of the microalgae was the most acceptable among the samples. The green color of the cake crumb was attractive to the panelists and a comparison between the total sensory scores indicated that the incorporation of *Spirulina platensis* into the sponge cake was desirable from the panelists' points of view. The results of this study demonstrated that the addition of *Spirulina platensis* to sponge cake for the enrichment of this product, caused an increase in its protein and mineral contents, antioxidant potential, in addition to other functional ingredients naturally occurring in this algae. The results revealed that different levels of this algae (0.5, 1, and 1.5%) did not significantly affect the cake texture, however, had a significant impact on its color. Incorporation of *Spirulina platensis* into sponge cake reduced its L^* , a^* and b^* , which was highly noticed by the panelists. Therefore, it can be declared that enrichment of sponge cake, as a popular product among different people of societies, particularly children, is a desirable and easy way of transferring the useful and valuable compounds of this algae to human.

Keywords: *Spirulina platensis*, Textural properties, Sponge cake, Sensory properties.

1, 2 and 3 MSc. student, Associate Professor and Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Animal Science and Food Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.

(*Corresponding author's email: hbarzegar@asnrukh.ac.ir)

تعیین ترکیبات شیمیایی، ویژگی‌های ضداکسایشی و فعالیت ضد میکروبی اسانس دانه گشنیز بر تعدادی از میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا

مرضیه امیدی میرزائی¹ - محمد حجتی^{2*} - بهروز عزیزاده بهبهانی³ - محمد نوشاد³

تاریخ دریافت: 1398/04/27

تاریخ پذیرش: 1398/05/22

چکیده

در طب سنتی ایران از دانه‌های گشنیز به‌طور گسترده به‌منظور درمان بیماری استفاده می‌شود. هدف از این پژوهش، شناسایی ترکیبات شیمیایی، قدرت آنتی‌اکسیدانی و بررسی فعالیت ضد میکروبی اسانس دانه گشنیز بود. ترکیبات شیمیایی اسانس دانه گشنیز با دستگاه کروماتوگرافی گازی متصل به طیف‌سنجی جرمی شناسایی شد. فنول کل و قدرت آنتی‌اکسیدانی به‌ترتیب با روش‌های فولین سیوکالتو، رادیکال‌های ABTS و DPPH اندازه‌گیری گردید. قدرت آنتی‌اکسیدانی اسانس با آنتی‌اکسیدان سنتزی BHA در غلظت 100 میکروگرم بر میلی‌لیتر مقایسه شد. فعالیت ضد میکروبی اسانس دانه گشنیز با روش‌های انتشار در آگار به کمک دیسک (کربی - بوئر)، حداقل غلظت مهارکنندگی و حداقل غلظت کشندگی برای باکتری‌های باسیلوس سرئوس، سالمونلا تیفی، اشرشیا کلی و سودوموناس آنروژینوزا تعیین گردید. براساس نتایج آنالیزهای شیمیایی، اسانس دانه گشنیز غنی از مونوترپن‌های اکسیژن‌دار (89/94%) بود. ترکیب عمده اسانس دانه گشنیز لینالول (76/75%) بود. بیشترین درصد مهار رادیکال آزاد برای DPPH، 53/75% و برای ABTS، 66/60% در غلظت 900 ppm مشاهده شد. مقدار فنول کل موجود در اسانس $38/04 \pm 0/02$ mg GAE/g بود. نتایج نشان داد که بیشترین و کمترین قطر هاله عدم رشد به‌ترتیب مربوط به باکتری باسیلوس سرئوس (30/30 میلی‌متر) و سالمونلا تیفی (23/15 میلی‌متر) بود. حداقل غلظت مهارکنندگی اسانس دانه گشنیز برای باکتری‌های باسیلوس سرئوس، اشرشیا کلی، سودوموناس آنروژینوزا و سالمونلا تیفی به‌ترتیب برابر با 2، 4 و 4 میلی‌گرم بر میلی‌لیتر بود. به‌طور کلی نتایج نشان داد که اسانس دانه گشنیز دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی کمتر از آنتی‌اکسیدان سنتزی BHA بود.

واژه‌های کلیدی: ضدباکتریایی، دانه گشنیز، آنتی‌بیوتیک جنتامایسین، آنتی‌اکسیدان سنتزی.

مقدمه

میکروارگانیسم‌ها بیماری‌زا شناخته شده‌اند و بیشتر خواص آن‌ها با اسانس‌ها و متابولیت‌های ثانویه مرتبط است. از لحاظ تاریخی، اسانس‌های مختلف به‌طور گسترده‌ای به‌دلیل قابلیت‌های بالقوه آنتی‌بیوتیکی مورد پذیرش قرار گرفته‌اند (Calo et al., 2014). اسانس‌ها در اندام‌های مختلف گیاهان معطر مانند گل‌ها، برگ‌ها، ریشه، ساقه و بذر می‌توانند تجمع پیدا کنند که حاصل متابولیسم‌های ثانویه گیاه می‌باشند. اسانس‌ها می‌توانند از گیاه در برابر باکتری‌ها، قارچ‌ها، ویروس‌ها و آفت‌ها محافظت نمایند. اسانس‌ها، منابع غنی از ترکیبات بیولوژیکی فعال هستند که در صنایع مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند. پژوهش‌های مختلفی اثر ضد میکروبی، ضدقارچی، ضدویروسی و حشره‌کشی اسانس‌های گیاهی را به اثبات رسانده است (Azhdarzadeh et al., 2016).

مقاومت میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا در برابر عوامل ضد میکروبی و داروها، به‌عنوان یک نگرانی از سلامت عمومی در قرن 21 محسوب می‌شود. بیماری‌های عفونی ناشی از باکتری‌ها و قارچ‌ها در سرتاسر دنیا به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه رو به افزایش می‌باشد (Noshad et al., 2018). در سالیان اخیر به دلیل افزایش آگاهی مردم از خطرات و عوارض جانبی استفاده از داروها و آنتی‌بیوتیک‌های شیمیایی و سنتزی تمایل به استفاده از گیاهان دارویی و طبیعی به‌عنوان جایگزین داروهای سنتزی رو به فزونی گذاشته است. علاقه به مصرف مواد ضد میکروبی طبیعی و غیرسنتزی به‌عنوان یک جایگزین بالقوه برای مهارکننده‌های رشد میکروارگانیسم‌های عامل عفونت و مسمومیت افزایش یافته است. گیاهان معطر و اجزای آن به‌عنوان مهارکننده‌های رشد

1 و 2 - به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران.

(*)-نویسنده مسئول: (Email: hojjati@asnruk.ac.ir)

هدف از این پژوهش، شناسایی ترکیبات شیمیایی، پتانسیل آنتی اکسیدانی، فنول کل و ارزیابی فعالیت ضد میکروبی اسانس دانه گشنیز با روش های انتشار در آگار به کمک دیسک (دیسک دیفیوژن)، تعیین حداقل غلظت مهار کنندگی و حداقل غلظت کشندگی بر باسیلوس سرئوس، سالمونلا تیفی، اشرشیا کلی و سودوموناس آئروژینوزا بود.

مواد و روش ها

تهیه و استخراج اسانس دانه گشنیز

دانه گشنیز از بازار محلی مشهد تهیه و بعد از تأیید نام علمی گیاه عمل استخراج اسانس انجام شد. به این منظور مقدار 100 گرم دانه گشنیز خشک شده به دستگاه کلونجر که اساس کار آن تقطیر آبی است منتقل و به مدت 3 ساعت اسانس موجود استخراج و پس از جمع آوری و آب گیری با سولفات سدیم در ظروف تاریک و در دمای 4 درجه سانتی گراد نگهداری شد (Haghirossadat et al., 2010).

شناسایی ترکیبات شیمیایی اسانس دانه گشنیز

شناسایی ترکیبات اسانس استخراج شده با تزریق 0/5 میکرولیتر اسانس استخراجی رقیق شده با سیکلو هگزان به دستگاه گاز کروماتوگرافی (Agilent 6890A، چین) حاوی ستون HP-5MS (طول 30 متر، قطر داخلی 250 میکرومتر و ضخامت فاز ثابت 0/25 میکرومتر) متصل به طیف سنج جرمی (Agilent 5975، چین) انجام پذیرفت. برنامه دمایی ستون به این طریق تنظیم گردید: دمای ابتدایی آن 40 درجه سانتی گراد بود و دما با سرعت 5 درجه در دقیقه تا رسیدن به دمای 200 درجه سانتی گراد افزایش یافت و در این دما یک دقیقه باقی ماند و سپس دما با سرعت 10 درجه سانتی گراد در دقیقه تا رسیدن به دمای 250 درجه سانتی گراد افزایش یافت و پس از 5 دقیقه توقف در این دما، در نهایت با سرعت 25 درجه سانتی گراد در دقیقه به دمای 300 درجه سانتی گراد رسانده شد. گاز هلیوم با سرعت جریان 1 میلی لیتر در دقیقه به عنوان گاز حامل به کار گرفته شد. دمای محفظه تزریق و آشکارساز به ترتیب 240 و 300 درجه سانتی گراد تنظیم گردید. طیف سنج جرمی با ولتاژ یونیزاسیون 70 الکترون ولت به کار گرفته شد. شناسایی نوع ترکیبات اسانس با کمک طیف نرمال آلکان ها (C₈-C₂₄) و به دست آوردن شاخص بازداری آن ها (شاخص کوآتز) و مقایسه با

گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) گیاهی یکساله متعلق به خانواده *Apiaceae* است که با توجه به شرایط آب و هوایی، به عنوان یک محصول تابستانه یا زمستانه کشت می شود. ارتفاع این گیاه 20 تا 70 سانتی متر است. مطالعات فارماکولوژیک¹ اثر ضد دیابتی و ضد سرطانی گشنیز را در مدل های حیوانی به اثبات رسانده است. ایران یکی از عمده ترین تولید کنندگان تجاری دانه گشنیز محسوب می شود. گیاه گشنیز در مناطق مختلف ایران از زمان های قدیم کشت می شده است. در طب سنتی ایران دانه های گشنیز به طور گسترده به منظور درمان اختلالات دستگاه گوارش، قفق، اسهال، کولیت² و سایر اختلالات معده مورد استفاده قرار می گیرد. دانه گشنیز در پزشکی عمدتاً به عنوان یک دارو برای سوء هاضمه، ضد کرم، روماتیسم و درد مفاصل مصرف می شود. دانه های معطر گشنیز همچنین به عنوان ادویه در تشریحات، پودر کاری، سوسیس، کیک، شیرینی، بیسکویت و نان استفاده می شود (Nejad Ebrahimi et al., 2010; Emamghoreishi et al., 2015; Eikani et al., 2007).

اسانس گشنیز در صنعت غذایی به عنوان یک طعم دهنده تولیدات مواد غذایی همانند نوشابه، کاکائو و شکلات به کار برده می شود. از این اسانس در علوم پزشکی به عنوان یک طعم دهنده یا یک عامل ضد نفخ استفاده می شود. پژوهش های پیشین نشان می دهند که جزء اصلی بذر گشنیز لینالول³ بوده که این ترکیب فقط در دانه گشنیز موجود می باشد (Eikani et al., 2007).

باسیلوس سرئوس⁴، باکتری میله ای شکل، از خانواده باسیلاسه می باشد. این باکتری می تواند باعث بروز مسمومیت های غذایی شود و علائمی مانند اسهال، درد شکم، سرگیجه و سردرد در بیمار ایجاد می کند (Tajkarimi et al., 2010). سالمونلا تیفی⁵ متعلق خانواده انتروباکتریاسه⁶ می باشد و می تواند باعث بروز بیماری هایی مانند تب های رودهای (حصبه و شبه حصبه) در انسان گردد. اشرشیا کلی⁷، باکتری گرم منفی و متعلق به خانواده انتروباکتریاسه است. این باکتری یکی از مهم ترین عوامل عفونت در انسان می باشد و می تواند سبب بروز عفونت هایی همانند عفونت ادراری و مننژیت گردد (Alizadeh et al., 2018). سودوموناس باکتری گرم منفی، متعلق به خانواده سودوموناسه است. سودوموناس آئروژینوزا⁸ در انسان می تواند باعث ایجاد زخم های عفونی به خصوص عفونت گوش میانی گردد (Tajkarimi et al., 2010).

1 Pharmacologic

2 Colitis

3 Linalool

4 *Bacillus cereus*

5 *Salmonella typhi*

6 Enterobacteriaceae

7 *Escherichia coli*

8 *Pseudomonas aeruginosa*

محلول 0/1 میلی مولار DPPH در متانول به لوله‌ها اضافه شد و مخلوط گردید. لوله‌ها به مدت 30 دقیقه در یک محل تاریک در دمای اتاق نگهداری شدند. نمونه کنترل به صورت محلول‌های فوق بدون اسانس تهیه شد. از متانول برای صفر کردن دستگاه استفاده شد. جذب نمونه با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج 517 نانومتر اندازه‌گیری گردید. درصد مهارکنندگی اسانس با استفاده از معادله (1)، محاسبه شد.

$$\text{Free radical scavenging (\%)} = \frac{(A_{\text{blank}} - A_{\text{sample}}) \times 100}{A_{\text{sample}}} \quad (1)$$

در این معادله A_{sample} : جذب محلول DPPH پس از واکنش با غلظت معینی از اسانس و A_{blank} : جذب محلول DPPH با متانول به جای اسانس می‌باشد.

2-2. آزینو بیس - 3- اتیل بنزو تیا زولین - 6- سولفونیک

اسید

فعالیت آنتی‌اکسیدانی اسانس دانه گشنیز با روش ABTS مطابق با مطالعه Shan و همکاران (2006)، با اندکی اصلاحات انجام شد. برای انجام این آزمون محلول 7 میلی مولار ABTS و محلول 2/45 میلی مولار پرسولفات پتاسیم در آب تهیه شد و به نسبت یکسان با هم مخلوط گردید. محلول حاصل به مدت 16 ساعت در تاریکی و در دمای اتاق نگهداری شد. در این مدت اکسیداسیون و تولید رادیکال $ABTS^+$ به وسیله پتاسیم پرسولفات انجام می‌گردد. قبل از آزمون، محلول $ABTS^+$ با متانول تا جذب $0/200 \pm 0/700$ در طول موج 734 نانومتر رقیق شد. پس از آن 0/1 میلی لیتر از غلظت‌های اسانس دانه گشنیز به 3/9 میلی لیتر از محلول ABTS رقیق شده افزوده و بعد از گذشت 6 دقیقه جذب آن به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج 734 نانومتر قرائت شد. نمونه کنترل به صورت محلول‌های فوق بدون اسانس تهیه شد و متانول برای صفر کردن دستگاه مورد استفاده قرار گرفت. درصد مهارکنندگی نمونه‌ها با استفاده از معادله (2)، محاسبه شد.

$$AA (\%) = \frac{(A_{\text{blank}} - A_{\text{sample}}) \times 100}{A_{\text{sample}}} \quad (2)$$

در این معادله A_{sample} : جذب محلول ABTS پس از واکنش با غلظت معینی از اسانس و A_{blank} : جذب محلول ABTS با متانول به جای اسانس می‌باشد.

شاخص کوآتر (KI)¹ گزارش شده ترکیبات در نرم افزار NIST07 و مقایسه طیف جرمی هر یک از اجزای ترکیبات اسانس با طیف جرمی موجود در کتابخانه wiley7n.1 موجود در دستگاه GC/MS² صورت پذیرفت. میزان درصد ترکیبات موجود در اسانس مورد بررسی با استفاده از دستگاه گاز کروماتوگرافی مجهز به آشکارساز FID با شرایط فوق و با استفاده از سطح زیر منحنی پیک‌ها محاسبه گردید (Msaada et al., 2007).

فنول کل اسانس دانه گشنیز

ترکیبات فنول کل اسانس دانه گشنیز با روش رنگ‌سنجی فولین-سیوکالتیو و بر حسب اسید گالیک اندازه‌گیری شد. برای رسم منحنی اسیدگالیک غلظت‌های صفر، 50، 100، 250، 500 و 1000 میلی گرم بر لیتر اسیدگالیک و همچنین غلظت 10 گرم بر لیتر از اسانس دانه گشنیز تهیه شد. مقدار 20 میکرولیتر از غلظت‌های فوق با 2 میلی لیتر آب مقطر و 100 میکرولیتر از معرف فولین-سیوکالتیو مخلوط گردید و بعد از گذشت 3 تا 18 دقیقه مقدار 300 میکرولیتر از محلول کربنات سدیم 7/5% به آن‌ها اضافه شود و در نهایت جذب محلول‌ها بعد از گذشت 2 ساعت در طول موج 765 نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر wpa (biowaveii، انگلستان) اندازه‌گیری شد. میزان جذب خوانده شده برای اسانس در رابطه به دست آمده از نمودار استاندارد اسید گالیک قرار داده شد و به این ترتیب مقدار فنول کل بر حسب غلظت معادل اسید گالیک محاسبه شد ($R^2=0/9587$) (Kähkönen et al., 1999) ($y=0/0025x + 0/0379$).

فعالیت آنتی‌اکسیدانی اسانس دانه گشنیز

فعالیت آنتی‌اکسیدانی اسانس گشنیز با دو روش ارزیابی درصد مهار رادیکال آزاد 2،2- دی فنیل -1- پریکیل هیدرازیل (DPPH)³ و ۲،۲- آزینو بیس -3- اتیل بنزو تیا زولین -6- سولفونیک اسید (ABTS)⁴ اندازه‌گیری شد، در زیر این روش‌ها به اختصار آورده شده است.

رادیکال آزاد 2،2- دی فنیل -1- پریکیل هیدرازیل

فعالیت رادیکال آزاد اسانس دانه گشنیز با استفاده از روش تجزیه رادیکال آزاد ۲،۲- دیفنیل -1- پریکیل هیدرازیل (DPPH) به صورت کمی ارزیابی شد (Wong et al., 2006). به طور خلاصه 100 میکرولیتر از غلظت‌های مختلف اسانس (100، 300، 500، 700 و 900 میکروگرم/ میلی لیتر) در لوله‌های آزمایش ریخته شد و 3/9 میلی لیتر از

1 Kovats Index

2 Gas chromatography mass spectrometry

3 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl

4 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid)

تهیه و آماده سازی میکروارگانیسم های بیماری زا

در این پژوهش از 4 باکتری بیماری زا شامل: *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853، *Escherichia coli* ATCC 14579 و *Salmonella typhi* ATCC 14028 استفاده شد. تمامی سویه های میکروبی مورد استفاده در این مطالعه به صورت لیوفیلیزه در آزمایشگاه میکروبیولوژی گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان وجود داشت.

تهیه کشت تازه از سویه های میکروبی

برای تهیه کشت تازه از میکروارگانیسم ها یک روز قبل از انجام آزمون های میکروبی از هر سویه میکروبی بر محیط کشت مولر هینتون آگار کشت سطحی انجام شد. سوسپانسیون سویه های میکروبی براساس کدورت نیم مک فارلند ($1/5 \times 10^8$ colony forming unit/mL) تنظیم شد.

بررسی فعالیت ضد میکروبی اسانس دانه گشنیز

روش دیسک دیفیوژن

در این روش ابتدا یک سوسپانسیون استاندارد میکروبی بر محیط کشت مولر هینتون آگار به روش سطحی کشت داده شد. دیسک های خالی (شرکت پادتن طب، ایران) با فاصله معین از یکدیگر و از دیواره پلیت روی محیط کشت قرار داده شد. 20 میکرولیتر از اسانس دانه گشنیز به آرامی به دیسک ها اضافه گردید. برای استریل کردن اسانس قبل از اضافه کردن آن ها به دیسک، از فیلتر سر سرنگی با اندازه ذرات 0/22 میکرون عبور داده شد. از دیسک آنتی بیوتیک جنتامایسین به عنوان کنترل استفاده شد. در انتها پلیت های حاوی باکتری ها به مدت 24 ساعت در 37 درجه سانتی گراد گرمخانه گذاری شدند. بعد از گذشت مدت زمان گرمخانه گذاری قطر هاله عدم رشد در اطراف دیسک ها با خط کش اندازه گیری و برحسب میلی متر گزارش شد (Alizadeh Behbahani et al., 2017).

تعیین حداقل غلظت بازدارندگی از رشد

به منظور اندازه گیری حداقل غلظت بازدارندگی از رشد از روش رقیق سازی در مایع (میکرو دایلوژن براث)⁴ استفاده شد. برای ساختن غلظت های میکروبی مقدار 5/12 گرم از اسانس گشنیز و 0/5 میلی لیتر دی متیل سولفو کساید به 9/5 میلی لیتر مولر هینتون براث اضافه شده و برای جلوگیری از دو فاز شدن عمل ورتکس انجام گردید. مقدار 5 میلی لیتر از غلظت 512 میلی گرم بر میلی لیتر را به 5 میلی لیتر محیط کشت اضافه کرده و به همین صورت تا غلظت 0/5 میلی گرم بر

میلی لیتر ساخته شد. مقدار 100 میکرولیتر از غلظت های ساخته شده به میکروپلیت 96 خانه ریخته و مقدار 10 میکرولیتر از سوسپانسیون میکروبی به آن اضافه شد. کنترل مثبت و کنترل منفی نیز برای هر باکتری در نظر گرفته شد. کنترل مثبت شامل 100 میکرولیتر از غلظت ها و کنترل منفی شامل 100 میکرولیتر از محیط کشت و 10 میکرولیتر از سوسپانسیون میکروبی بود. میکروپلیت 96 خانه در دمای 37 درجه سانتی گراد 24 ساعت گرمخانه گذاری شد. در نهایت پس از گذشت 24 ساعت از گرمخانه گذاری، میکروپلیت ها از انکوباتور بیرون آورده و 20 میکرولیتر معرف رنگی تترازولیوم کلراید 5 درصد به هر خانه اضافه شد و به مدت نیم ساعت گرمخانه گذاری شد. خانه هایی که باکتری در آن ها رشد کرده بود به رنگ قرمز تغییر یافت. اولین خانه ای که در آن تغییر رنگ مشاهده نشد به عنوان حداقل غلظت بازدارندگی گزارش شد (Alizadeh Behbahani et al., 2017; Yeganegi et al., 2018).

تعیین حداقل غلظت کشندگی

برای تعیین حداقل غلظت کشندگی اسانس دانه گشنیز مقدار 100 میکرولیتر از هر چاهک که در آن تغییر رنگ دیده نشد، به محیط کشت مولر هینتون آگار انتقال و کشت داده شد. کمترین غلظتی از اسانس که فاقد کلنی باکتری بود به عنوان حداقل غلظت کشندگی گزارش شد (Alizadeh Behbahani et al., 2017; Yeganegi et al., 2018).

تجزیه و تحلیل داده های آماری

از آنالیز واریانس یک طرفه برای تجزیه و تحلیل داده ها استفاده شد. جهت مقایسه میانگین داده ها از آزمون دانکن در سطح احتمال 5 درصد با استفاده از نرم افزار SPSS (نسخه 25) استفاده شد. تمامی آزمون ها 3 بار تکرار گردید.

نتایج و بحث

شناسایی ترکیبات شیمیایی اسانس دانه گشنیز

گیاهان دارویی به لحاظ درمان و پیشگیری از بیماری ها ارزش و اهمیت فراوانی دارند. استفاده از گیاهان دارویی در پزشکی و طب سنتی قدمتی طولانی دارد. در سالیان اخیر به دلیل افزایش آگاهی مردم از خطرات و عوارض جانبی استفاده از داروها و آنتی بیوتیک های شیمیایی و سنتزی تمایل به استفاده از گیاهان دارویی و طبیعی به عنوان جایگزین داروهای سنتزی رو به فزونی گذاشته است. علاقه به مصرف مواد ضد میکروبی، طبیعی و غیر سنتزی به عنوان یک جایگزین بالقوه برای مهارکننده های رشد میکروارگانیسم های عامل عفونت و مسمومیت افزایش یافته است. اسانس ها منبع خوبی از ترکیبات زیست فعال هستند که دارای ویژگی های آنتی اکسیدانی و ضد میکروبی بوده و می توانند

به عنوان جایگزین داروهای سنتزی استفاده شوند (Calo et al., 2015). از این رو این پژوهش با اهداف شناسایی ترکیبات شیمیایی، پتانسیل آنتی اکسیدانی و فعالیت ضد میکروبی اسانس دانه گشنیز انجام پذیرفت.

جدول 1- ترکیبات شیمیایی شناسایی شده اسانس دانه گشنیز

ردیف	ترکیب	شاخص کواتز	زمان بازداری (min)	درصد
1	α -Pinene	928	9/495	2/40
2	Camphene	933	10/151	0/41
3	β -Pinene	951	11/484	0/18
4	β -Myrcene	964	12/305	0/25
5	p-Cymene	1012	13/905	1/83
6	Limonene	1023	14/089	1/08
7	δ -Terpinene	1054	15/628	1/59
8	Linalool oxide	1085	16/336	0/98
9	Linalool	1104	17/987	76/75
10	Camphor	1138	19/832	5/22
11	Borneol	1166	20/941	0/19
12	4-Terpineol	1178	21/495	0/31
13	α -Terpineol	1190	22/182	0/51
14	Decanal	1193	22/602	0/75
15	Citral	1242	24/248	0/04
16	Geraniol	1255	25/956	2/11
17	Anethole	1296	26/613	0/09
18	Geranyl acetate	1387	30/961	2/99
19	Dodecanal	1407	31/597	0/35
20	Caryophyllene	1418	32/377	0/05
21	Tetradecanal	1611	39/618	0/15
	Monoterpene hydrocarbons			7/74
	Monoterpenes oxygenated			89/94
	Sesquiterpene hydrocarbons			0/05
	Sesquiterpene oxygenated			0/5
کل				98/23

می دهد. براساس این نتایج اسانس دانه گشنیز غنی از مونوترپن های اکسیژن دار (89/94 درصد) می باشد. ترکیب عمده اسانس دانه گشنیز

نتایج شناسایی ترکیبات شیمیایی اسانس دانه گشنیز با دستگاه کروماتوگرافی گازی متصل به طیف سنج جرمی در جدول 1، آورده شده است. براساس نتایج مشخص گردید که اسانس دانه گشنیز دارای 21 ماده فرار بوده که در مجموع 98/23 درصد از کل ترکیبات آن را تشکیل

لینالول (76/75 درصد) بود. علاوه بر این کامفور¹ (5/22 درصد)، گرانیل استات² (2/99)، آلفا پینن³ (2/40 درصد)، گرانول⁴ (2/11 درصد) و پی سیمین⁵ (1/83 درصد) به عنوان دیگر ترکیبات غالب اسانس دانه گشنیز بودند.

Msaada و همکاران (2007)، ترکیبات اسانس دانه گشنیز را در سه مرحله بلوغ با استفاده از GC-FID⁶ و GC-MS در تونس مورد بررسی قرار دادند. نتایج این پژوهشگران مشخص کرد که گرانیل استات (46/27 درصد)، لینالول (10/96 درصد)، نرول (1/53 درصد) و نرال (1/42 درصد) ترکیبات اصلی در مرحله اول بلوغ (دانه‌های نابالغ) بودند. در مرحله میانی، لینالول (76/33 درصد)، سیس دی هیدروکارول (3/21 درصد) و گرانیل استات (2/85 درصد) به عنوان ترکیب اصلی گزارش شد. روغن‌های ضروری در مرحله نهایی بلوغ (میوه‌های بالغ) عمدتاً شامل لینالول (87/54 درصد) و سیس دی هیدروکارول (2/36 درصد) بود. در مجموع، نتایج گزارش شده تفاوت زیادی را بین ترکیبات اسانس دانه گشنیز طی مراحل مختلف بلوغ نشان داد، به طوری که بیشترین ترکیب در اسانس دانه گشنیز در مرحله رسیده و میانی متعلق به لینالول بود. نتایج این پژوهشگران با یافته‌های مطالعه حاضر کاملاً مطابقت داشت، هرچند درصد ترکیب لینالول در پژوهش حاضر کمتر بود. پژوهش‌های متعددی دلیل این امر را به تفاوت‌های اکولوژیکی مرتبط دانسته‌اند (Noshad et al., 2018; Alizadeh Behbahani et al., 2017; Alizadeh Behbahani et al., 2018; Khalil et al., 2018). همکاران (2018) ترکیبات شیمیایی و ضد میکروبی اسانس‌های میوه‌های خانواده Apiaceae کشت شده، در کشور مصر را مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش ترکیبات شیمیایی اسانس‌های زیره سیاه، گشنیز و زیره سبز به وسیله کروماتوگرافی گازی متصل به طیف‌سنج جرمی مورد شناسایی قرار گرفت. در مجموع به ترتیب 10، 18 و 15 ترکیب برای اسانس‌های زیره سیاه، گشنیز و زیره سبز شناسایی شد. نتایج این پژوهشگران نشان داد که مونوترپنوئیدها فراوان‌ترین اجزا در ترکیب هر سه اسانس بودند. لینالول با 70/93٪ بیشترین ترکیب شناسایی شده در اسانس گشنیز بود. Ravi و همکاران (2007) ترکیب شیمیایی بذره‌های گشنیز جمع‌آوری از هشت منطقه کشور هند را با استفاده از روش کروماتوگرافی گازی متصل به طیف‌سنج جرمی مورد شناسایی قرار دادند. آنالیز کروماتوگرافی گازی حضور 30 ترکیب در اسانس گشنیز را نشان داد. لینالول که عطر و بوی مطبوع گشنیز مربوط به آن می‌باشد ترکیب اصلی (56/71-75/14) اسانس در همه نمونه‌ها

بود. نتایج این پژوهشگران با یافته‌های مطالعه حاضر تا حدود زیادی همخوانی داشت. قادری و همکاران (2012) ترکیبات شیمیایی و اثر ضدباکتریایی اسانس سه گیاه گشنیز، بومادران و شوید در شرایط آزمایشگاهی را مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش اندام‌های هوایی گیاه بومادران، بذره‌های گشنیز و شوید از مناطق مختلف شهرستان گرگان جمع‌آوری شد. ترکیبات آن‌ها توسط کروماتوگرافی گازی مورد شناسایی قرار گرفت. بیشترین ترکیب تشکیل‌دهنده اسانس برای گشنیز، D-کارون (34/50٪) بود. بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش هر سه اسانس اثر ضد میکروبی قابل توجهی بر باکتری‌های مورد مطالعه داشتند. مقایسه نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های ما نشان داد که نوع ترکیب شناسایی شده در اسانس گشنیز متفاوت بود. Nejad Ebrahimi و همکاران (2010) ترکیبات اسانس گونه‌های مختلف گشنیز در ایران (خرم‌آباد، یاسوج، همدان، یزد، لاهیجان، تبریز و ...) را مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش پروفایل‌های شیمیایی اسانس گونه‌های مختلف گشنیز با استفاده از کروماتوگرافی گازی متصل به طیف‌سنج جرمی مورد بررسی قرار گرفت. محتوای اسانس دانه‌های خشک شده از 0/1 تا 0/36 درصد متغیر بود. لینالول (40/9-79/9٪)، نیریل استات (2/3-2/14٪)، γ -ترپینن (0/1-13/6٪) و α -پینن (1/2-7/1٪) به عنوان اجزای اصلی در اسانس گشنیز بودند. تقریباً تمام گونه‌های مورد مطالعه حاوی بیش از 60٪ لینالول بودند. تغییرات در مشخصات شیمیایی اسانس گشنیز در مناطق مختلف، مربوط به عوامل مؤثر بر ترکیب شیمیایی اسانس، یعنی شرایط ژنتیکی، آب و هوایی، فصلی و جغرافیایی و همچنین تغییرات در متابولیسم ثانویه، اثر زمان کاشت، مرحله رشد، تنش‌های زیستی مانند خشکسالی یا شوری عملکرد و ترکیب اسانس را تغییر می‌دهد. علاوه بر این تکنیک‌های استخراج و شرایط ذخیره‌سازی نیز می‌تواند ترکیبات اسانس را تحت تأثیر قرار دهد (Alizadeh Behbahani et al., 2018; Alizadeh Behbahani et al., 2015; Laribi et al., 2017).

تعیین ویژگی‌های ضد اکسایشی و فنول کل اسانس دانه گشنیز

مقدار ترکیبات فنول کل موجود در اسانس دانه گشنیز $38/04 \pm 0/02$ mg GAE/g بود. فعالیت مهار رادیکال‌های آزاد

1 Camphor

2 Geranyl acetate

3 α -Pinene

4 Geraniol

5 p-Cymene

6 Gas chromatography – flame ionization detector

Saxena و همکاران (2015) اثر انجماد بر اسانس، محتوای الفورزین و خواص ضداکسیدانی ژنوتیپ‌های گشنیز در هند را مورد مطالعه قرار دادند. مقدار فنول کل دانه ژنوتیپ‌های مختلف گشنیز که تحت تأثیر انجماد قرار نگرفته بودن از 19/46 mg GAE/g در ژنوتیپ Sudha تا حداکثر 62/39 mg GAE/g در ژنوتیپ RCr 436 متغیر بود. Alves-Silva و همکاران (2013) ویژگی‌های ضد میکروبی و ضد اکسیدانی اسانس‌های گیاهان پرکاربرد مورد استفاده در کشور پرتغال را بررسی نمودند. در این پژوهش میزان فنول کل برای اسانس گشنیز 52/3 mg GAE/L به دست آمد. میزان فنول کل اسانس گشنیز در مطالعه Wangenstein و همکاران (2004) در نروژ 0/14 g GAE /100g بود. این نتایج کمتر از یافته‌های ما در این پژوهش بود. به طور کلی مقایسه نتایج پژوهش‌های انجام شده در کشورهای مختلف با یافته‌های پژوهش حاضر تا حدود زیادی همخوانی داشت. تفاوت‌های مشاهده شده در میزان فنول کل را می‌توان به شرایط جغرافیایی، آب و هوایی، نوع خاک و شرایط استخراج اسانس مرتبط دانست (Alizadeh Behbahani *et al.*, 2017; Saboura *et al.*, 2014).

2-2- دی فنیل -1- پریکیل هیدرازیل (DPPH) و 2,2 آزینو بیس-3 -اتیل بنزو تیازولین -6 - سولفونیک اسید (ABTS) اسانس دانه گشنیز در غلظت‌های مختلف (100، 300، 500، 700 و 900 میکروگرم بر میلی‌لیتر) تعیین گردید. نتایج به دست آمده با آنتی‌اکسیدان سنتزی استاندارد BHA¹ مقایسه شد. همانطور که در جدول 2، مشاهده می‌شود با افزایش غلظت اسانس میزان مهار رادیکال‌های آزاد نیز افزایش یافت، به طوری که بیشترین درصد مهار رادیکال آزاد برای DPPH، 53/75 درصد و برای ABTS، 66/60 درصد در غلظت 900 ppm و کمترین قدرت مهارکنندگی DPPH، 31/91 درصد و ABTS، 19/48 درصد در غلظت 100 ppm مشاهده شد. در مجموع عملکرد پایین‌تر رادیکال DPPH نسبت به رادیکال ABTS مشاهده شد. در هر دو روش نمونه‌ها فعالیت ضد اکسیدانی کمتر نسبت به BHA مشاهده گردید. اثر آنتی‌اکسیدانی رادیکال‌های DPPH برای اسانس دانه گشنیز، $31/91 \pm 1/12\%$ معادل با $86/3 \pm 4/75\%$ BHA در غلظت 100 ppm و برای رادیکال ABTS، $19/48 \pm 0/66\%$ معادل $87/8 \pm 4/63\%$ BHA در همان غلظت بود.

جدول 2- بررسی فعالیت آنتی‌اکسیدانی اسانس دانه گشنیز با رادیکال‌های آزاد DPPH و ABTS

غلظت اسانس (µg/mL)		درصد مهارکنندگی
ABTS	DPPH	
19/48±0/66 ^E	31/91±1/12 ^E	100
42/44±0/57 ^D	34/66±0/38 ^D	300
52/81±0/15 ^C	41/91±0/87 ^C	500
60/34±0/18 ^B	48/25±0/75 ^B	700
66/60±0/18 ^A	53/75±1/25 ^A	900

هیدروکسی بوتیل (BHA) به عنوان کنترل مثبت استفاده شد. تمام اسانس‌های مورد آزمایش نشان‌دهنده فعالیت آنتی‌اکسیدانی بیش از 50% نسبت به رادیکال DPPH و ABTS بود. نتایج این پژوهشگران با یافته‌های مطالعه حاضر همخوانی نداشت. Farah و همکاران (2015) فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی عصاره اتانولی جعفری و گشنیز در کشور عربستان را مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش عصاره برگ و دانه هر دو گیاه گشنیز و جعفری قدرت مهار رادیکال DPPH بالاتری نسبت به آنتی‌اکسیدان سنتزی BHT داشت. لینالول، کامفور، گرانیل استات، آلفاپینن، گرانول و پی‌سیمین ترکیبات اصلی اسانس دانه گشنیز را تشکیل می‌دهند. این ترکیبات شناخته شده دارای فعالیت

آزمون DPPH توانایی عصاره یا اسانس را برای اهدای هیدروژن به رادیکال DPPH اندازه‌گیری کرده و موجب سفید شدن محلول می‌شود هرچه محلول سفیدتر شود نشان‌دهنده فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالاتر است. فعالیت ضد رادیکالی اسانس‌ها ممکن است به جایگزینی گروه‌های هیدروکسیل در سیستم‌های حلقه معطر ترکیبات فنل به دلیل قابلیت هضم هیدروژنی آن‌ها نسبت داده شود (Brand-Williams *et al.*, 1995; Prabuseenivasan *et al.*, 2006). Kaur و همکاران (2002) گزارش کردند که فعالیت آنتی‌اکسیدانی با محتوای فنول کل رابطه مستقیم و معنی‌داری دارد. Shalaby و همکاران (2011) فعالیت آنتی‌اکسیدانی DPPH و ABTS اسانس‌های سیر، پیاز، زیره، گشنیز و جعفری را بررسی نمود. در هر دو آزمون آنزیم

1 Butylated hydroxyl anisole

ضداکسیدانی بالایی می‌باشد (Fayed et al., 2009; Emami et al., 2007).

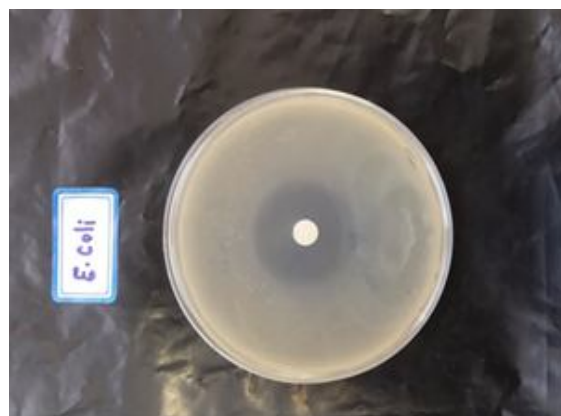
فعالیت ضد میکروبی اسانس دانه گشنیز

نتایج حاصل از اثر 20 میکرولیتر اسانس دانه گشنیز بر قطر هاله‌های عدم رشد باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی مورد بررسی در مقایسه با آنتی‌بیوتیک جنتامایسین در جدول 3، نشان داده شده است. نتایج نشان داد که در روش دیسک دیفیوژن بیشترین قطر هاله عدم رشد مربوط به باکتری باسیلوس سرئوس (30/30 میلی‌متر) و کمترین

هاله عدم رشد مربوط به باکتری *سالمونلا تیفی* (23/15 میلی‌متر) بود. قطر هاله عدم رشد برای باکتری گرم مثبت برابر با 30/30 میلی‌متر و برای آنتی‌بیوتیک جنتامایسین برابر با 26/12 میلی‌متر محاسبه شد. همچنین میانگین هاله عدم رشد برای باکتری‌های گرم منفی برابر با 25/83 میلی‌متر و برای آنتی‌بیوتیک جنتامایسین برابر با 25/72 میلی‌متر برآورد شد. نتایج نشان داد که اسانس دانه گشنیز اثر ضد میکروبی قوی‌تری نسبت به آنتی‌بیوتیک جنتامایسین داشت. در شکل 2، اثر ضدباکتریایی اسانس دانه گشنیز بر باکتری *اشرشیاکلی* نشان داده شده است.

جدول 3- میانگین قطر هاله عدم رشد (mm) به روش انتشار در آگار به کمک دیسک بر باکتری‌های بیماری‌زا

ماده ضد میکروبی/باکتری	باسیلوس سرئوس	اشرشیاکلی	سودوموناس ائروژینوزا	سالمونلا تیفی
اسانس گشنیز (دیسک)	30/0±30/30 ^{Aa}	29/0±20/10 ^{Ab}	25/0±15/25 ^{Ac}	23/0±15/15 ^{Bd}
جنتامایسین	26/0±05/25 ^{Bc}	27/0±05/15 ^{Bb}	20/0±05/50 ^{Bd}	30/0±05/55 ^{Aa}



شکل 2- نمایش از اثر ضدباکتریایی اسانس دانه گشنیز بر باکتری *اشرشیاکلی*.

جدول 4- نتایج حداقل غلظت مهارکنندگی رشد (MIC) و حداقل غلظت کشندگی (MBC) اسانس دانه گشنیز به روش رقیق‌سازی در مایع بر

باکتری‌های بیماری‌زا		باکتری
MBC	MIC	
512	2	باسیلوس سرئوس
>512	4	اشرشیاکلی
512	4	سودوموناس ائروژینوزا
>512	4	سالمونلا تیفی

حداقل غلظت کشندگی اسانس دانه گشنیز برای باکتری‌های باسیلوس سرئوس و سودوموناس ائروژینوزا، برابر 512 میلی‌گرم بر میلی‌لیتر و برای اشرشیاکلی و سالمونلا تیفی بیشتر از 512 میلی‌گرم بر میلی‌لیتر بود.

نتایج حداقل غلظت مهارکنندگی و حداقل غلظت کشندگی اسانس دانه گشنیز بر باکتری‌های بیماری‌زا در جدول 4، نشان داده شده است. نتایج نشان داد که حداقل غلظت مهارکنندگی اسانس دانه گشنیز برای باکتری‌های باسیلوس سرئوس، اشرشیاکلی، سودوموناس ائروژینوزا و سالمونلا تیفی به ترتیب برابر با 2، 4، 4 و 4 میلی‌گرم بر میلی‌لیتر بود.

ضدمیکروبی عصاره متانولی دانه گشنیز بر باکتری‌های بیماری‌زا *اشرشیاکلی*، *سودوموناس آنروژینوزا*، *استافیلوکوکوس اورئوس* و *باسیلوس پومیلوس*² به روش چاهک در آگار بررسی کردند. قطر هاله بازدارندگی برای عصاره‌ها بین 11/93 تا 17/27 میلی‌متر بود. حداقل غلظت مهارکنندگی برای باکتری‌های مورد مطالعه 4/16 میلی‌گرم بر میلی‌لیتر گزارش شد. نتایج این پژوهش نسبت به یافته‌های ما برای قطر هاله بازدارندگی میکروارگانیزم‌های مشابه کمتر بود. حداقل غلظت مهارکنندگی تقریباً مشابه یافته‌های پژوهش حاضر بود. اسانس به سبب غلظت بالا، نسبت به عصاره تأثیر ضدمیکروبی کمتری دارد. Mansouri و همکاران (2018) فعالیت ضدمیکروبی دو اسانس آویشن و گشنیز نسبت به چندسویه *اشرشیاکلی* را در کشور الجزایر مورد بررسی قرار دادند. میانگین قطر هاله عدم رشد برای اسانس گشنیز $17/05 \pm 0/383$ میلی‌متر بود که کمتر از قطر هاله عدم رشد برای *اشرشیاکلی* در تحقیق حاضر ($29/20 \pm 0/10$) بود. حداقل غلظت بازدارندگی اسانس گشنیز برای نژادهای مختلف *اشرشیاکلی* بین 0/6 تا 10 میلی‌گرم بر میلی‌لیتر بود که با حداقل غلظت کشندگی در این پژوهش (4 میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) مطابقت داشت. تفاوت در فعالیت ضدمیکروبی مشاهده شده را می‌تواند به درصد ترکیبات اسانس گشنیز در مناطق مختلف مربوط دانست. Khalil و همکاران (2018) اثر ضدمیکروبی اسانس دانه گشنیز را به روش چاهک در آگار مورد بررسی قرار دادند. منطقه مهارتی اسانس دانه گشنیز برای باکتری *اشرشیاکلی* 19 میلی‌متر بود این نتایج با یافته‌های ما مطابقت داشت. باکتری‌های گرم منفی به دلیل دارا بودن یک لایه گلیکوپتیدی در غشای خارجی خود، مقاومت بیشتری در مقایسه با باکتری‌های گرم مثبت در برابر اسانس‌ها از خود نشان می‌دهند، زیرا این لایه خارجی مانع از تماس مستقیم ترکیبات آب‌گریز اسانس با دیواره سلولی فسفولیپیدی این باکتری‌ها می‌شود، در صورتی که در باکتری‌های گرم مثبت این ترکیبات آگریز در تماس مستقیم با سلول قرار گرفته و اقدام به تخریب دیواره می‌کنند (Azhdarzadeh et al., 2016; Mansouri et al., 2018; Tabatabaei-Yazdi et al., 2015).

نتایج نشان داد که اسانس دانه گشنیز در روش دیسک دیفیوژن در مقایسه با آنتی‌بیوتیک جنتامایسین اثر بازدارندگی بیشتری بر رشد باکتری‌های مورد بررسی به جز *سالمونلا تیفی* داشت ($P < 0/05$). دلیل این امر را می‌توان به مقدار زیاد ترکیب لینالول (76/75%) به عنوان ماده اصلی اسانس مرتبط دانست. پژوهش‌های مختلف اثر ضدمیکروبی اسانس گشنیز را بیشتر مربوط به ترکیب اصلی آن (لینالول) مرتبط می‌دانند که هم بر باکتری‌های گرم مثبت و هم بر باکتری‌های گرم

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که باکتری‌های گرم مثبت نسبت به باکتری‌های گرم منفی در برابر اسانس دانه گشنیز حساس‌تر هستند. نتایج این پژوهش با گزارش‌های Matasyoh و همکاران (2009)، Silva و همکاران (2011)، که اثر اسانس دانه گشنیز را روی چندین میکروارگانیزم بیماری‌زا گرم مثبت و گرم منفی به کار برده بودند مطابقت داشت. برومند و همکاران (2008) اثر ضدمیکروبی اسانس بذر گشنیز را روی *استافیلوکوکوس اورئوس*، *اشرشیاکلی* O157:H7 و *سالمونلا تیفی* موربوم با استفاده از آزمایش حساسیت رقت در محیط مایع (میکرو دایلوژن براث) مورد بررسی قرار دادند. نتایج این محققین نشان داد که باکتری گرم مثبت *استافیلوکوکوس اورئوس* و باکتری گرم منفی *سالمونلا تیفی* به ترتیب حساس‌ترین و مقاوم‌ترین باکتری نسبت به اسانس گشنیز بودند. یافته‌های این پژوهشگران با نتایج اثر فعالیت ضدمیکروبی اسانس دانه گشنیز به روش دیسک دیفیوژن در این پژوهش مطابقت داشت. اسانس بذر گشنیز دارای MIC و MBC برابر با 1000 ppm و در مورد *سالمونلا تیفی* موربوم اسانس در هیچ غلظتی اثر بازدارندگی نداشت که با نتایج ما مطابقت نداشت. قادری و همکاران (1391) اثر ضدمیکروبی برگ گیاه گشنیز، بومادران و شوید را بر چهار باکتری بیماری‌زا *اشرشیاکلی*، *باسیلوس سرئوس*، *باسیلوس لیچنی فورمیس*¹ و *سودوموناس آنروژینوزا* در شرایط آزمایشگاهی مورد بررسی قرار دادند. نتایج این پژوهشگران نشان داد که برای مهار رشد باکتری‌های *اشرشیاکلی* و *باسیلوس لیچنی فورمیس*، اسانس شوید با غلظت 312/5 ppm و برای مهار رشد باکتری‌های *باسیلوس سرئوس* و *سودوموناس آنروژینوزا* به ترتیب اسانس گیاهان گشنیز و بومادران با غلظت‌های 1250 ppm و 312/5 ppm مؤثرتر واقع شدند. این پژوهش نشان داد که اسانس گشنیز بیشترین اثر را بر باکتری *باسیلوس سرئوس* دارد که با نتایج ما مطابقت داشت. فرشایف‌درهمی و همکاران (2016) اثر ضدباکتریایی عصاره آبی گیاه گشنیز را روی باکتری‌های *اشرشیاکلی*، *سالمونلا تیفی* موربوم با روش چاهک و میکروپلیت (برای تعیین MIC و MBC) بررسی کردند. در این پژوهش عصاره آبی گشنیز هیچ تأثیری بر باکتری‌های ذکر شده نداشت. نتایج این پژوهشگران با یافته‌های مطالعه حاضر همخوانی نداشت. Teshale و همکاران (2013) فعالیت ضدمیکروبی اسانس دانه گشنیز بر باکتری‌های *اشرشیاکلی*، *سودوموناس آنروژینوزا* و *سالمونلا تیفی* را مورد بررسی قرار دادند. قطر هاله مهارکنندگی در روش دیسک برای باکتری‌های فوق به ترتیب 25، 10 و 18 میلی‌متر بود. مقایسه یافته‌های این پژوهشگران با نتایج پژوهش حاضر تا حدودی همخوانی داشت، هر چند در مطالعه ما قطر هاله عدم رشد برای باکتری‌های مذکور به ترتیب 29/20، 25/15، 23/15 میلی‌متر بود. Dua و همکاران (2014) اثر

1 *Bacillus licheniformis*

2 *Bacillus pumilus*

منفی اثر بازدارندگی بسیار مطلوبی دارد (Alizadeh Behbahani et al., 2016; Duman et al., 2010; Delaquis et al., 2002).

اثر ضد میکروبی اسانس دانه گشنیز بر باکتری‌های گرم مثبت بیشتر از باکتری‌های گرم منفی بود به طوری که بیشترین و کمترین هاله عدم رشد به ترتیب مربوط به باکتری *باسیلوس سرئوس* و *سالونلا تیفی* بود.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش ترکیبات شیمیایی اسانس دانه گشنیز با دستگاه کروماتوگرافی گازی متصل به طیف‌سنج جرمی شناسایی شد. ترکیبات شیمیایی اسانس دانه گشنیز در مجموع 98/23 درصد بود که بخش عمده آن را مونوترپن‌های اکسیژن‌دار تشکیل می‌داد. نتایج وجود ترکیبات فنلی و پتانسیل آنتی‌اکسیدانی اسانس دانه گشنیز را تایید کرد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله برخود لازم می‌دانند که از معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان صمیمانه تشکر و قدردانی نمایند.

منابع

- حقیرالسادات، ف.، برنارد، ف.، کلاتر، م.، شیخها، م.ح.، حکم‌اللهی، ف.، عظیم زاده، م.، حوری، م.، 1389. بررسی ترکیبات موثر و خواص آنتی‌اکسیدانی اسانس گیاه دارویی زیره سیاه. مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد، 18(3)، 284-291.
- قادری، س.، فلاحتی حسین آباد، ا.، سرایلو، م.ح.، قنبری، و.، 1391. بررسی ترکیبات و اثر ضدباکتریایی اسانس سه گیاه گشنیز، بومادران و شوید در شرایط آزمایشگاهی. مجله علوم پزشکی شهرکرد، 14(5)، 74-82.
- صبورا، ع.، احمدی، ا.، زینالی، ا.، پارسا، م.، 1393. مقایسه محتوای ترکیبات فنلی، فلاونوئیدی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی اندام هوایی دو جمعیت گیاه بشقابی سنبله‌ای (*Scutellaria Pinnatifida*) در شمال ایران. مجله دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان، 13(3)، 249-266.
- برومند، ع.، حامدی، م.، امام جمعه، ز.، رضوی، س.ه.، گلمکانی، م.ت.، 1387. بررسی خاصیت ضد میکروبی اسانس بذرهای شوید (*graveolens*) و گشنیز (*Anethum sativum*) بر روی استافیلوکوکوس اورئوس، اشرشیاکلی H7:O157، سالمونلا تیفی موریوم با استفاده از آزمایش حساسیت رقت در محیط مایع. پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، 4(1)، 59-68.
- فرشپاف درهمی، س.، قیامی‌راد، م.، رازق، م.، 1395. بررسی مقایسه‌ای تأثیر ضدباکتریایی عصاره‌های آبی و الکلی گشنیز (*Coriandrum sativum*) بر روی برخی باکتری‌های پاتوژن. بهداشت مواد غذایی، 6(23)، 35-42.
- Afsharzadeh, M., Naderinasab, M., Najaran, Z. T., Barzin, M., & Emami, S. A., 2013. In-vitro antimicrobial activities of some iranian conifers. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 12(1), 63.
- Alves-Silva, J. M., dos Santos, S. M. D., Pintado, M. E., Pérez-Álvarez, J. A., Fernández-López, J., & Viuda-Martos, M., 2013. Chemical composition and in vitro antimicrobial, antifungal and antioxidant properties of essential oils obtained from some herbs widely used in Portugal. *Food Control*, 32(2), 371-378.
- Azhdarzadeh, F., & Hojjati, M., 2016. Chemical composition and antimicrobial activity of leaf, ripe and unripe peel of bitter orange (*Citrus aurantium*) essential oils. *Nutrition and Food Sciences Research*, 3(1), 43-50.
- Alizadeh Behbahani, B., & Fooladi, A. A. I., 2018. Antibacterial activities, phytochemical analysis and chemical composition Makhlasheh extracts against the growth of some pathogenic strain causing poisoning and infection. *Microbial Pathogenesis*, 114, 204-208.
- Alizadeh Behbahani, B., Shahidi, F., Yazdi, F. T., Mortazavi, S. A., & Mohebbi, M., 2017. Use of Plantago major seed mucilage as a novel edible coating incorporated with *Anethum graveolens* essential oil on shelf life extension of beef in refrigerated storage. *International Journal of Biological Macromolecules*, 94, 515-526.
- Alizadeh Behbahani, B., Yazdi, F. T., Noorbakhsh, H., Riazi, F., Jajarmi, A., & Yazdi, F. T., 2016. Study of the antibacterial activity of methanolic and aqueous extracts of *Myrtus communis* on pathogenic strains causing infection. *Zahedan Journal of Research in Medical Sciences*, 18(2), 5989.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. L. W. T., 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology*, 28(1), 25-30.
- Calo, J. R., Crandall, P. G., O'Bryan, C. A., & Ricke, S. C., 2015. Essential oils as antimicrobials in food systems—A review. *Food Control*, 54, 111-119.
- Delaquis, P. J., Stanich, K., Girard, B., & Mazza, G., 2002. Antimicrobial activity of individual and mixed fractions of dill, cilantro, coriander and eucalyptus essential oils. *International Journal of Food Microbiology*, 74(1-2), 101-109.
- Dua, A., Garg, G., Kumar, D., & Mahajan, R., 2014. Polyphenolic composition and antimicrobial potential of methanolic coriander (*Coriandrum sativum*) seed extract. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 5(6), 2302.

- Duman, A. D., Telci, I., Davisoylu, K. S., Digrak, M., Demirtas, İ., & Alma, M. H., 2010. Evaluation of bioactivity of linalool-rich essential oils from *Ocimum basilicum* and *Coriandrum sativum* varieties. *Natural Product Communications*, 5(6), 969-974.
- Eikani, M. H., Golmohammad, F., & Rowshanzamir, S., 2007. Subcritical water extraction of essential oils from coriander seeds (*Coriandrum sativum* L.). *Journal of Food Engineering*, 80(2), 735-740.
- Emamghoreishi, M., & Heidari-Hamedani, G., 2006. Sedative-hypnotic activity of extracts and essential oil of coriander seeds. *Iranian Journal of Medical Sciences*, 31(1), 22-27.
- Emami, S. A., Javadi, B., & Hassanzadeh, M. K., 2007. Antioxidant Activity of the Essential Oils of Different Parts of *Juniperus communis* subsp. *hemisphaerica*, and *Juniperus oblonga*. *Pharmaceutical Biology*, 45(10), 769-776.
- Farah, H., Elbadrawy, E., & Al-Atoom, A. A., 2015. Evaluation of anti-oxidant and antimicrobial activities of ethanolic extracts of parsley (*Petroselinum erispum*) and coriander (*Coriandrum sativum*) plants grown in saudi arabia. *International Journal of Advanced Research*, 3, 1244-1255.
- Fayed, S. A., 2009. Antioxidant and anticancer activities of *Citrus reticulata* (Petitgrain Mandarin) and *Pelargonium graveolens* (Geranium) essential oils. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 5(5), 740-747.
- Kähkönen, M. P., Hopia, A. I., Vuorela, H. J., Rauha, J. P., Pihlaja, K., Kujala, T. S., & Heinonen, M., 1999. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(10), 3954-3962.
- Kaur, C., & Kapoor, H. C., 2002. Anti-oxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetables. *International Journal of Food Science and Technology*, 37(2), 153-161.
- Khalil, N., Ashour, M., Fikry, S., Singab, A. N., & Salama, O., 2018. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oils of selected Apiaceous fruits. *Future Journal of Pharmaceutical Sciences*, 4(1), 88-92.
- Laribi, B., Kouki, K., M'Hamdi, M., & Bettaieb, T., 2015. Coriander (*Coriandrum sativum* L.) and its bioactive constituents. *Fitoterapia*, 103, 9-26.
- Mansouri, N., Aoun, L., Dalichaouche, N., & Hadri, D., 2018. Yields, chemical composition, and antimicrobial activity of two Algerian essential oils against 40 avian multidrug-resistant *Escherichia coli* strains. *Veterinary World*, 11(11), 1539.
- Matasyoh, J. C., Maiyo, Z. C., Ngure, R. M., & Chepkorir, R., 2009. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Coriandrum sativum*. *Food Chemistry*, 113(2), 526-529.
- Msaada, K., Hosni, K., Taarit, M. B., Chahed, T., Kchouk, M. E., & Marzouk, B. (2007). Changes on essential oil composition of coriander (*Coriandrum sativum* L.) fruits during three stages of maturity. *Food Chemistry*, 102(4), 1131-1134.
- Nejad Ebrahimi, S., Hadian, J., & Ranjbar, H. (2010). Essential oil compositions of different accessions of *Coriandrum sativum* L. from Iran. *Natural Product Research*, 24(14), 1287-1294.
- Noshad, M., Hojjati, M., & Alizadeh Behbahani, B., 2018. Black Zira essential oil: Chemical compositions and antimicrobial activity against the growth of some pathogenic strain causing infection. *Microbial Pathogenesis*, 116, 153-157.
- Prabuseenivasan, S., Jayakumar, M., & Ignacimuthu, S., 2006. In vitro antibacterial activity of some plant essential oils. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 6(1), 39.
- Ravi, R., Prakash, M., & Bhat, K. K., 2007. Aroma characterization of coriander (*Coriandrum sativum* L.) oil samples. *European Food Research and Technology*, 225(3-4), 367-374.
- Saxena, S. N., Sharma, Y. K., Rathore, S. S., Singh, K. K., Barnwal, P., Saxena, R., ... & Anwer, M. M., 2015. Effect of cryogenic grinding on volatile oil, oleoresin content and anti-oxidant properties of coriander (*Coriandrum sativum* L.) genotypes. *Journal of Food Science and Technology*, 52(1), 568-573.
- Shalaby, E. A., Nasr, N. F., & El Sherief, S. M., 2011. An in vitro study of the antimicrobial and antioxidant efficacy of some nature essential oils. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(6), 922-931.
- Shan, B., Cai, Y. Z., Sun, M., & Corke, H., 2005. Antioxidant capacity of 26 spice extracts and characterization of their phenolic constituents. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(20), 7749-7759.
- Silva, F., Ferreira, S., Duarte, A., Mendonca, D. I., & Domingues, F. C., 2011. Antifungal activity of *Coriandrum sativum* essential oil, its mode of action against *Candida species* and potential synergism with amphotericin B. *Phytomedicine*, 19(1), 42-47.
- Tabatabaei-Yazdi, F., Alizadeh-Behbahani, B., & Zanganeh, H., 2015. The comparison among antibacterial activity of *Mespilus germanica* extracts and number of common therapeutic antibiotics "in vitro". *Zahedan Journal of Research in Medical Sciences*, 17(12), 5190.
- Tajkarimi, M. M., Ibrahim, S. A., & Cliver, D. O., 2010. Antimicrobial herb and spice compounds in food. *Food Control*, 21(9), 1199-1218.
- Teshale, C., Hussien, J., & Jemal, A., 2013. Antimicrobial activity of the extracts of selected Ethiopian aromatic medicinal plants. *Spatula DD*, 3(4), 175-180.
- Wangensteen, H., Samuelsen, A. B., & Malterud, K. E., 2004. Antioxidant activity in extracts from coriander. *Food Chemistry*, 88(2), 293-297.

- Wong, P. Y., & Kitts, D. D., 2006. Studies on the dual antioxidant and antibacterial properties of parsley (*Petroselinum crispum*) and cilantro (*Coriandrum sativum*) extracts. *Food Chemistry*, 97(3), 505-515.
- Yeganegi, M., Yazdi, F. T., Mortazavi, S. A., Asili, J., Alizadeh Behbahani, B., & Beigbabaie, A., 2018. Equisetum telmateia extracts: Chemical compositions, antioxidant activity and antimicrobial effect on the growth of some pathogenic strain causing poisoning and infection. *Microbial Pathogenesis*, 116, 62-67.

Determination of chemical composition, antioxidant properties and antimicrobial activity of coriander seed essential oil on a number of pathogenic microorganisms

M. Omid Mirzaei¹, M. Hojjati^{2*}, B. Alizadeh Behbahani³, M. Noshad³

Received: 2019.07.18

Accepted: 2019.08.13

Introduction: Essential oils and secondary metabolites of plants have too many uses in medicine as well as food and hygiene industries. The herbal essential oils include different health features including antioxidant and antibacterial activities. Several forms of the activated oxygen, also known as reactive oxygen species (ROS), include free radicals and non-free radical species. In traditional Iranian medicine, coriander seeds are widely used to treat the disease. The objectives of this paper were to identify the chemical compounds and to measure the phenol content and the antioxidant potential of coriander seed essential oil in addition to its free radical scavenging activity. The other aim of this work was to investigate the antimicrobial of coriander seed essential oil on *Bacillus cereus*, *Salmonella typhi*, *Escherichia coli* and *Pseudomonas aeruginosa* "in vitro".

Materials and methods: In this research, the coriander seed essential oil (100 g) was extraction using water-distillation method with cleverger apparatus. Afterwards, coriander seed essential oil was collected in vials which had already been weighed by a 0.0001 balance and stored at 4 °C until testing. Chemical composition of coriander seed essential oil was determined using gas chromatography. The antioxidant activity was determined by 2,2'-azinobis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) di-ammonium salt (ABTS) and 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radicles, respectively. The method of Folin-Ciocalteu was performed through determination of TPC. The result was reported as mg of gallic acid/g of the dried coriander seed essential oil. The antioxidant potential of the essential oil was compared with BHA synthetic antioxidant at a concentration of 100 µg/ml. Antibacterial activity of coriander essential oil was determined by disc diffusion agar (Kirby-Bauer test), minimum inhibitory concentration (MIC) and minimum bactericidal concentration (MBC) methods.

Results and discussion: Based on the results of chemical analysis, the coriander seed essential oil was rich in oxygenated monoterpenes (89.94%). The main compound of coriander seed essential oil was Linalool (76.75%). The highest percentage of free radical scavenging for DPPH was 53.5% and for ABTS 66.6% at 900 ppm concentration. The total phenol content essential oil was 38.04 ± 0.02 mg GAE/g. The result show that, the most sensitive and the most resistant bacteria with diameter inhibition zone 30.30 mm and 23.15 mm were *Bacillus cereus* and *Salmonella typhi* respectively. MIC of coriander seed essential oil for *Bacillus cereus*, *Salmonella typhi*, *Escherichia coli* and *Pseudomonas aeruginosa* was 2, 4, 4 and 4 mg/ml respectively. MBC of coriander seed essential oil for *Bacillus cereus*, *Salmonella typhi*, *Escherichia coli* and *Pseudomonas aeruginosa* was 512, > 512, > 512 and 512 mg/ml respectively. In general, the results indicated that the coriander seed essential oil was effective on microorganisms; nevertheless, the extent of its effectiveness varied depending on the type of microorganism. The gram-positive bacteria are more sensitive to essential oil rather than gram-negative ones. The higher resistance of gram-negative bacteria to the essential oils of medicinal plants could be attributed to the more complex structure of the cell membrane of these bacteria compared with the single layer structure of the gram-positive ones. The results of this study revealed that coriander seed essential oil had less antioxidant activity than synthetic antioxidant BHA. Antibacterial activity of the essential oil was higher than the gentamicin antibiotic. Regarding the chemical compositions identified in the coriander seed essential oil, these compositions could be employed as an important economical source uses in medicine as we as food and hygiene industries.

Keywords: Antibacterial activity, Coriander seed, Gentamicin antibiotic, Synthetic antioxidant.

1, 2 and 3. MSc Student, Associate Professor and Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Animal Science and Food Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.

(*Corresponding author's email: hojjati@asnrukh.ac.ir)

اثر نیتریک اکسید و دما بر حفظ کیفیت آریل انار رقم ملس

مریم ماندگاری¹- عبدالمجید میرزاعلیان دستجردی^{2*}- لاله مشرف³- مریم تاناری⁴

تاریخ دریافت: 1397/12/28

تاریخ پذیرش: 1398/05/26

چکیده

شکل ظاهری میوه مهمترین شاخص ارزیابی بازارپسندی آن است. وجود هرگونه علائم آلودگی، پوسیدگی و نرم‌شدگی طی انبارمانی باعث کاهش بازارپسندی آن می‌شود. به‌منظور ارزیابی اثرات تیمار طبیعی و دما بر ویژگی‌های کمی و کیفی در مرحله پس از برداشت آریل انار، آزمایشی در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان انجام گرفت. در این پژوهش عوامل مورد بررسی شامل نیتریک اکسید به‌عنوان ترکیب طبیعی (با غلظت‌های صفر، 5 و 10 میکرومولار) و دما (2، 4 و 8 درجه سانتی‌گراد) بود. خواص مختلف کیفی میوه درفاصله زمانی هفت روز مورد ارزیابی قرار گرفتند. بر اساس نتایج به‌دست آمده، غلظت 10 میکرومولار نیتریک اکسید و نگهداری در دمای 8 درجه سانتی‌گراد نقش مؤثرتری را نسبت به سایر تیمارها بر ویژگی‌های افت وزن، حفظ مواد جامد محلول، اسید آسکوربیک، فنل کل، آنتوسیانین، آنزیم پراکسیداز، شاخص طعم و ظرفیت آنتی‌اکسیدان داشت و به‌طور چشمگیری باعث کاهش محتوای مالون دی‌آلدهید و نشست الکترولیت در طول انبارمانی شد. با گذشت زمان میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز در تمام تیمارها افزایش یافت. اما آریل‌های تیمار شده کمترین میزان فعالیت آنزیم را داشتند. آریل‌های تیمار شده با 10 میکرومولار نیتریک اکسید در دمای 8 درجه سانتی‌گراد بالاترین کیفیت ظاهری را داشتند.

واژه‌های کلیدی: آریل انار، نیتریک اکسید، پلی‌فنل اکسیداز، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، کیفیت میوه.

مقدمه

عمومی‌ترین علائم سرمازدگی در انار شامل ظهور لکه‌های فرو رفته در سطح میوه، رنگ پریدگی آریل‌ها، قهوه‌ای شدن پرده‌های سفید رنگی که دانه را از هم جدا می‌کنند و در نهایت حساسیت بالا به پوسیدگی قارچی است (Mirdehghan and Rahemi, 2002). با توجه به اینکه شکل ظاهری میوه مهم‌ترین شاخص بازارپسندی آن است، بنابراین هر عاملی که سبب کاهش پیری و مانع توسعه علائم پوسیدگی شود باعث بهبود وضعیت ظاهری و بازارپسندی محصول خواهد شد. یکی از روش‌های رایج در کاهش ضایعات، استفاده از ترکیبات شیمیایی می‌باشد. امروزه با توجه به مضرات استفاده از مواد شیمیایی برای انسان و محیط زیست، رویکردهای جدیدی در استفاده از موادی که اثرات سوء و زیان‌آوری در انسان و محیط به‌همراه نداشته باشند، حائز اهمیت است.

نیتروژن مونوکسید یا نیتریک اکسید یک رادیکال آزاد گازی شکل بسیار فعال است که نقش حیاتی و مهمی را در تنظیم فعالیت‌های

انار با نام علمی *Punica granatum* L. از خانواده *Punicaceae* است که خاستگاه آن را ایران و کشورهای همجوارش دانسته‌اند (Singh et al., 2013). میوه این گیاه چرمی و تا اندازه‌ای ضخیم است که تعداد زیادی دانه‌های گوشتی موسوم به آریل را دربر می‌گیرد (Chaturvedula et al., 2011). امروزه عرضه انار به‌صورت آریل راهکاری مناسب برای دستیابی به بهره‌وری اقتصادی و سود تجاری از میوه انار به‌ویژه برای میوه‌هایی که ظاهر آن‌ها دچار صدمه شده است، می‌باشد (Lopez-Rubira et al., 2005). حساسیت به دمای پایین با ظهور علائم سرمازدگی از مشکلات عمده پس از برداشت محصولات مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری است. این پدیده باعث محدود کردن انبارمانی و کاهش کیفیت محصولات حساس می‌گردد. تغییر واکنش‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی مختلف در داخل میوه به‌همراه وقوع نابسامانی‌های ظاهری از علائم اصلی سرمازدگی می‌باشد.

4- استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی - باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران. (*-نویسنده مسئول: Email: majiddastjerdy@gmail.com)
DOI: 10.22067/ifsstrj.v16i2.79791

1- دانشجوی دکتری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان
2- استادیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان
3- استادیار، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران.

فیزیولوژیکی و رشد و نمو گیاه ایفا می کند (Li et al., 2014). اخیراً کاربرد غلظت‌های کم گاز نیتریک اکسید به منظور افزایش عمر انباری برخی از میوه‌ها و سبزی‌ها مؤثر گزارش شده است (Shi et al., 2012). نیتریک اکسید با افزایش فعالیت آنزیم‌های دفاعی، نقش مهمی در مقاومت گیاه و از بین بردن رایکال‌های آزاد دارد (Zhou et al., 2016). در بررسی تأثیر نیتریک اکسید در میوه پاپایا، نیتریک اکسید نقش مهمی در کاهش افت وزن و حفظ سفتی و تأخیر تغییر رنگ میوه، کاهش پوسیدگی و مواد جامد محلول در طی 20 روز انبارمانی داشت (Li et al., 2014). همچنین در میوه‌های تیمار شده، میزان کاهش ویتامین C نسبت به شاهد با سرعت کمتری اتفاق افتاد. تیمار با نیتریک اکسید می‌تواند باعث جلوگیری از تولید اتیلن، کاهش تنفس و در نتیجه باعث کاهش سرعت شکسته شدن پلی‌ساکاریدهای دیواره سلولی و تأخیر در افزایش مواد جامد محلول در میوه کیوی گردد (Shuhua et al., 2008). عبدالمی و همکاران (2013) نشان دادند که نیتریک اکسید به طور چشمگیری پوسیدگی قارچی را در میوه توت‌فرنگی کنترل کرد و سرعت افت کیفیت میوه را کاهش داد. با وجود اهمیت تغذیه‌ای آریل انار، تاکنون تحقیقات اندکی در ایران در رابطه با چگونگی حفظ کیفیت آن در مدت نگهداری صورت گرفته است. با توجه به خطر استفاده نادرست از مواد شیمیایی موجود در فناوری پس از برداشت و تقاضای مصرف کننده برای محصولات سالم، مطالعه در مورد تیمارهای پس از برداشت و بررسی دماهای مناسب انبارمانی ضروری است.

در ایران عرضه محصول بریده شده و آماده مصرف چندان رایج نیست لذا گسترش این نوع عرضه محصول حداقل به منظور صادرات، می‌تواند منجر به افزایش ارزش افزوده محصول شود. با وجود ارقام فراوان انار در ایران، هنوز اطلاعات کافی در خصوص تأثیر نیتریک اکسید و دما بر خصوصیات کیفی و ماندگاری آریل انار رقم ملس که یکی از ارقام مهم صادراتی انار کشور می‌باشد ارائه نشده است. بنابراین با توجه به تأثیر مثبت تیمار نیتریک اکسید در کاهش سرمازدگی، حفظ کیفیت و به تعویق انداختن پیری محصول، اثر این تیمار در غلظت‌های مختلف و دمای متفاوت انبار روی خصوصیات کیفی آریل انار رقم ملس مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

جهت بررسی اثرات تیمار مواد نگهدارنده و دما بر ویژگی‌های کمی و کیفی آریل انار رقم ملس در مرحله پس از برداشت، آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه کاملاً تصادفی با دو فاکتور نیتریک اکسید در سه سطح (عدم استفاده یا شاهد (A1)، پنج میکرومولار نیتریک اکسید (A2)، 10 میکرومولار نیتریک اکسید (A3) و دمای نگهداری در سه سطح (B1، B2 و B3 به ترتیب 2، 4 و 8 درجه سانتی‌گراد) با سه تکرار انجام شد (جدول 1).

جدول 1- تیمارهای نیتریک اکسید و درجه حرارت مورد استفاده روی صفات مورد بررسی در آریل انار

شماره تیمار	نام تیمار	علامت اختصاری
A1B1	شاهد در دمای 2	LT1
A1B2	شاهد در دمای 4	LT2
A1B3	شاهد در دمای 8	LT3
A2B1	نیتریک اکسید 5 میکرومولار در دمای 2	Ni1T1
A2B2	نیتریک اکسید 5 میکرومولار در دمای 4	Ni1T2
A2B3	نیتریک اکسید 5 میکرومولار در دمای 8	Ni1T3
A3B1	نیتریک اکسید 10 میکرومولار در دمای 2	Ni2T1
A3B2	نیتریک اکسید 10 میکرومولار در دمای 4	Ni2T2
A3B3	نیتریک اکسید 10 میکرومولار در دمای 8	Ni2T3

مورد بررسی قرار گرفتند. ارزیابی شاخص‌های کمی و کیفی میوه به فاصله زمانی هفت روز انجام شد. به منظور اندازه‌گیری شاخص درصد کاهش وزن، ابتدا آریل‌های بسته‌بندی شده را در ابتدا و انتهای مدت انبارمانی با استفاده از ترازوی دیجیتال (Mettler Toledo, ML3002.E، سوئیس) با دقت 0/01 گرم، توزین و با استفاده از رابطه زیر درصد کاهش وزن آن‌ها اندازه‌گیری شد (Zhang et al., 2002).

میوه‌های انار از یک باغ تجاری واقع در شهرستان شهرضا برداشت شده و به مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان منتقل شدند و سپس آریل‌ها از پوست جداسازی شدند. پس از تهیه غلظت‌های مختلف نیتریک اکسید، 150 گرم آریل در مدت 15 ثانیه در هر یک از تیمار غوطه‌ور و پس از آن به مدت 20 دقیقه در دمای اتاق خشک و سپس در ظروف پلی‌اتیلنی با حداقل نفوذ هوا بسته‌بندی شدند. آریل‌های بسته‌بندی شده به مدت 21 روز در دماهای مختلف نگهداری

ظرفیت آنتی اکسیدانتی عصاره با روش DPPH و ارزیابی فعالیت خنثی کنندگی رادیکال‌های آزاد، اندازه‌گیری شد. برای این منظور یک گرم از بافت میوه به‌وسیله نیتروژن مایع در داخل هاون چینی پودر و سپس توسط 10 میلی‌لیتر متانول 80 درصد عصاره‌گیری شد. عصاره حاصل در 10000 دور سانتریفوژ شده و سپس 75 میکرولیتر عصاره متانولی به 2925 میکرولیتر DPPH 0/1 میلی‌مولار (2/4 میلی‌گرم در 100 میلی‌لیتر متانول 85 درصد) اضافه شد. پس از 30 دقیقه میزان جذب توسط دستگاه طیف‌سنج نوری با طول موج 517 نانومتر قرائت گردید. لازم به ذکر است که در نمونه بالانک، به‌جای عصاره متانولی، متانول جایگزین شد. فعالیت آنتی اکسیدانی از طریق رابطه زیر محاسبه شد (Li et al., 2014).

$$(4) \quad \text{فعالیت آنتی اکسیدان (\%)} = (At_0 - At_{30}) \times 100 / At_0$$

که در آن At_0 جذب نمونه در زمان صفر و At_{30} جذب نمونه پس از گذشت 13 دقیقه است.

نشت الکترولیت

برای اندازه‌گیری میزان نشت یونی 10 تا آریل از هر تکرار وزن شدند سپس دوبار با آب مقطر شسته شدند و سپس آن‌ها در 100 میلی‌لیتر آب دی‌یونیزه به‌مدت یک ساعت قرار گرفتند و نشت یونی اولیه این محلول توسط دستگاه هدایت‌سنج (Jenway 450، انگلستان) اندازه‌گیری گردید. سپس هر یک از ظروف حاوی بافت میوه در دمای اتاق روی دستگاه شیکر قرار گرفتند و پس از 10 ثانیه نشت یونی مجدداً اندازه‌گیری و با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید (He et al., 2008).

$$(4) \quad \text{نشت یونی} = \left(\frac{EC_2 - EC_1}{FW \text{ of } 10 \text{ arils}} \right) \times 100$$

برای اندازه‌گیری مالون‌دی‌آلدهید 0/2 گرم از بافت آریل در هاون چینی با 3 میلی‌لیتر تری کلرواستیک اسید (TCA) 1%، ساییده شد. عصاره حاصل به‌مدت 10 دقیقه در 10000 دور در دقیقه سانتریفوژ گردید. در مرحله بعد یک میلی‌لیتر از محلول رویی حاصل از سانتریفوژ با 4 میلی‌لیتر محلول مالون دی‌آلدهید که حاوی 20% TCA (وزنی/حجمی) و TBA (تیوباربتوریک اسید) 5% (وزنی/حجمی) است، مخلوط شدند. مخلوط حاصل به‌مدت 30 ثانیه در دمای 95 درجه سانتی‌گراد در حمام بن‌ماری حرارت داده شد. سپس بلافاصله در یخ سرد شد و به‌مدت 10 دقیقه مجدداً سانتریفوژ گردید. شدت جذب نمونه‌ها با استفاده از دستگاه طیف‌سنج نوری در طول موج 532 نانومتر خوانده شد. جذب رنگی‌های غیراختصاصی در 600 نانومتر تعیین و از مقدار حاصل کسر گردید. مقدار مالون دی‌آلدهید با توجه به ضریب

$$(1) \quad \text{وزن اولیه} / 100 \times (\text{وزن ثانویه} - \text{وزن اولیه}) = \text{درصد کاهش}$$

برای تعیین مواد جامد محلول چند قطره آب نمونه صاف شده با دستگاه رفاکتومتر دیجیتالی (پال 3 آتاگو، ژاپن) قرائت شد (Ayala-Zavala et al., 2007). جهت تعیین اسید قابل تیتیر، 5 میلی‌لیتر آب میوه با محلول 0/1 نرمال NaOH تا رسیدن به pH=8/1 تیتیر نموده و نتایج برحسب میلی‌گرم اسید سیتریک در 100 گرم وزن تازه بیان گردید (Ayala-Zavala et al., 2007). شاخص طعم با نسبت درصد مواد جامد محلول به اسید قابل تیتیر به‌دست آمد. برای سنجش پارامترهای رنگی شامل میزان L^* (روشنایی)، a^* (قرمزی) و b^* (زردی) از دستگاه رنگ سنج (CR-400 مینولتا، ژاپن) استفاده شد (Aguayo et al., 2006). اندازه‌گیری اسید آسکوربیک با استفاده از روش تیتروسنجی با محلول ایندوفنل انجام شد، به‌طوری که 10 میلی‌لیتر از عصاره صاف شده نمونه را با سدیم 2 و 6 دی‌کلروفنل ایندوفنل تیتیر نموده و حجم محلول ایندوفنل مصرف شده یادداشت و در نهایت مقدار اسید آسکوربیک نمونه برحسب میلی‌گرم اسید آسکوربیک در 100 گرم وزن عصاره بیان گردید (Cioroi, 2007). آنتوسیانین کل با استفاده از روش اختلاف pH بین دو سیستم بافری اندازه‌گیری شد (Muanda et al., 2011). دو سیستم بافر، پتاسیم کلرید (0/25 مولار) با pH=1 و استات سدیم (0/4 مولار) با pH=4/5 استفاده شد. به‌طور خلاصه در این روش، 400 میکرولیتر از محلول عصاره با 3/6 میلی‌لیتر از هر یک از بافرها به‌طور جداگانه مخلوط شد و جذب آن‌ها با دستگاه طیف‌سنج نوری (CE2501 Bio-Quest UV/Visible CECIL، انگلیس) در دو طول موج 433 و 733 نانومتر خوانده شد و نتایج برحسب میلی‌گرم در لیتر معادل سیانیدین-3-گلیکوزید در عصاره بر اساس فرمول زیر بیان گردید. لازم به ذکر است که در نمونه کنترل، به‌جای عصاره آب میوه آب مقطر جایگزین شد.

$$(2) \quad \Delta A = (A_{510} - A_{700}) \text{ pH}_1 - (A_{510} - A_{700}) \text{ pH}_{4/5}$$

$$(3) \quad \text{آنتوسیانین کل} = MA \times 3333 / df \times MW \times \Delta A$$

برای استخراج فنل یک گرم آریل با 5 میلی‌لیتر متانول اسیدی سرد هم‌وزن گردید و محلول حاصل به‌مدت 10 دقیقه با سرعت 12000 دور در دقیقه و دمای 4 درجه سانتی‌گراد سانتریفوژ گردید. محلول رویی جمع‌آوری و مقدار فنل با استفاده از معرف سیوکالچتو و براساس منحنی استاندارد حاصل از اسید گالیگ محاسبه شد. میزان جذب نمونه در طول موج 750 نانومتر توسط دستگاه طیف‌سنج نوری (کری 333، واریان، آمریکا) اندازه‌گیری شده و میزان ترکیبات فنلی تیمارها به‌صورت میلی‌گرم اسید گالیگ در 100 گرم بافت میوه بیان گردید. به‌جای عصاره متانولی، از متانول خالص برای شاهد استفاده شد (Shui and leong, 2002).

خاموشی معادل $155 \text{ nML}^{-1} \text{ m}^{-1}$ محاسبه و به صورت نانومول بر گرم وزن تر بیان شد (He et al., 2008).

به منظور تعیین فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز از پیروگالال به عنوان پیش ماده آنزیم استفاده گردید. مخلوط واکنش شامل یک میلی لیتر بافر فسفات 100 میلی مولار (pH=7)، 200 میکرو لیتر پیروگالال 0/02 مولار و 100 میکرو لیتر عصاره آنزیمی (بافت میوه هموژنیزه شده با بافر فسفات روی نیترژن مایع) بود. فعالیت آنزیم با استفاده از دستگاه طیف سنج نوری و با جذب در طول موج 420 نانومتر، پس از پنج دقیقه با اضافه کردن پیروگالال به مخلوط واکنش تعیین شد (Pizzocaro et al., 1993). برای سنجش میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز (Chance and Maehly, 1995)، از بافر فسفات (50 میلی مولار و pH=7)، پراکسید هیدروژن ($1\% \text{ H}_2\text{O}_2$) و گایکول استفاده شد. فعالیت آنزیمی با افزودن آب اکسیژنه و عصاره آنزیمی به مخلوط واکنش آغاز شد. پس از مدت 3 دقیقه (هر 30 ثانیه) جذب نمونه ها با استفاده از دستگاه طیف سنج نوری در طول موج 470 نانومتر قرائت شد.

ارزیابی حسی

به منظور ارزیابی صفات طعم، بافت و ظاهر میوه، از آزمون هدونیک پنج نقطه ای استفاده شد به این صورت که نمره 1 برای آریل بسیار بد، نمره 3 برای آریل های بد، نمره 5 برای آریل دارای کیفیت متوسط،

نمره 7 برای آریل های خوب و نمره 9 برای آریل های خیلی خوب در نظر گرفته شد. همچنین نظر خواهی از حداقل پنج پانلیست زن آموزش دیده صورت گرفت (Emamifar, 2014).

تجزیه و تحلیل آماری داده ها

واکاوی آماری داده ها با نرم افزار SAS و مقایسه میانگین ها بر اساس آزمون حداقل معنی دار LSD صورت گرفت. رسم نمودارها نیز با استفاده از نرم افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس اثر نیتریک اکسید، درجه حرارت و زمان روی صفات مورد بررسی در آریل انار رقم ملس در جدول 2 آورده شده است. نتایج این بررسی نشان داد که اثرات ساده تیمارهای استفاده شده بر اکثر صفات کمی و کیفی مورد بررسی معنی دار است ($P \leq 0.01$) اما اثرات متقابل ماده نگهدارنده و دما روی اکثر صفات به غیر از شاخص های میزان آنتوسیانین کل، آنزیم پلی فنل اکسیداز، آنزیم پراکسیداز، درصد رطوبت و مالون دی آلدید اثر معنی داری نشان داد ($P \leq 0.05$).

جدول 2- تاثیر نیتریک اکسید و درجه حرارت روی صفات مورد بررسی آریل انار رقم ملس طی مدت انبارمانی

صفات	نیتریک اکسید (N)	دما × N	زمان (D)	دما (T)	خطا	N × زمان دما	دما × زمان	N × زمان
کاهش وزن	4/03 **	0/11 **	36/78 **	0/39 **	0/001	0/04 **	0/11 **	0/71 **
مواد جامد محلول	0/17 **	ns 0/002	10/04 **	0/008 **	0/001	ns 0/002	0/003 *	0/04 **
اسید قابل تیتر	0/03 **	0/002 **	0/05 **	0/01 **	0/0002	0/0002 ns	0/001 **	0/003 **
شاخص طعم	3/36 **	0/120 **	16/76 **	0/70 **	0/016	0/02 ns	0/09 **	0/42 **
اسید آسکوربیک	21/59 **	0/27 **	55/15 **	4/114 **	0/07	0/11 ns	0/82 **	2/80 **
قرمزی رنگ	1/32 ns	1/52 ns	23/79 **	0/97 ns	0/85	1/81 *	1/09 ns	1/28 ns
درخشندگی رنگ	2/10 **	0/48 ns	12/99 **	1/47 *	0/49	0/20 ns	0/64 ns	0/61 ns
زردی رنگ	0/88 *	0/19 ns	23/47 **	0/71 *	0/23	0/28 ns	0/52 *	0/28 ns
فنل کل	13505/63 **	122/27 **	123265/46 **	465/16 **	6/28	27/77 **	73/75 **	2092/19 **
آنتوسیانین	73/70 **	1/13 ns	1798/81 **	32/33 **	0/50	ns 0/82	4/93 *	10/22 **
ظرفیت آنتی اکسیدانی	163/09 **	5/41 *	3123/92 **	49/48 **	1/88	4/56 **	6/97 **	25/90 **
نشت یونی	321/82 **	9/31 **	856/32 **	27/396 **	0/87	5/85 **	11/95 **	79/67 **
مالون دی آلدید	198/38 **	1/17 ns	560/85 **	42/32 **	0/76	1/94 **	5/79 **	37/35 **
پلی فنل اکسیداز	0/009 **	0/000 ns	0/0028 **	0/0003 ns	0/13	0/000 ns	0/00 ns	0/0001 ns
پراکسیداز	2/13 **	0/70 ns	21/16 **	0/30 ns	0/38	0/21 ns	0/08 ns	0/97 *
ارزیابی حسی	11/57 **	0/22 **	12/98 **	1/30 **	0/01	0/18 **	0/27 **	2/26 **

ns و ** به ترتیب نشان دهنده معنی داری در سطح 5%، 1% و عدم اختلاف معنی دار

جدول 3- مقایسه میانگین اثر متقابل نیتریک اکسید و درجه حرارت روی صفات کمی و کیفی آریل طی انبارمانی						
تیمار	زمان انبارمانی	کاهش وزن (%)	فنل کل (میلی گرم گالیک اسید بر صد گرم وزن تر)	ظرفیت آنتی اکسیدانی (درصد بازدارندگی)	مالون دی آلدهید (μm بر گرم وزن تر)	نشت الکترولیت (100μs گرم وزن)
LT1	0	0z	700/6±0/00a	80/25±0/07a	30/12±0/75o	33/02±0/65o
	7	1/78±0/001o	612/2741±1/62lj	65/32±0/6fg	37/59±0/38fg	38/08±0/46ijk
	14	2/7±0/002e	578/0889±3/13l	60/69±2/375hi	40/88±0/44c	49/76±0/034c
	21	3/6±0/005a	495/163±r3/05	m48/22± 0/36	a48/87± 0/49	ab52/40± 0/37
LT2	0	0z	700/6±0/00a	80/25±0/07a	30/12±0/75o	33/017±0/65p
	7	1/75±0/001p	628/8667±1/56f	65/59±1/63efg	36/33±0/22ghi	37/03±0/34klmn
	14	2/62±0/003f	586/0889±2/45k	61/49±2/535h	39/59±0/72ijk	47/68±0/34d
	21	3/48±0/003b	500/0889±4/62q	lm49/40± 1/29	a47/68± 0/39	a55/00± 0/51
LT3	0	0z	700/6±0/005a	80/25±0/07a	30/12±0/07o	33/02±0/65p
	7	1/69±0/01q	625/7185±1/06Fgh	65/56±1/18efg	35/63±0/26ijk	37/75±0/034ijkl
	14	2/52±0/002g	583/7556±0/93k	64/67±6/55g	37/27±0/23fgh	44/03±0/82F
	21	3/33±0/003c	495/6444±0/5r	151/23± 0/85	b43/63± 0/28	e45/91± 0/33
Ni1T1	0	0z	700/6±0/00a	80/25±0/07a	30/12±0/75o	33/02±0/65p
	7	1/45±0/001u	647/3481±1/07e	68/27±0/25cd	33/78±0/47lm	34/46±0/27op
	14	2/06±0/005m	618/1259±0/08j	66/29±0/18defg	34/87±0/53jkl	41/11±0/97g
	21	2/97±0/006d	551/9407±1/07p	k54/21± 1/26	40/07±0/11cd	45/69±0/83Ef
Ni1T2	0	0z	700/6±0/00a	80/25±0/07a	30/12±0/75o	33/02±0/65p
	7	1/45±0/001x	652/0889±1/03d	67/15±1 /08cdef	34/23±0/37klm	36/39±0/57lmn
	14	2/06±0/005s	622/0148±1/99Hij	67/04±0/20cdef	36/26±0/35ghij	39/088±0/59Hij
	21	2/97±0/006k	564/0889±1/35n	k55/23± 0/98	ef38/06± 0/37	cd48/53± 0/42
Ni1T3	0	0z	700/6±0/00a	80/25±0/07a	30/12±0/75o	33/02±0/65p
	7	1/28±0/004u	660/6815±1/06d	67/37±0/33cdef	31/82±0/38n	35/21±0/04no
	14	1/61±0/008m	627/7926±0/78Fg	68/20±1/86cd	33/98±0/19lm	37/14±0/69klm
	21	2/14±0/007d	565/2±1/44mn	j58/38± 3/45	ij35/70± 0/23	ef45/15± 0/19
Ni2T1	0	0z	700/6±0/00a	80/25±0/07a	30/12±0/75o	33/02±0/65p
	7	1/30±0/003w	650/0148±0/78de	67/37±0/72cdef	33/94±0/15lm	36/13±0/47mn
	14	1/64±0/007r	623/9407±0/78ghi	66/86±0/84cdefg	35/92±0/50hij	37/60±0/29jklm
	21	2/23±0/01j	554/311±1/03op	k54/57± 0/62	de39/16± 0/43	gh40/40± 0/49
Ni2T2	0	0z	700/6±0/00a	80/25±0/07a	30/12±0/75o	33/02±0/65o
	7	1/32±0/004v	650/3111±0/51de	67/59±0/31cde	33/42±0/27m	34/60±0/59o
	14	2/13±0/007k	620/3852±0/8ij	65/7±0/73efg	35/58±0/35ijk	37/35±0/44klm
	21	2/39±0/005i	558/163±1/29o	k48/22± 0/23	ef38/32± 0/56	hi39/26± 0/59
Ni2T3	0	0z	700/6±0/00a	80/25±0/07a	30/12±0/75o	33/02±0/65p
	7	1/26±0/004y	669/8667±1/026b	74/24±0/82b	30/57±0/56no	35/12±0/13no
	14	1/53±0/007t	629/2741±1/023F	68/66±0/84c	33/91±0/20lm	36/91±0/14klm
	21	2/09±0/007l	568/5333±1/3m	59/20± 1/48ij	37/76± 0/28ef	39/67± 0/37gh

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم تفاوت معنی داری در سطح احتمال پنج درصد بین تیمارها است.

اثر برهمکنش بین تیمارهای استفاده شده و زمان نیز بر شاخص‌های کاهش وزن، پلی‌فنل کل، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، مالون دی‌آلدئید و نشت یونی ($P \leq 0.01$) تفاوت معنی‌داری نشان داد. با توجه به جدول 2 نتایج مربوط به هریک از ویژگی‌های موردزیابی، به تفکیک در زیر بحث می‌شود.

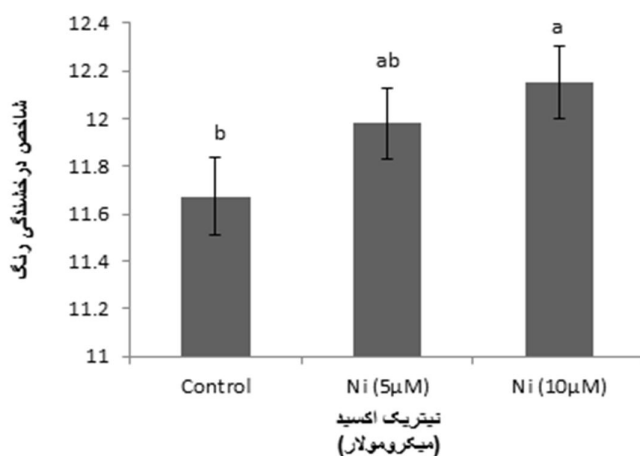
کاهش وزن میوه

تأثیر هر دو تیمار نیتریک اکسید و دما و نیز اثرات متقابل آن‌ها با زمان بر میزان کاهش وزن آریل‌ها در سطح احتمال 1% معنی‌دار بود (جدول 2). همان‌طور که جدول 3 نشان می‌دهد با افزایش زمان نگهداری، میزان کاهش وزن آریل‌ها افزایش یافت. براساس نتایج مقایسه میانگین، بیشترین درصد کاهش وزن (3/6%) مربوط به تیمار LT1 و کمترین آن (2/09%) در تیمار Ni2T3 مشاهده شد. البته بین تیمارهای Ni1T4 و Ni1T2 در روز هفتم تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. با بررسی نتایج جدول 3 مشخص گردید که تیمارهای نیتریک اکسید به‌طور معنی‌داری توانستند میزان کاهش وزن آریل‌های انار را در طول مدت نگهداری نسبت به تیمارهای شاهد کاهش دهند. با افزایش درجه حرارت محیط، سرعت واکنش‌ها از جمله تنفس افزایش یافته و در نتیجه منجر به افزایش سوخت و ساز مواد ذخیره‌ای

سلول و کاهش وزن بیشتر شود. نگهداری میوه‌ها در انبار سرد هرچند که باعث کاهش متابولیسم سلول‌های آن‌ها می‌گردند اما در میوه‌های حساس به سرمازدگی، باعث آسیب به غشاء سلول و افزایش نشت یون‌ها می‌شود. در میوه‌های آسیب دیده در اثر تنش سرما، علاوه بر افزایش نشت یون‌ها، درصد اتلاف آب سلول‌ها نیز گزارش شده است (Abe et al., 1978). در مطالعه حاضر با افزایش طول مدت نگهداری، میزان کاهش وزن آریل انار افزایش یافت که می‌تواند ناشی از تبخیر آب، آسیب غشاء در اثر سرمازدگی و افزایش پیری، باشد. مطالعات اخیر حاکی از آن است که نیتروژن مونوکسید یا نیتریک اکسید به‌عنوان یک تنظیم‌کننده رشد فعال زیستی یا مولکول هشداردهنده در گیاهان عمل می‌کند (Lai et al., 2011).

شاخص‌های رنگ

نتایج حاصل از اندازه‌گیری شاخص L^* نتایج نشان داد، تیمار نیتریک اکسید اثر چشمگیری در حفظ شاخص روشنایی رنگ آریل انار دارد. بین غلظت 5 و 10 میکرومولار نیتریک اکسید از نظر شاخص روشنایی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل 1).



شکل ۱- تأثیر نیتریک اکسید بر شاخص درخشندگی رنگ آریل‌های رقم ملس در ۲۱ روز انبارمانی. Control: شاهد، Ni (5µM): نیتریک اکسید در غلظت 5 میکرومولار، Ni (10µM): نیتریک اکسید در غلظت 10 میکرومولار

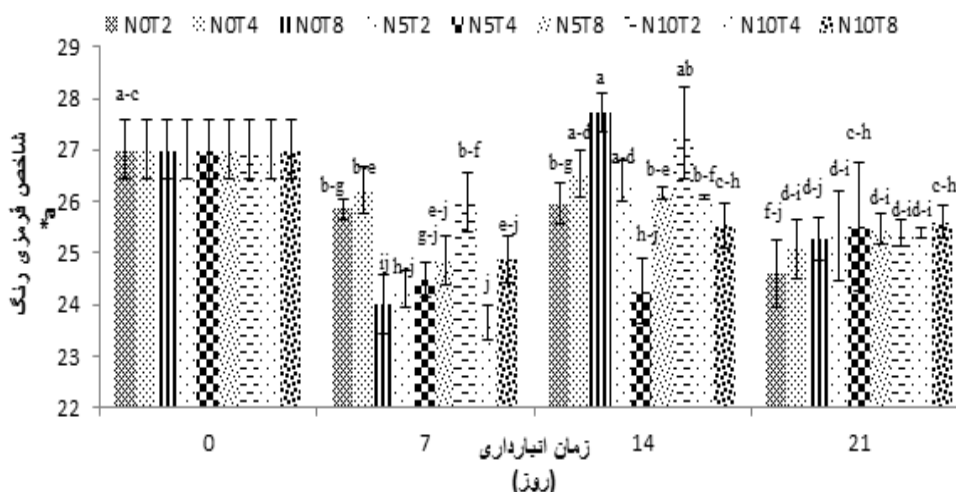
تیمار N0T2 کمتر از سایر تیمارها بود. تیمارهای N5T4 و N10T8 با مقادیر 25/46 و 25/60 بیشترین میزان قرمزی رنگ را در پایان انبارمانی نشان دادند. نتایج به‌دست آمده از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد، در تمامی تیمارها با گذشت زمان مقدار زردی رنگ آریل انار کاهش یافته است اما این کاهش در تیمار T8 نسبت به سایر تیمارها کمتر بود. میزان این

نتایج حاصل از اندازه‌گیری شاخص a^* در طول انبارمانی نشان داد، که با افزایش زمان نگهداری میزان شاخص قرمزی رنگ کاهش یافت (شکل 2). روند این تغییرات از ابتدا تا روز 7 انبارمانی در تمام تیمارها کاهش و سپس از روز هفتم تا چهاردهم افزایش و در ادامه دوباره روند کاهشی را در پیش گرفت. این روند کاهشی در تیمار N10T4 در روز 7 بیشتر از سایر تیمارها بود، در حالی که این کاهش در

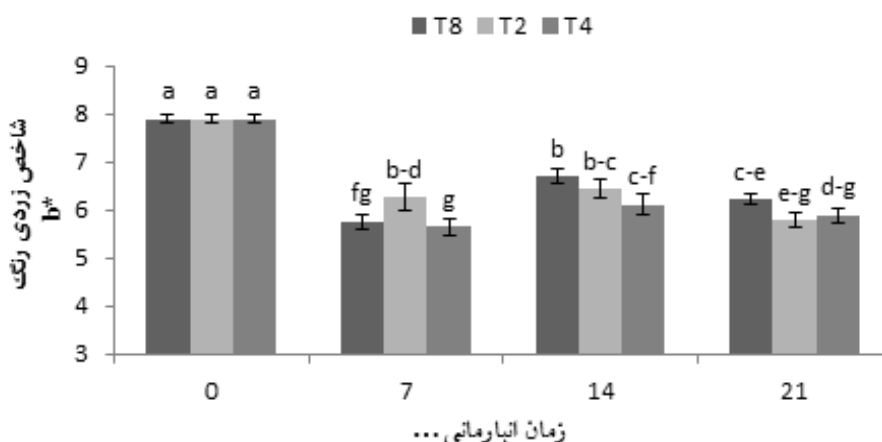
به میوه‌های که در دمای پایین انبار شده اند، ویژگی‌های رنگی میوه را بیشتر حفظ می‌کنند (Tadesse et al., 2015). رنگ بهتر آریل‌ها ممکن است به اثر بخشی نیتریک اکسید در برابر صدمات سرمازگی و یا بهبود نگهداری آنتوسیانین نسبت داده شود. افزایش شاخص قرمزی رنگ در بذر پوشینه‌های انار رقم ملس تا 7 روز پس از انبارمانی می‌تواند به‌واسطه ادامه ساخت آنتوسیانین در آریل‌ها باشد. نتایج همسانی نیز در انار رقم شیشه کپ تیمار شده با نیتریک اکسید گزارش شده است (Holcroft et al. 1998). کاهش قرمزی رنگ در پایان دوره انبارمانی در انار پوشش داده شده با پوشش خوراکی کیتوزان می‌تواند نتیجه آسیب آنتوسیانین‌ها باشد (Varasteh et al., 2012).

کاهش در تیمار T2، T4 و T8 در طول انبارمانی به ترتیب 26/71%، 21/27% و 25/44% بود. نتایج نشان داد، دمای 8 درجه سانتی‌گراد اثر چشمگیری در جلوگیری از کاهش این شاخص در طول مدت انبارمانی دارد (شکل 3).

رنگ میوه از مهم‌ترین شاخص‌های میوه، از نظر پذیرش مصرف‌کننده است. رنگ مناسب منجر به ایجاد ظاهر مطلوب در میوه می‌شود. تغییرات شیمیایی هنگام انبارمانی میوه معمولاً باعث کاهش مقدار رنگیزه‌ها در میوه می‌شود (Varasteh et al., 2012). نتایج این تحقیق نشان داد، نیتریک اکسید سبب افزایش مولفه a^* و شاخص درخشندگی رنگ در مقایسه با شاهد شده است. مطالعات قبلی نیز نشان دادند که میوه‌های گوجه‌فرنگی که در دماهای بالا انبار شده‌اند نسبت



شکل 2- تیمارهای نیتریک اکسید و دما بر شاخص قرمزی رنگ (a^*) آریل‌های رقم ملس در 21 روز انبارمانی



شکل 3- تاثیر دما بر شاخص زردی رنگ (b^*) آریل‌های رقم ملس در 21 روز انبارمانی

پلی فنل کل

میزان فنل کل، در روزهای 7، 14 و 21 آزمایش، به ترتیب در میوه‌های تیمار شده با نیتریک اکسید با غلظت (10 میکرومولار) در دمای 8 درجه سانتی‌گراد به ترتیب 669/87، 629/27 و 568/53 (میلی گرم گالیک اسید/100 گرم وزن تازه) مشاهده بود. محتوای ترکیبات فنلی در تمام تیمارها در پایان انبارمانی کاهش یافت که این کاهش در نمونه شاهد به طور معنی‌داری ($P < 0.01$) بسیار بیشتر از نمونه‌های تیمار شده با نیتریک اکسید بود. در روز پایانی، نمونه شاهد نسبت به بهترین تیمار، یعنی نیتریک اکسید با غلظت (10 میکرومولار)، 87/09% کاهش نشان داد. نیتریک اکسید از فعالیت پلی فنل اکسیداز، پراکسیداز و فنیل آلانین آمونیا لیاز جلوگیری کرده و سطوح ترکیبات فنلی را در طول انبارمانی نسبتاً بالا نگه می‌دارد (Duan et al., 2007). همچنین گزارش شده که نیتریک اکسید از افزایش فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز جلوگیری کرده و می‌تواند با فلزات انتقالی مانند آهن، مس و روی و آنزیم‌های دارای گروه تیول اثر متقابل داشته باشد (Bogdan, 2001). مطالعات نشان داد، تیمار میوه‌های عنب با 10 و 20 میلی لیتر در لیتر محلول نیتریک اکسید مانع افزایش رنگ قرمز، کاهش محتوای آنتوسیانین کل، کاهش فعالیت پلی فنل اکسیداز، فنیل آلانین آمونیا لیاز و افزایش محتوای فنل کل در طول انبارمانی می‌شود (Zhu et al., 2009). گونه‌های فعال اکسید نیتروژن به وسیله واکنش دادن با ترکیبات فنلی، می‌توانند پیش ماده پلی فنل اکسیداز را کاهش دهند.

فعالیت آنتی اکسیدانی

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر نیتریک اکساید، دما و زمان بر میزان فعالیت آنتی اکسیدانی معنی‌دار شد (جدول 2). میزان فعالیت آنتی اکسیدانی آریل‌های انار در تمام نمونه‌های تیمار شده و نشده با گذشت زمان کاهش یافت. تیمارهای نیتریک اکسید به آهستگی میزان فعالیت آنتی اکسیدانی آریل‌های انار را در طول انبار کاهش دادند. کمترین میزان کاهش فعالیت آنتی اکسیدانی در روز بیست و یکم نسبت به زمان برداشت در تیمار $Ni2T3$ (26/23%) و بیشترین آن در تیمار $LT1$ (39/91%) و $LT2$ (38/44%) مشاهده شد (جدول 3). همچنین آریل‌های نگهداری شده در دمای 8 درجه سانتی‌گراد، فعالیت آنتی اکسیدانی بیشتری نسبت به آریل‌های نگهداری شده در دمای 2 و 4 درجه سانتی‌گراد داشتند (جدول 3). این درحالی بود که پس از 21 روز انبارمانی، از نظر فعالیت آنتی اکسیدانی تفاوت معنی‌داری بین آریل‌های شاهد در دمای 2 و 4 درجه سانتی‌گراد مشاهده نشد. دمای پایین باعث تولید شدن رادیکال‌های آزاد و افزایش تنفس سلولی و کاهش ظرفیت آنتی اکسیدانی آریل انار شده است، اما نیتریک اکسید بر

فعالیت‌های میتوکندری در سلول‌های گیاهی تأثیر می‌گذارد و تنفس سلولی را به دلیل اثر مهاری بر روی سیتوکروم، کاهش می‌دهد (Zaharah and Singh., 2011). در طی انبارمانی، میزان فعالیت آنتی اکسیدانی میوه در دمای 8 درجه سانتی‌گراد به طور معنی‌داری بالاتر از میزان فعالیت آنتی اکسیدانی در دمای 2 و 4 درجه سانتی‌گراد بود. در حالت کلی نگهداری انار در دمای 2 و 4 درجه سانتی‌گراد باعث افزایش گونه‌های فعال اکسیژن و آسیب به غشای سلولی خواهد شد. اما تیمار نیتریک اکسید با حفظ ظرفیت آنتی اکسیدانی باعث کاهش خسارت سرمازدگی می‌گردد. یافته‌های حاصل از این پژوهش با مطالعات دیگر محققان مطابقت دارد. نیتریک اکسید در میوه انبه و موز باعث حفظ سفتی بافت، تنفس پایین‌تر و افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی در میوه‌های تیمار شده نسبت به شاهد شده است (Zheng et al., 2006). در میوه توت‌فرنگی تیمار نیتریک اکسید به دلیل افزایش یکپارچگی غشاء مانع تخریب آنتوسیانین و کاهش اکسیداسیون می‌شود. به نظر می‌رسد، نیتریک اکسید در کیوی (Saadatian et al., 2012) و لیچی (Barman et al., 2014) باعث حفظ سفتی بافت، تنفس پایین‌تر و افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی در نمونه تیمار شده نسبت به شاهد شده است. ثابت شده است که نیتریک اکسید می‌تواند به صورت یک آنتی اکسیدان در بافت‌های گیاهی عمل کند (Zheng et al., 2006).

نشت یونی و مالون دی آلدهید

مقدار نشت یونی و مالون دی آلدهید با افزایش مدت نگهداری، در تمام نمونه‌ها افزایش یافت. در طول مدت آزمایش آریل‌های تیمار شده با 10 میکرومولار نیتریک اکسید در دمای 8 درجه سانتی‌گراد به طور معنی‌داری ($P < 0.01$) کمترین میزان مالون دی آلدهید را در روزهای 7، 14 و 21 نشان دادند این درحالی بود که در روز پایانی، بالاترین میزان مالون دی آلدهید با 48/87 میکرومول بر گرم وزن تازه در نمونه شاهد ثبت گردید. همچنین حداکثر و حداقل میزان نشت یونی به ترتیب در تیمار شاهد در دمای 4 درجه سانتی‌گراد و آریل‌های تیمار شده با 10 میکرومولار نیتریک اکساید در دمای 4 و 8 درجه سانتی‌گراد مشاهده گردید. همان‌طور که در جدول 3 نشان داده شده است، در اثر تنش سرما در آریل‌های انار، محتوای مالون دی آلدهید به طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد. در طول مدت زمان نگهداری میوه‌ها و سبزیجات، تجمع رادیکال‌های آزاد اکسیژن (1ROS) آسیب اکسیداتیو لپیدی را تشدید کرده و یک محصول سمی بنام مالون دی آلدهید (MDA^2) ایجاد می‌کنند که محصول ثانویه اکسیداسیون اسیدهای چرب اشباع نشده می‌باشد (Hodges et al., 199). نیتریک اکسید با تأثیر در حفظ سیالیت ساختار غشای پلاسمایی و اندامک داخلی از جمله تونوپلاست در دمای پایین، باعث کنترل نشت یون‌ها و مواد موجود در واکوئل به

بافت‌های گیاهی که در معرض تنش سرما قرار گرفته‌اند، محتوای مالون دی‌آلدهید ملاک مناسبی برای نشان دادن سلامت غشاء پلاسمایی است (Antunes and Sfakiotakis, 2008)

سیتوزول و فضاهای سیتوپلاسمی شده است. پراکسیداسیون چربی‌های غشاء ممکن است اولین اتفاق آشکار در مواجهه آسیب سرما به میوه باشد، که این آسیب با افزایش مالون دی‌آلدهید در غشاء پلاسمایی بروز می‌کند (Yang et al., 2011). بسیاری از دانشمندان معتقدند،

جدول 4- مقایسه میانگین اثر متقابل نیتریک اکسید و زمان روی صفات کمی و کیفی آریل انار رقم ملس

تیما	زمان انبارمانی	مواد جامد محلول (درصد)	اسید قابل تیت	آنتوسیانین (mg/ 100 ml)	اسید آسکوربیک (mg اسید سیتریک در هر 100 g)	فعالیت آنزیم پراکسیداز (nmol/mg Pr)	شاخص طعم (درصد مواد جامد محلول/اسید قابل تیت)
Ni0	0	14/28±0/01f	1/4±0/00a	39/45±0/14a	15/23±0/06a	2/14±0/15d	11/70±0/01f
	7	15/38±0/008d	1/31±0/01f	31/14±0/42c	12/7±0/18d	1/90±0/11d	12/61±0/09cd
	14	15/57±0/01b	1/29±0/005g	25/17±0/31e	11/247±0/31e	3/00±0/18c	13/20±0/08b
	21	15/80±0/014a	1/25±0/004h	17/50±0/044g	10/57±0/15f	3/30±0/17bc	14/01±0/13a
Ni1	0	14/28±0/01f	1/4±0/00a	39/45±0/14a	15/23±0/06a	2/14±0/15d	11/70±0/01f
	7	15/31±0/006e	1/36±0/007c	33/84±0/36b	13/97±0/13b	1/99±0/17d	12/32±0/06de
	14	15/37±0/01d	1/34±0/008 d	27/46±0/31d	13/34±0/10c	3/06±0/25bc	12/68±0/07c
	21	15/56±0/031b	1/32±0/0078ef	21/64±0/65f	12/71±0/12d	3/60±0/28b	13/17±0/09b
Ni2	0	14/28±0/01f	1/4±0/00a	39/45±0/14a	15/23±0/06a	2/14±0/15d	11/70±0/01f
	7	15/32±0/01e	1/38±0/013b	34/19±0/28b	14/00±0/2b	2/01±0/22d	12/26±0/07e
	14	15/43±0/016c	1/36±0/011c	27/97±0/44d	13/17±0/23c	3/41±0/23bc	12/52±0/06c-e
	21	15/55±0/009b	1/31±0/010de	22/20±0/74f	12/56±0/24d	4/65±0/25a	12/76±0/07c

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بین تیمارها است.

مواد جامد محلول و اسید قابل تیتراسیون، شاخص طعم و اسید آسکوربیک

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که اثرات سه‌گانه تیمارهای نیتریک اکسید، درجه حرارت و زمان (نیتریک اکسید× درجه حرارت× زمان) و همچنین اثرات دو گانه درجه حرارت و زمان (درجه حرارت× زمان) اثر معنی‌داری بر پارامتر مواد جامد محلول آریل انار نشان نداد. در حالی که اثرات دوگانه تیمار نیتریک اکسید و زمان (نیتریک اکسید× زمان) بر مواد جامد محلول معنی‌دار بودند (جدول 2). این آزمون نشان داد که مقادیر این کمیت بین 14/28-15/8 درصد می‌باشد. طبق نتایج، نمونه‌های تیمار شده با نیتریک اکسید مواد جامد محلول کمتری نسبت به شاهد داشتند. بیشترین میزان مواد جامد محلول در تیمار شاهد و کمترین آن در آریل‌های تیمار شده با نیتریک اکسید مشاهده گردید. مطابق جدول 3، در بررسی تغییرات مواد جامد محلول تفاوت معنی‌داری بین غلظت 5 و 10 میکرومولار نیتریک اکسید در روز 7 و 21 مشاهده نشد. با توجه به جدول 3 میزان اسید قابل تیت نیز در دوره انبارمانی به تدریج کاهش یافت. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد، مقدار اسید قابل تیت در تیمارهای LT1 به‌طور معنی‌داری کمتر از مقدار آن

در نمونه‌های تیمار شده بود. اسیدهای آلی به هنگام رسیدن میوه به دلیل مصرف شدن در تنفس و تبدیل به قندها کاهش می‌یابند و کاهش آن‌ها رابطه مستقیم با فعالیت‌های متابولیکی دارد (Rahemi, 2006). مطالعات نشان داده است که عواملی که باعث کاهش تنفس و تولید اتیلن می‌شوند به‌واسطه کاهش مصرف قندها، از کاهش اسیدهای آلی و افزایش مواد جامد محلول جلوگیری می‌کنند (Li et al., 2014). کمتر بودن میزان مواد جامد محلول در تیمارهای نیتریک اکسید بیانگر این است که تیمار ذکر شده از هیدرولیز قندها در میوه جلوگیری می‌کند (Wang et al., 2013). در این آزمایش کاربرد نیتریک اکسید تاثیر معنی‌داری بر میزان مواد جامد محلول داشت در میوه‌های شاهد، به‌دلیل پیشرفت فرآیند پیری و حل شدن پلی‌ساکاریدهای دیواره و غشاء سلولی، دیواره‌های سلولی هضم و مواد جامد محلول افزایش یافته است، درحالی‌که تیمار با نیتریک اکسید باعث کاهش فعالیت‌های متابولیکی سلول و همچنین حفظ غشاء و دیواره سلولی می‌گردد، که نتیجه آن جلوگیری از افزایش غیرعادی مواد جامد محلول می‌باشد. نتایج به‌دست آمده نشان داد، نیتریک اکسید باعث کاهش مقادیر شاخص طعم نمونه‌های تیمار شده در مقایسه با نمونه‌های شاهد شد

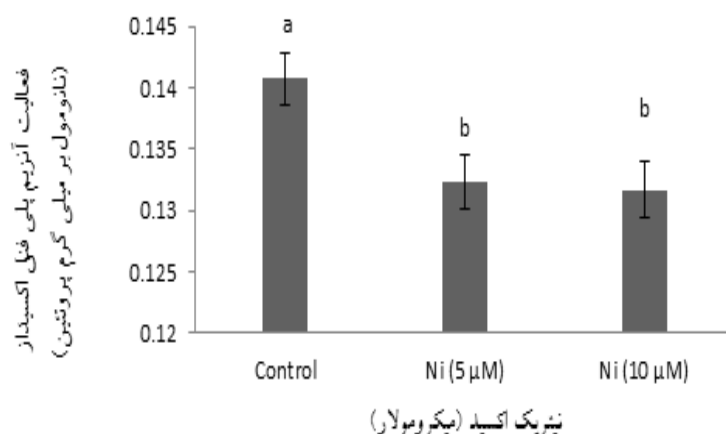
آنتوسیانین

با افزایش مدت انبارمانی، مقدار آنتوسیانین در کلیه تیمارها کاهش یافت اما این کاهش در آریل‌های تیمار شده با نیتریک اکسید کمتر بود (جدول 3). بیشترین مقدار آنتوسیانین در روز 21 آزمایش در نمونه‌های تیمار شده با نیتریک اکسید با غلظت 10 میکرومولار با مقادیر 22/20 میلی‌گرم در 100 میلی‌لیتر به‌دست آمد. همچنین کمترین مقدار آنتوسیانین (17/5 میلی‌گرم در 100 میلی‌لیتر) در روز پایانی مربوط به شاهد بود. مطابق جدول 4، در بررسی تغییرات آنتوسیانین تفاوت معنی‌داری بین غلظت 5 و 10 میکرومولار نیتریک اکسید مشاهده نشد. تولید گونه‌های فعال اکسیژن و پراکسید هیدروژن در میوه‌های برداشت شده در طی انبارمانی مهم است. از این‌رو توجه زیادی به عاملین حذف این رادیکال‌های آزاد مثل پلی‌آمین‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها مثل سوپراکسید دیسموتاز، آسکوربات و گلوتاتیون ردوکتاز که با حذف رادیکال‌های آزاد از آسیب آن‌ها جلوگیری می‌کنند، شده است (Zhu et al., 2008). تغییر در محتوای آنتوسیانین‌ها یکی دیگر از علل قهوه‌ای شدن پریکارپ لیچی است (Zhou et al., 2016). کاهش آنتوسیانین‌ها در نتیجه اکسیداسیون در حضور دیگر ترکیبات فنلی صورت می‌گیرد (Zhang et al., 2002). تیمار نیتریک اکسید اثر مثبت و معنی‌داری بر حفظ آنتوسیانین‌ها دارد که با نتایج ما مطابقت دارد.

آنزیم پلی‌فنل اکسیداز

کمترین فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز در آریل‌های تیمار شده با نیتریک اکسید با غلظت (10 میکرومولار) و مقدار 0/13 نانومول بر میلی‌گرم پروتئین مشاهده شد درحالی‌که بالاترین میزان فعالیت این آنزیم در آریل‌های شاهد ثبت گردید (شکل 4).

(جدول 3). به‌طوری‌که حداکثر و حداقل میزان شاخص طعم به‌ترتیب در تیمار N0 و N10 مشاهده شد. در روز 21 انبارمانی، اختلاف معنی‌داری بین تیمار N5 و N10 مشاهده نگردید. نتایج بررسی داده‌ها نشان داد که غلظت اسید آسکوربیک در تیمار نیتریک اکسید، روند کاهشی را به‌طور یکنواختی در پیش گرفته و از میزان حدود 15/23 میلی‌گرم در لیتر به 12/56 میلی‌گرم در لیتر رسیده است ولی در تیمار شاهد غلظت اسیدآسکوربیک تا روز هفتم افت شدیدی داشته است. براساس نتایج آنالیز آماری، بین نمونه‌های شاهد با دو تیمار دیگر از نظر میزان اسید آسکوربیک اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ولی بین دو غلظت 5 و 10 میکرومول در لیتر نیتریک اکسید اختلاف معنی‌داری دیده نشد (جدول 3). در میوه انبه نیز گزارش شده است که تیمار نیتریک اکسید سبب حفظ میزان اسیدآسکوربیک شده است (Hong et al., 2014). حفظ اسید آسکوربیک بیانگر حفظ کیفیت و ارزش تغذیه‌ای میوه می‌باشد، میزان خسارت به ویتامین ث با افزایش مدت انبارمانی، بالا رفتن درجه حرارت، کاهش رطوبت نسبی، آسیب‌های فیزیکی و سرمازدگی افزایش می‌یابد (Amal et al., 2010). علت اصلی کاهش اسیدآسکوربیک می‌تواند به‌علت اکسید شدن این فاکتور در محیط باشد. علاوه بر اکسیداسیون، افزایش pH در اثر فعالیت آنزیمی نیز سبب نابودی اسیدآسکوربیک می‌شود. در اثر اکسیداسیون، اسید آسکوربیک به دهیدرو- ال- آسکوربیک اسید و درصورت ادامه واکنش به دی‌کتو- ال- گلوکونیک تبدیل شده که این مسیر غیرقابل برگشت است، در نتیجه افت شدیدی در میزان این ترکیب در زمان انبارمانی آریل انار مشاهده می‌شود (Amal et al., 2010). در آریل‌های انار تیمار شده با نیتریک اکسید به‌دلیل کنترل میزان تنفس به داخل سلول و کنترل فعالیت آنزیمی، میزان کاهش این ویتامین نسبت به شاهد کمتر بود.



شکل 4- تاثیر تیمار نیتریک اکسید بر فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز آریل انار رقم ملس Control. شاهد، Ni (5μM): نیتریک اکسید در غلظت 5 میکرومولار، Ni (10μM): نیتریک اکسید در غلظت 10 میکرومولار

غلظت‌های بالا حالت بازدارندگی دارد (Zanardo et al., 2005). همچنین تیمار میوه‌های موز در دمای پایین با نیتریک اکسید سبب افزایش فعالیت پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز در میوه‌های تیمار شده نسبت به میوه‌های شاهد شده است (wang et al., 2013).

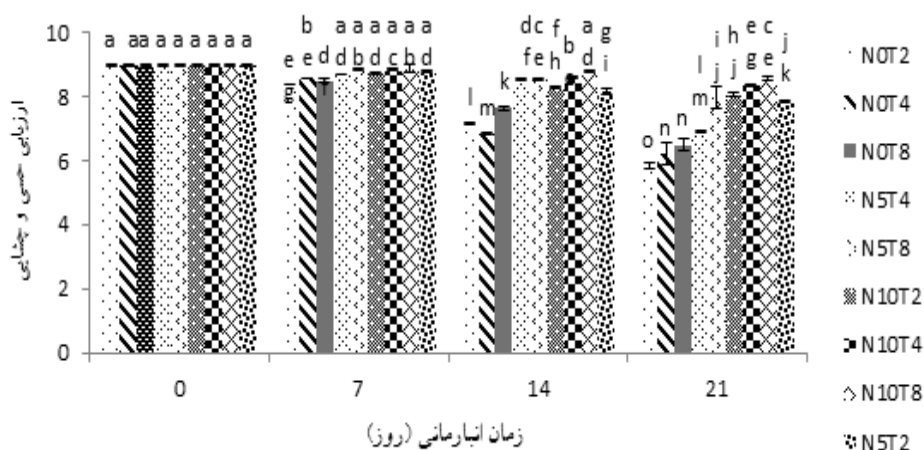
ارزیابی حسی

نتایج ارزیابی داده‌ها نشان داد تمامی خواص حسی آریل به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر تیمارهای اعمال شده قرار گرفت. تیمار 10 میکرومولار نیتریک اکسید در دمای 8 درجه سانتی‌گراد بیشترین مطلوبیت را در حفظ این ویژگی‌ها داشت در حالی که امتیاز نمونه‌های شاهد کمترین مقدار بود (شکل 5). ویژگی‌های مورد نظر این اعضا تردی بافت، ظاهر مناسب (فاقد پوسیدگی، قارچ و چروکیدگی)، طعم خوب و آبدار بودن آریل‌ها بود. با توجه به اینکه وضعیت ظاهری محصول مهمترین شاخص ارزیابی حسی محصول است (Dushni and Zakaye, 2006) و وجود هرگونه علائم آلودگی و پوسیدگی و نرم شدن میوه باعث کاهش بازارپسندی محصول می‌شود، بنابراین هر عاملی که سرعت پیری را کاهش دهد و از رشد علائم پوسیدگی جلوگیری کند، باعث حفظ وضعیت ظاهری و ارزیابی حسی محصول خواهد شد. همچنین بعد از 21 روز انبارمانی، آریل‌های انار تیمار شده با نور ماوراء بنفش و پوشش‌های خوراکی، کیفیت و ظاهر بهتری نسبت به نمونه‌های شاهد داشتند (El-Dien et al., 2012). در مطالعه حاضر آریل‌های قرار گرفته در دمای 2 درجه سانتی‌گراد انبار به دلیل سرمازدگی، قهوه‌ای شدن بافت، نرم‌شدگی و پوسیدگی، بافت‌های آریل وضعیت ظاهری، بافت و طعم خود را از دست داده و کمترین نمره را از نظر این شاخص نسبت به سایر تیمارها کسب نموده است.

بین غلظت‌های 5 و 10 میکرومولار نیتریک اکسید اختلاف معنی‌داری از نظر فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز مشاهده نشد. علت افزایش فعالیت این آنزیم در شاهد می‌تواند تنفس سلولی باشد. در اثر وجود اکسیژن در سلول، آنزیم‌های سلولی از جمله پلی‌فنل اکسیداز شروع به فعالیت کرده و بر سوبسترای فنلی اثر کرده و سبب تبدیل آن به ارتوکینون می‌شوند. گزارشات نشان داد که غلظت 5 میلی‌مولار نیتریک اکسید باعث کاهش فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز، پراکسیداز و فنیل-آلانین آمونیلایز در میوه شده و از این طریق مانع قهوه‌ای شدن میوه می‌گردد (Mayer et al., 1979).

فعالیت آنزیم پراکسیداز

همان‌طور که در جدول 4 نشان داده شده است در بین تیمارها، بیشترین کاهش فعالیت آنزیم پراکسیداز در روز 21 انبارمانی مربوط به تیمار شاهد با میانگین (3/29) نانومول بر میلی‌گرم پروتئین و کمترین کاهش مربوط به آریل‌های تیمار شده با 10 میکرومولار نیتریک اکسید با میانگین (4/65) نانومول بر میلی‌گرم پروتئین بودند. در عین حال بین غلظت 5 میکرومولار نیتریک اکسید و شاهد در روز 21 انبارمانی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول 4). همچنین نتایج نشان داد با گذشت زمان، فعالیت آنزیم پراکسیداز آریل‌های انار ابتدا کاهش و سپس افزایش یافت (جدول 4). فعالیت این آنزیم از ابتدا تا روز 14 انبارمانی کاهش و در ادامه افزایش یافته است. هیچ اختلاف معنی‌داری بین زمان برداشت و روز 7 انبارمانی مشاهده نشد (جدول 4). پراکسیداز یکی از آنزیم‌های کلیدی در گیاهان برای مقابله در برابر پاتوژن‌ها می‌باشد (Zheng et al., 2008). در مطالعه حاضر نیتریک اکسید مانع کاهش میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز نسبت به شاهد شد. غلظت پایین نیتریک اکسید باعث افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز در کلم می‌شود، در حالی که



شکل 5- تاثیر تیمارهای نیتریک اکسید و دما بر ارزیابی حسی آریل‌های انار پس از 21 روز انبارمانی

نتیجه‌گیری

استفاده از تیمارهای دمایی و نیتریک اکسید در نگهداری آریل و کاهش ضایعات و تغییرات موجود در آن نقش مؤثری دارد. نتایج به‌دست آمده در این مطالعه نشان داد که نیتریک اکسید همانند سایر ترکیبات سازگارکننده به تنش، دارای توانایی القاء مقاومت به سلول‌های گیاهی است و می‌تواند با تأثیر بر غشاء پلاسمایی میزان سرمازدگی و نشت یونی و محتوای مالون دی‌آلدئید را در جهت حفظ سلامت آریل

تغییر دهد. بر این اساس اثر متقابل نیتریک اکسید در غلظت 10 میکرومولارو نگهداری در دمای 8 درجه سانتی‌گراد نقش مؤثرتری نسبت به سایر تیمارها در حفظ کیفیت، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، پلی‌فنل کل و آنتوسیانین، حفظ آنزیم پراکسیداز، به‌تاخیر انداختن کاهش وزن و آنزیم پلی‌فنل اکسیداز نشان داد. به‌طور کلی استفاده از نیتریک اکسید بدون داشتن اثرات نامطلوب بر کیفیت خوراکی و کیفیت داخلی میوه انار، سبب افزایش مقاومت میوه به آسیب‌های ناشی از دمای پایین و حفظ آنتوسیانین آن گردید.

منابع

- Abdollahi, R., Asghari M., Esmaili M. and Abdollahi, A., 2013, Postharvest nitric oxide treatment effectively reduces decays of selva strawberry fruit, *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 6(6): 353-355. (in persian with english abstract)
- Abe, K. and Ogata, K., 1978, Chilling injury in eggplant fruits. V. Changes of K ion leakage and contents of phospholipids during storage and effects of phenolic compounds on K ion leakage, phospholipids content and ultrastructural changes of eggplant fruit sections, *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 47:111-120.
- Amal, s.h., Atress, El-Mogy., Aboul-Anean, M.M., and Alsanius, B.W., 2010, Improving Strawberry Fruit Storability by Edible Coating as a Carrier of Tymol or Calcium Chloride, *Journal of Horticultural Science & Ornamental Plant*, 2(3): 88-97.
- Antunes, M.C. and Sfakiotakis, E. M., 2008, Changes in fatty acid composition and electrolyte leakage of 'Hayward' kiwifruit during storage at different temperatures, *Food chemistry*, 10:891-896.
- AOAC, 2008, Official methods of analysis of the association of official analytical chemists, Vol. II. Arlington, VA: Association of Official Analytical Chemists.
- Ayala-Zavala, J.F., Wang, S.Y., Wang, C.Y. and Gonzalez-Aguilar, G.A., 2007, High oxygen treatment increases antioxidant capacity and postharvest life of strawberry fruit, *Food Technology and Biotechnology*, 45:166-173.
- Barman, K., Siddiqui, M., Patel, V. and Prasad, M., 2014, Nitric oxide Reduces Pericarp Browning and Preserves Bioactive Antioxidants in Litchi, *Sci. Hortic*, 171: 71-77.
- Bogdan, C., 2001, Nitric oxide and the regulation of gene expression, *Trends in Cell Biology*, 112: 66-75.
- Chance, B. and Maehly, A.C., 1955, Assay of catalases and peroxidases, *Methods Enzymol*, 11:764-755.
- Chaturvedula, V., Sai, P. and Indra, P., 2011, Bioactive Chemical Constituents from Pomegranate (*Punica granatum*) Juice, Seed and Peel-A Review, *International Journal of Research in Chemistr and Environment*, 1:1-18.
- Duan, X., Su, X., You, Y., Qu, H., Li, Y. and Jiang, Y., 2007, Effect of nitric oxide on pericarp browning of harvested longan fruit in relation to phenolic metabolism, *Food Chem*, 104: 571-576
- Dushni, M. and Zakaye, M.R., 2008, Physiology and post-harvest technology, First edition. Hamadan University Press, Hamedan, 658 pages.
- El-Dien Salama, M., Ayaad, H.M., Aboul-Anean, H.E. and Fahmy, H.M., 2012, Effect of edible coating as a carrier of essential oils and ultraviolet light (UV-C) on improving quality of minimally processed Manfalouty pomegranate, *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 8(2): 315-324.
- Emamifar, A., 2014, Assess the impact of oral aloe vera gel as a coating on microbial characteristics, physicochemical and sensory strawberries fresh during storage, *Journal of Food Science and New Technologies*, 2(6): 15-29.
- Ghasemnezhad, M., Sherafati, M. and Payvast, A., 2011, Variation in phenolic compounds, ascorbic acid and antioxidant activity of five coloured bell pepper (*Capsicum annum*) fruits at two different harvest times, *Journal Funct Foods*, 3:44-49.
- Hakim, K.A., Sarkar, M.A.R., Rahman, S.M., Ibrahim, M. and Ibrahim, M.K., 2013, Effect of post-harvest treatments on physiochemical characters during storage of two banana (*Musa spp.* L.) cv. Sabri and Amritasagar, *International Journal of Biosciences*, 3:168-179.
- He, J.Y., Jiang, L.H., Wang, Y.M., joyce, D.C., Ji, Z.L. and Lu, W.J., 2008, Role of phenylalanine ammonia-lyase in heat pretreatment-induced chilling tolerance in banana fruit, *Physiologia Plantarum*, 132:318-328.
- Hodges, D.M., DeLong, J.M., Forney, C.F. and Prange, R.K., 1999, Improving the thiobarbituric acid-reactive-substances assay for estimating lipid peroxidation in plant tissues containing anthocyanin and other interfering compounds, *Planta*, 207, 04-611.
- Holcroft, D. M. and Kader, A. A., 1999, Carbon dioxide-induced changes in colour and anthocyanin synthesis of stored strawberry fruit. *HortScience*, 34, 1244-1248.

- Hong, K., Gong, D., Xu, H., Wang, S., JiaZ., Chen, J. and Zhang, L., 2014, Effects of salicylic acid and nitric oxide pretreatment on the expression of genes involved in the ethylene signalling pathway and the quality of postharvest mango fruit, *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 42:205-216.
- Lai, T., Li, B., Qin, G. and Tian, S., 2011, Oxidative damage involves in the inhibitory effect of nitric oxide on spore germination of *Penicillium expansum*, *Current Microbiology*, 62:229-234.
- Li, X.P., Wu, B., Guo, Q., Wang, J.D., Zhang, P., and Chen, W.X., 2014, Effects of nitric oxide on postharvest quality and soluble sugar content in papaya fruit during ripening, *Journal of Food Processing and Preservation*, 38:591-599.
- Lopez-Rubira, V., Conesa, A., Allende, A. and Artes A., 2005, Shelf life and overall quality of minimally processed pomegranate arils modified atmosphere packaged and treated with UV-C, *Postharvest biology and Technology*, 37: 174-185.
- Mirdehghan, S. H. and Rahemi, M., 2002, Reduction of chilling injury in the pomegranate (*Punica granatum*) fruit by intermittent warming, *Iranian Journal of Agricultural Science*, 33(1), 75-80. (In Persian with English abstract)
- Mirdehghan, S. H., Rahemi, M., Serrano, M., Guillen, F., Martínez-Romero, D. and Valero, D., 2007., The application of polyamines by pressure or immersion as a tool to maintain functional properties in stored pomegranate arils,, *Journal of Agriculture Food Chemistry*, 55, 755-760.
- Muanda, F.N., Soulimani R., Diop, B. and Dicko, A., 2011, Study on chemical composition and biological activities of essential oil and extracts from *Stevia rebaudiana* Bertoni leaves, *LWT - Food Science and Technology*, 44: 1865-72.
- Pizzocaro F., Torreggiani D., and Gilardi G. 1993. Inhibition of apple polyphenol oxidase (PPO) by ascorbic acid, citric acid and sodium chloride, *Journal of Food Processing and Preservation*, 17, 21-30.
- Rahemi, M. , 2006, Post-harvest physiology (An introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables), Shiraz University Press.(Iran)
- Saadatian, M., Ahmadiyan, S., Akbari, M. and Balouchi., Z., 2012, Effects of Pretreatment with Nitric oxide on Kiwifruit Storage at Low Temperature, *Adv. Environ. Biol*, 1902-1909.
- Shi, H.T., Li, R.J., Cai, W., Liu, W., Fu, Z.W., Lu, Y.T., 2012, In vivo role of nitric oxide in plant response to abiotic and biotic stress, *Plant Signaling and Behavior*, 7: 437-439.
- Shuhua, Z., Lina, S., Mengchen, L. and Jie, Z., 2008, Effect of nitric oxide on reactive oxygen species and antioxidant enzymes in kiwifruit during storage, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 13:2324-2331.
- Shui, G. and Leong, LP. 2002, Separation and determination of organic acids and phenolic compounds in fruit juices and drinks by high-performance liquid chromatography, *Journal of Chromatography A*, 977(1): 89-96.
- Singh, D. and Singh, R.K, 2004, Processed products of pomegranate, *Nat Prod Radianc*, 3: 66-68.
- Singh, Z., Khan, A.S., Zhu, S. and Payne, A.D., 2013, Nitric oxide in the regulation of fruit ripening: challenges and thrusts. *Stewart Postharvest Review*, 9: 1-11.
- Varasteh, F., Arzani, K., Barzegar, M. & Zamani, Z., 2012, Changes in anthocyanins in arils of chitosan-coated pomegranate (*Punica granatum* L. cv. Rabbab-e-Neyriz) fruit during cold storage. *Food Chemistry*, 130: 267-272.
- Wang, Y., Luo, Z., Du, R., Liu, Y. and Mao, L., 2013, Effect of nitric oxide on antioxidative response and proline metabolism in banana during cold storage, *Journal of Agriculture Food*, 61: 37.8880-8887.
- Yang, A.P., Cao, S.F., Yang, Z.F., Cai, Z.T. and Zheng, Z.H., 2011, γ -aminobutyric acid treatment reduces chilling injury and activates the defense response of peach fruit, *Food Chemistry*, 129:1619-1622.
- Zaharah, S.S. and Singh, Z., 2011, Postharvest nitric oxide fumigation alleviates chilling injury delays fruit ripening and maintains quality in cold-stored 'Kensington Pride' mango, *Postharvest Biol Technol*, 60:202-210
- Zanardo, D.I.L., Zanardo, F.M.L., Ferrarese, M.D.L.L., Magalhaes, J.R. and Filho, O.F., 2005. Nitric oxide affecting seed germination and peroxidase activity in canola (*Brassica napus* L.), *Physiol. Mol. Biol. Plants*, 11: 81-86.
- Zhang, M., Tao, Q., Huan, Y.J., Wang, H.O. and Li C.L, 2002, Effect of temperature control and humidity on the preservation of Jufeng grapes, *International Agrophysics*, 16: 277-280.
- Zheng, X., Tian, S., Gidley, M.J., Yue, H. and Li, B., 2006, Effects of oxalic acid on control of postharvest browning of litchi fruit, *Food Chemistry*, 96:519-523.
- Zhou, Y., Li, S. and Zeng, K., 2016, Exogenous nitric oxide-induced postharvest disease resistance in citrus fruit to *Colletotrichum gloeosporioides*, *Journal of the science of food and agriculture*, 96:505-512.
- Zhu, L.Q., Zhou, J., Zhu, S.H. and Guo, L.H., 2009, Inhibition of browning on the surface of peach slices by short-term exposure to nitric oxide and ascorbic acid, *Food Chemistry*, 114:174-179.
- Zhu, S., Sun, L. and Zhou, J., 2009. Effects of nitric oxide fumigation on phenolic metabolism of postharvest Chinese winter jujube (*Zizyphus jujuba* Mill. cv. Dongzao) in relation to fruit quality, *LWT - Food Science and Technology*, 42:1009-1014 114:174-179.
- Zhu, S., Sun, L., Liu, M. and Zhou, J., 2008, Effect of nitric oxide on reactive oxygen species and antioxidant enzymes in kiwifruit during storage, *Journal of the Sci of Food and Agriculture*, 88:2324-2331.

Effect of Nitric oxide and storage temperature on maintenance quality of malas pomegranate arils

M. Mandegari¹, A. Mirzaalian dasgerdi^{2*}, L. Moshref³, M. Tatari⁴

Received: 2019.03.19

Accepted: 2019.08.17

Introduction: Pomegranate (*Punica granatum* L.) is an important horticultural fruit which is generally very well adapted to the Mediterranean climate. Arils are the edible part of this fruit, being rich in anthocyanins and bioactive compounds such as phenolic compounds and flavonoids which act as antioxidants and free radical scavengers. Susceptibility to chilling injury in pomegranate fruits is a major limiting factor in storing fruits at low temperatures. Below 5 °C, pomegranate fruits show symptoms such as surface pitting, browning, discoloration and decay. The control of temperature is an effective tool for extending the shelf life of fresh horticultural products. Oxidative stress, as caused by an excess of reactive oxygen species (ROS), is usually associated with chilling injury in fruits. Nitric oxide (NO) is an important gas molecule, the involvement of which in many physiological processes can protect plant cells against oxidative stress by reducing the accumulation of ROS. Postharvest studies have shown that the application of NO gas can extend the storage life of a range of horticultural produce by delaying ripening or senescence. Due to the high number of pomegranate cultivars in Iran, limited amounts of information exist on how the qualitative characteristics of arils in the Malas pomegranate can be affected by nitric oxide and different temperatures during storage. The Malas cultivar comprises a large share of pomegranate exports from Iran. In this research, the positive effects of nitric oxide were examined on reducing the chilling injury and maintaining the fruit quality of pomegranate. The application of this treatment at different concentrations and different storage temperatures led to variable effects on the qualitative characteristics of arils in the Malas pomegranate.

Materials and methods: Malas pomegranate fruits were harvested commercially from Isfahan Province and were transferred to the Food Industry Laboratory of Isfahan Natural Resources Research. The fresh arils were separated from fruit tissues and were immersed in solutions of nitric oxide (0, 5 and 10 µM/L) for 5 min. After draining, the arils were placed in packaging films of polyethylene and were immediately stored at 2, 4 and 8 °C for 21 days. Several parameters were measured every 7 days during the storage time. These were the weight loss, total soluble solids, titratable acidity, TSS/TA, acid ascorbic, total phenol, total anthocyanin content, antioxidant activity, MA, ion leakage, POD, PPO activity and sensory evaluation. The current study was carried out as a factorial assay and was based on a completely randomized design with three replications. Data were processed by ANOVA using the SAS software version 9.4. Significant differences were identified using Duncan's test at 1% probability level.

Results and discussion: Results showed that the total anthocyanin content, total phenol, antioxidant activity and titratable acidity decreased during storage time. The control group and the treatment with low temperatures significantly reduced the qualitative characteristics of arils during storage. The water content of arils treated with 5 and 10 µM nitric oxide was maintained considerably for 21 days during storage. According to these results, unlike titratable acidity and ascorbic acid which decreased in both treated and untreated fruits, there was an increase in the total soluble solids and POD activity of arils during storage. However, nitric oxide reduced the rate of these changes, whether it be the decrease or increase in the measured parameters. During the experiment, the control samples showed lower values of quality regarding all parameters. The use of nitric oxide in fruits reduced lipid peroxidation and ion leakage significantly, whereas the antioxidant activity increased. The decrease in ion leakage was observed most notably in fruits that were treated with

1. Ph.D. student, post-harvest physiology and technology, Department of Horticulture, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.

2. Assistant Professor, Department of Horticulture, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.

3. Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran.

4. Assistant Professor, Horticulture Crops Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran.

(*Corresponding Author E-Mail Address: majiddastjerdy@gmail.com)

10 μM nitric oxide. Furthermore, low temperatures managed to disrupt the metabolic balance of reactive oxygen species, leading to the accumulation and destruction of antioxidant enzymes. In the present study, exogenous treatments with nitric oxide at 5 and 10 μM significantly reduced the lipid peroxidation content and electrolyte leakage of arils being stored at cold temperatures, compared to untreated arils. Nitric oxide suppressed the activity of polyphenol oxidase (PPO) and preserved the physical appearance and the internal quality of pomegranate arils. The decrease in phenolic compounds (29.32%) and antioxidant activity (39.91%), besides the increase in lipid peroxidation (38.37%) and ion leakage (36.98%), caused deteriorations in the appearance and organoleptic properties of the control samples. To alleviate these problems, nitric oxide has beneficial effects on maintaining the anthocyanin content of pomegranate arils by partially inhibiting PPO enzyme activity during storage. It prolongs the postharvest life, helps preserving the quality of pomegranate arils, suppresses the formation of ethylene, reduces the respiratory rate and controls weight loss, in addition to maintaining the firmness of fruits. Delaying the changes in peel color and TSS are also considered as useful effects of nitric oxide on pomegranate arils. Nitric oxide impeded the process of senescence by slowing down PPO-related activities, thereby maintaining the total phenolic content of pomegranate arils.

In conclusion, the application of nitric oxide was observed to reduce ion leakage and PPO activity in pomegranate arils, while also maintaining the quality of arils. Ultimately, the use of 10 μM nitric oxide at 8 °C can be suggested as the most optimum treatment herein.

Key words: Pomegranate arils, Nitric oxide, Polyphenol oxidase, Antioxidant activity, Fruit quality.



بررسی اثرات فرمولاسیون، نوع پوشش و شرایط بسته‌بندی بر میزان آب‌اندازی ژامبون گوشت و مرغ طی دوره نگهداری

اسماعیل خزایی¹- میرخلیل پیروزی فرد^{2*}- فریبا زینالی²- محمد علیزاده خالدآبادی³

تاریخ دریافت: 1397/04/01

تاریخ پذیرش: 1398/03/19

چکیده

انواع سوسیس و کالباس در بسته‌بندی‌های تحت خلاء از جمله فرآورده‌های گوشتی هستند که به دلیل تنوع، راحتی در مصرف و اقتصادی بودن رایج می‌باشند. مهمترین مشکل عمده تولید، نگهداری و فروش این نوع فرآورده‌های گوشتی، آب‌اندازی (سینرسیس) آنها درون بسته‌بندی تحت خلاء است. آب‌اندازی بسته علاوه بر ظاهر ناپسند، منجر به تسریع رشد و تکثیر میکروبی و تغییرات نامطلوب در عطر و طعم محصول می‌گردد. در این پژوهش عوامل مختلفی از جمله اثر سطوح مختلف کیتوزان و نشاسته اصلاح شده سیب‌زمینی در فرمولاسیون، بر روی میزان آب‌اندازی، pH، جمعیت میکروبی و ارزیابی حسی در دو نوع محصول ژامبون گوشت گاو و ژامبون گوشت مرغ در طول مدت زمان نگهداری مورد بررسی قرار گرفت. در ادامه اثر روش بسته‌بندی تحت خلاء و میزان خلاء ایجاد شده در بسته بر روی میزان آب‌اندازی بررسی گردید. نتایج نشان داد افزودن کیتوزان و نشاسته اصلاح شده سیب‌زمینی به‌طور معنی‌داری باعث کاهش آب‌اندازی محصول در طول مدت نگهداری می‌شوند در حالی که در تمامی نمونه‌ها با افزایش مدت زمان نگهداری میزان آب‌اندازی افزایش یافت ($P < 0/05$). کیتوزان به دلیل اثرات ضد میکروبی باعث کاهش جمعیت میکروبی و مانع کاهش pH گردید. طبق نتایج ارزیابی حسی در طول مدت زمان نگهداری کیفیت حسی نمونه‌ها به‌طور معنی‌داری دچار افت گردید در حالی که کیتوزان اثرات مثبت معنی‌داری بر روی پارامترهای حسی در طول مدت زمان نگهداری داشت ($P < 0/05$). همچنین نتایج نشان داد که آب‌اندازی ژامبون‌ها تحت تاثیر نوع بسته‌بندی و میزان خلاء نیز قرار دارد به گونه‌ای که بسته‌بندی Skin نسبت به بسته‌بندی‌های تحت خلاء ساده میزان آب‌اندازی کمتری از خود نشان دادند و با افزایش میزان خلاء بسته‌بندی، میزان آب‌اندازی افزایش معنی‌داری داشت ($P < 0/05$). نتایج نشان داد نشاسته سیب‌زمینی 5% و کیتوزان 0/6% و بسته‌بندی Skin در میزان خلاء 30 میلی‌بار باعث کاهش آب‌اندازی از 1/7 به 1/3 گردید. در مجموع می‌توان نتیجه گرفت که با افزودن نشاسته اصلاح شده سیب‌زمینی و کیتوزان به فرمولاسیون و همچنین استفاده از بسته‌بندی Skin با میزان خلاء کمتر می‌توان میزان آب‌اندازی فرآورده‌های گوشتی را به میزان قابل توجهی کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: ژامبون، آب‌اندازی، نشاسته اصلاح شده سیب‌زمینی، کیتوزان، بسته‌بندی تحت خلاء.

مقدمه

(Soriano et al, 2006). عمده‌ترین مواد تشکیل‌دهنده این فرآورده‌ها گوشت، چربی یا روغن، آب، مواد پروتئینی اتصال‌دهنده، مواد پرکننده، ادویه‌جات، نگهدارنده‌ها و سایر افزودنی‌ها هستند (Pereira et al, 2000).

از آنجا که سوسیس و سایر فرآورده‌های گوشتی به علت چاشنی، ادویه و سایر مواد افزودنی که در فرمولاسیون آنها اضافه می‌شود دارای منابع آلوده‌کننده بیشتری نسبت به گوشت خام می‌باشند، لذا استفاده از روش‌های نوین حفاظت غذا به همراه نگهداری و بسته‌بندی متعارف در جهت کنترل آلودگی و رشد میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا و مولد فساد در این نوع فرآورده‌ها حائز اهمیت است (Deda et al, 2007; Delvalle et al, 2003). فرخنده و همکاران، (1396). یکی از راه‌های

در سال‌های اخیر با پیشرفت زندگی شهری، ازدیاد رستوران‌ها و سلف سرویس‌ها و اشتغال بیشتر زنان در اجتماع، تهیه و طبخ غذا در خانه کاهش یافته و توجه مردم به استفاده از غذاهای آماده و نیمه آماده به مصرف، افزایش پیدا کرده است (Herrero et al, 2008). گوشت و فرآورده‌های گوشتی یکی از مهم‌ترین گروه‌های غذایی آماده جهت تأمین پروتئین مورد نیاز بدن می‌باشد. سوسیس و کالباس از معروف‌ترین فرآورده‌های گوشتی است که مورد علاقه میلیون‌ها مصرف‌کننده در سراسر جهان می‌باشد (Sampaio et al, 2004). تمایل مصرف‌کنندگان نسبت به استفاده از مواد اولیه و روش تولید بهتر که منجر به تولید محصول با کیفیت بالاتر می‌گردد، افزایش یافته است

(*)-نویسنده مسئول: (Email: kh.pirouzifard@urmia.ac.ir)
DOI: 10.22067/ifs.v16i2.73671

1 و 2- به ترتیب دانشجوی دکتری، دانشیار و استاد، گروه علوم و صنایع و غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

کاربرد در صنعت گوشت بسته‌بندی تحت خلاء است. در این روش هوای داخل بسته بدون اینکه گاز دیگری جایگزین گردد خارج شده، که این امر منجر به محافظت محصول و مهار رشد باکتری‌های مولد فساد و جلوگیری از پیشرفت بعضی تغییرات شیمیایی از جمله اکسیداسیون می‌گردد (Xiao et al, 2010)؛ اعتمادیان و همکاران، 1390؛ خدانظری و خدروی، 1396).

یکی از مهمترین افزودنی‌های فرآورده‌های گوشتی نشاسته است که مهمترین هدف استفاده از آن کنترل آب در محصول طی انبارداری می‌باشد و بر بافت، عطر و طعم و رنگ فرآورده تاثیر می‌گذارد. به‌منظور حداکثر استفاده از ویژگی‌های نشاسته، انتخاب آن باید به دقت صورت گیرد (Joly & Anderstein, 2009). نسبت آمیلوز به آمیلوپکتین، اندازه گرانول، ساختار کریستالی و ژلاتینه شدن نشاسته جزء ویژگی‌های اختصاصی گرانول‌های نشاسته است (Cai et al, 2014؛ احتیاطی و همکاران، 1396). آب‌اندازی و تراوش آب آزاد در بسته‌بندی تحت خلاء اسلایس‌های فرآورده‌های گوشتی از واضح‌ترین اثرات منفی بیاتی نشاسته می‌باشد. نشاسته‌های سیب‌زمینی، تاپیوکا و ذرت مومی به دلیل داشتن آمیلوپکتین بیشتر، آب‌اندازی کمتری در طول مدت زمان نگهداری دارند. این ویژگی به‌خصوص در خصوص پایداری محصول طی فرایند انجماد- انجمادزایی بسیار حائز اهمیت است (Feiner, 2006). Cesar و همکاران (2013) به بررسی اثر صمغ لوبیای لوکاست و کاراگینان بر روی سینرسیس ژامبون گوشت خوک مورد بررسی قرار دادند. همچنین Perez و همکاران (2010) به بررسی اثر آلزینات بر روی ژامبون خوک پرداختند. محققان مختلفی هم از جمله Mills و همکاران (1995) و Naka و همکاران (1991) به بررسی اثر نشاسته‌های اصلاح شده بر روی سینرسیس فرآورده‌های گوشتی پرداختند.

کیتوزان پلی‌ساکاریدی سازگار با محیط زیست، زیست تخریب‌پذیر، غیرسمی با ویژگی‌های عملکردی و فیزیکی شیمیایی متنوع از جمله قوام‌دهندگی و اثرات ضدباکتریایی، ضدقارچی و آنتی‌اکسیدانی است (Dutta et al, 2009). نتایج تحقیقات متعدد اثرات مثبت استفاده از کیتوزان به‌عنوان یک ماده ضد میکروب و جاذب آب در فرآورده‌های غذایی مختلف از جمله فرآورده‌های گوشتی را مورد تایید قرار داده است (Kanatt et al, 2008؛ Lin et al, 2001؛ Wu et al, 2000؛ محبی و همکاران، 1393؛ آزادبخت و همکاران، 1396؛ صیدی و همکاران، 1396).

امروزه در صنعت گوشت کالباس‌ها و ژامبون‌ها پس از برش‌ورق‌های¹ درون پوشش‌های با نفوذپذیری بسیار کم قرار گرفته و تحت خلاء بسته‌بندی و دوخت می‌شوند. از جمله مشکلات عمده تولید

و نگهداری این نوع محصولات خروج آب از ساختار محصول و آزاد شدن آن درون بسته‌بندی تحت خلاء می‌باشد که اصلاً به این حالت آب‌اندازی² گفته می‌شود. آب آزاد ناشی از آب‌اندازی باعث ایجاد یک حالت لزج و ظاهر بسیار ناپسند در نزد مصرف‌کنندگان می‌شود. علاوه بر این، آب‌اندازی منجر به تسریع رشد و تکثیر میکروارگانیسم‌ها و تغییرات نامطلوب در عطر و طعم محصول می‌گردد. کاهش طول عمر نگهداری محصول و همچنین ضایعات فراوان ناشی از عدم پذیرش مشتریان باعث بروز زیان‌های فراوان به واحدهای صنعتی می‌گردد. لذا بررسی روش‌های مختلف به‌منظور کاهش آب‌اندازی در این نوع بسته‌بندی‌های فرآورده‌های گوشتی بسیار ضروری به‌نظر می‌رسد.

هدف اصلی این پژوهش بررسی تاثیر عوامل مختلف بر روی میزان آب‌اندازی در فرآورده‌های گوشتی بسته‌بندی تحت خلاء می‌باشد. در این تحقیق عوامل مختلفی از جمله اثر سطوح مختلف کیتوزان و نشاسته اصلاح شده سیب‌زمینی در فرمولاسیون، روش بسته‌بندی تحت خلاء و همچنین میزان خلاء ایجاد شده در بسته‌بندی بر روی میزان آب‌اندازی در دو نوع محصول ژامبون گوشت 90% و ژامبون مرغ 90% در طول مدت زمان نگهداری مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

متغیرها شامل نشاسته سیب‌زمینی و کیتوزان می‌باشد. نشاسته گندم از شرکت فردانه شیراز، نشاسته سیب‌زمینی از شرکت بازرگانی و سرمایه گذاری KMC و کیتوزان (کیتوزان با وزن مولکولی $5/2 \times 10^3$) از شرکت صنایع شیمیایی سیناسون ساری تهیه گردید. پلی‌فسفات سدیم و نیتريت سدیم از شرکت سیگما، اسید آسکوربیک از شرکت مرک، ادویجات از شرکت پلنلیپید³ و نمک از بازار محلی تهیه گردید.

بخش اول

انجام این تحقیق در دو مرحله صورت پذیرفت. در مرحله اول نوع نشاسته و سطوح کیتوزان در محصول مورد بررسی قرار گرفت و با توجه به نتایج، نمونه دارای آب‌اندازی کمتر انتخاب گردید. در مرحله دوم نمونه مورد نظر مجدد تولید و در شرایط بسته‌بندی مختلف مورد آزمایش و بررسی قرار گرفت.

برای مرحله اول این طرح، متغیرها شامل نوع محصول، نوع نشاسته، سطوح کیتوزان و مدت زمان نگهداری بود. برای این تحقیق دو نوع محصول (ژامبون 90% گوشت گاو و ژامبون 90% گوشت مرغ) مورد آزمون قرار داده شد.

نمونه شاهد و یا اولیه دارای 5 درصد نشاسته گندم بود و نشاسته سیب‌زمینی در آن وجود نداشت. نشاسته سیب‌زمینی در سه سطح (صفر،

1 slicing
2 syneresis

اساس 90 درصد گوشت مرغ و ژامبون گوشت مورد نظر در این تحقیق بر اساس 90 درصد گوشت گاو تهیه شد (جدول 1).

تولید ژامبون گوشت مرغ

برای عمل آوری گوشت مرغ بدین شرح عمل گردید که ابتدا مرغ تازه کشتار شده تهیه و سپس استحصال گردید. بعد از جدا کردن پوست، چربی و بافت پیوندی سطحی، ران مرغ از لاشه جداسازی و به قطعاتی با ابعاد $3 \times 3 \times 3$ سانتی متر مکعب برش داده شد. تکه های مذکور (با دمای 4-2 درجه سانتی گراد) وارد دستگاه تامبلر (متال کیمیا، آلمان) شد، سپس نمک و فسفات (طبق جدول 1) به تامبلر اضافه شده و به مدت 5 دقیقه عملیات ماساژ به صورت مالشی توسط تامبلر صورت گرفت. پس از افزودن آب سرد عملیات مالشی به مدت 5 دقیقه دیگر تکرار گردید. در ادامه ادویه جات (فلفل، تخم گشنیز و آویشن) افزوده شده و 90 دقیقه عملیات چرخشی تامبلر با سرعت 8 دور بر دقیقه تحت خلاء انجام گردید. سپس نشاسته را به تامبلر افزوده و 30 دقیقه دیگر عملیات چرخشی ادامه داده شد. در انتها مرغ تکه ای از تامبلر تخلیه و به مدت 15 ساعت در درون سردخانه بالاصفر (5- صفر درجه سانتی گراد) قرار داده شد تا محصول مراحل عمل آوری نهایی را به حالت استراحت بگذراند. در تمامی مراحل مذکور دستگاه تامبلر بر روی دمای 4-2 درجه سانتی گراد تنظیم گردید.

50 و 100 درصد) جایگزین نشاسته گندم شده و از کیتوزان در سه سطح (صفر، 0/3 و 0/6 درصد) به عنوان یک ماده ضد میکروبی و جاذب آب نیز استفاده شد. در انتها نمونه های مختلف ورقه ورقه شدند و در هر بسته 300 گرمی قرار داده شد و تحت خلاء (میزان خلاء 30 میلی بار فشار) بسته بندی شد.

در ادامه با توجه به نتایج آزمون آب اندازی، نمونه دارای آب اندازی کمتر انتخاب شده و مجدد تولید گردید. در مرحله دوم این پژوهش به منظور بررسی شرایط بسته بندی روی خصوصیت آب اندازی از نمونه تولیدی جدید استفاده گردید. نمونه تولیدی در 2 نوع بسته بندی تحت خلاء (دافرش و ساده) در دو میزان خلاء (5 و 30 میلی بار فشار) بسته بندی شد و در طول مدت زمان نگهداری (1، 15 و 30 روز) پارامتر آب اندازی، مورد بررسی قرار گرفت. در این مرحله، میزان خلاء بسته ها نسبت به مرحله اول پژوهش بالاتر در نظر گرفته شد تا هوای باقیمانده در بسته ها به حداقل ممکن برسد و اثرات منفی ناشی از وجود اکسیژن در بسته ها به حداقل ممکن برسد.

فرمولاسیون ژامبون

گوشت ران و سینه مرغ به شکل استحصال شده از شرکت فیله آمل تأمین شد. همچنین گوشت گاو منجمد برزیلی دارای مشخصات ثبت شده از بازار خریداری گردید. کلیه مراحل در شرکت فراورده های گوشتی کاله آمل انجام شد. ژامبون مرغ مورد نظر در این تحقیق بر

جدول 1- انواع فرمولاسیون ژامبون

نوع محصول	فرمولاسیون ژامبون مرغ																فرمولاسیون ژامبون گوشت گاو	
	شماره فرمول	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
گوشت مرغ	۹۰	۹۰	۹۰	۹۰	۹۰	۹۰	۹۰	۹۰	۹۰	۹۰	۹۰	۹۰	۹۰	۹۰	۹۰	۹۰	۹۰	۹۰
گوشت گاو	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
نشاسته گندم	۵	۲/۵	۰	۵	۲/۵	۰	۵	۲/۵	۰	۵	۲/۵	۰	۵	۲/۵	۰	۵	۲/۵	۰
نشاسته اصلاح شده سیب زمینی	۰	۲/۵	۵	۰	۲/۵	۵	۰	۲/۵	۵	۰	۲/۵	۵	۰	۲/۵	۵	۰	۲/۵	۵
کیتوزان	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
آب/ یخ	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
نمک	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
پلی فسفات سدیم	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳
اسید آسکوربیک	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵
نیتريت سدیم	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
ادویه جات	۱/۱۴	۱/۱۴	۱/۱۴	۱/۱۴	۱/۱۴	۱/۱۴	۱/۱۴	۱/۱۴	۱/۱۴	۱/۱۴	۱/۱۴	۱/۱۴	۱/۱۴	۱/۱۴	۱/۱۴	۱/۱۴	۱/۱۴	۱/۱۴

تولید ژامبون گوشت گاو

به منظور تولید ژامبون گوشت ابتدا گوشت ران منجمد را در سردخانه بالایی صفر (در دمای 0 تا 5 درجه سانتی گراد) دیفرست نموده و با استفاده از چاقو چربی و بافت پیوندی سطحی، گوشت ران از قطعات جداسازی گردید. قطعات درشت مذکور به قطعاتی با ابعاد $3 \times 3 \times 3$

سانتی متر مکعب بریده گردید. در ادامه تمامی مراحل عمل آوری درون دستگاه تامبلر و سپس استراحت دقیقاً مشابه گوشت مرغ عمل آوری انجام شد.

در مرحله بعد گوشت های عمل آوری شده توسط دستگاه پرکن (دبل کلیپس، ایران) وارد پوشش های پلی آمیدی گردید و در اتاق پخت تا

بسته‌بندی گردید. ابتدا به روش بسته‌بندی تحت خلاء ساده¹ توسط دستگاه R145 و با استفاده از پوشش‌های سه لایه (PE/PA/PE)² بسته‌بندی شد (شکل 1). در ادامه نمونه‌ها به روش دوم و با استفاده از دستگاه R145 به شکل (Skin pack) بسته‌بندی تحت خلاء شدند (شکل 1).

هر دو دستگاه بسته‌بندی ذکر شده، ساخت شرکت Multivac، آلمان بودند. پوشش مخصوص بسته‌بندی Skin دارای 2 لایه زیرین و رویی می‌باشد. لایه رویی آن یک لایه پلی‌آمیدی بسیار نازک است که تحت حرارت بسیار انعطاف‌پذیر می‌شود. لایه زیرین آن کمی ضخیم است و از یک صفحه فیلم دارای استحکام بیشتر پلی‌اتیلن و پلی‌استر تشکیل شده است.

رسیدن به دمای 72 درجه سانتی‌گراد در مرکز محصول قرار گرفت. مدت زمان مرحله پخت حدوداً 360 دقیقه بود. سپس نمونه‌ها سریعاً به زیر دوش آب سرد و سپس سردخانه بالای صفر (0-5 درجه سانتی‌گراد) انتقال داده شد. در ادامه فرایند نمونه‌های مختلف ورقه‌ورقه شدند (اومگا، آلمان) و در اوزان 300 گرمی توزین و تحت خلاء بسته‌بندی (فشار 50 میلی‌بار) شدند. در نهایت کلیه نمونه‌ها درون سردخانه بالاصفری و در دمای 4 درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

بسته‌بندی تحت خلأ ژامبون گوشت و مرغ در پوشش‌های مختلف

با توجه به نتایج آزمون مرحله اول نمونه دارای ویژگی آب‌اندازی کمتر انتخاب و مجدد تولید شد. نمونه انتخاب شده به دو روش



شکل 1- نمونه بسته‌بندی یک روز پس از تولید و تحت فشار خلاء 5 میلی‌بار. بسته‌بندی تحت خلاء ساده ژامبون مرغ (a)، بسته‌بندی Skin ژامبون مرغ (b)، بسته‌بندی تحت خلاء ساده ژامبون گوشت گاو (c)، بسته‌بندی Skin ژامبون گوشت گاو (d)

اندازی با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید. این آزمون برای تمامی نمونه ها در سه تکرار طی مدت روزهای 1، 15، 30 پس از تولید انجام شد. نمونه ها درون سردخانه بالای صفر (صفر تا 4 درجه سانتی گراد) نگهداری شدند.

$$(100 * \frac{\text{وزن ثانویه} - \text{وزن اولیه}}{\text{وزن اولیه}}) = \text{آب اندازی}$$

ارزیابی حسی

برای انجام ارزیابی ویژگی های حسی از داوران آموزش دیده (10 نفر) استفاده شد. این پانلیست ها قادر بودند ویژگی هایی چون بافت، مزه، بو، رنگ و پذیرش کلی نمونه ها را با در نظر گرفتن مفاهیم تعلیم داده شده در قالب آزمون هدونیک 9 نقطه ای (1 بسیار نامطلوب - 9 بسیار مطلوب) تشخیص دهند. امتیازدهی این آزمون به شکل آنالیز غیرپارامتریک و بر روی خط کش مندرج بود تا اعداد پیوسته و دقیق تر باشند. این آزمون نیز برای تمامی نمونه ها در سه بار طی مدت زمان نگهداری (در روزهای 1، 15، 30 پس از تولید) انجام شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده ها

تحلیل داده ها، در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. در بخش اول تحقیق نشاسته اصلاح شده سیب زمینی در سه سطح (صفر، 5، 10 درصد) و کیتوزان در سه سطح (صفر، 0/3 و 0/6 درصد) به عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شد. در بخش دوم پس از انتخاب نمونه با کمترین سینرسی، نوع بسته بندی و میزان خلاء بسته بندی به متغیرهای مستقل بودند. برای تحلیل آماری پارامترهای مورد مطالعه از نرم افزار SPSS استفاده شد. میانگین تکرارها در قالب آزمون چنددامنه ای دانکن و در سطح معنی داری 5% مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

طبق نتایج آزمون های شیمیایی (جدول 2) نمونه های شاهد ژامبون گوشت گاو و ژامبون گوشت مرغ به لحاظ پارامترهای شیمیایی، تفاوت چندانی نداشته و مطنبق با استاندارد ملی ایران (5753) می باشد.

نکته قابل ذکر این است که میزان و کیوم دستگاه ها قابل کنترل است و میزان هوای باقی مانده درون بسته بر روی خصوصیات کیفی محصول به شدت تاثیرگذار است. در نتیجه میزان و کیوم بسته ها به عنوان متغیر در نظر گرفته شد و از دو سطح خلاء (فشار 5 و 30 میلی بار) استفاده گردید. تمامی نمونه های به سردخانه بالاصفر منتقل شده و در سه بازه زمانی (یک، 15 و 30 روز) خصوصیات کیفی آنها اندازه گیری گردید.

آزمون های شیمیایی

میزان چربی، پروتئین، رطوبت، کربوهیدرات، و خاکستر بود که به ترتیب بر اساس استانداردهای شماره 741، 744، 745، 924، 742 و 741 سازمان استاندارد ملی ایران اندازه گیری شدند. این آزمون ها تنها برای نمونه های شاهد و روز پس از تولید انجام گردید. لازم به ذکر است که فقط آزمون pH برای تمامی نمونه ها طی مدت زمان نگهداری (در روزهای 1، 15، 30 پس از تولید) انجام شد. اندازه گیری pH مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره 1028 و با pH متر (Testo، آلمان) انجام شد.

آزمون میکروبی

آمون جمعیت کلی میکروبی برای تمامی نمونه ها طی مدت زمان نگهداری (در روزهای 1، 15، 30 پس از تولید) انجام شد. آزمون میکروبی مذکور طبق استاندارد ملی به شماره 5272 انجام شد

آب اندازی (سینرسی)

این آزمون به روش Cesare و همکارن (2013) انجام شد. به این صورت که 300 گرم از نمونه ها درون پوشش سه لایه، بسته بندی تحت خلاء شد. سپس وزن دقیق آن ها ثبت گردید. نمونه ها بعد از مدت زمان نگهداری مدنظر از بسته بندی تحت خلاء خارج و سپس میزان آب خارج شده از محصول با استفاده از دستمال سه لایه جاذب الرطوبه خشک گردید. وزن کل نمونه بعد از این عملیات اندازه گیری شده و اختلاف وزن محصول قبل و بعد از انبارداری محاسبه شد. در انتها میزان آب

جدول 2- نتایج آنالیز شیمیایی ژامبون گوشت گاو و ژامبون گوشت مرغ

نوع ژامبون	رطوبت	پروتئین	چربی	کربوهیدرات	pH	خاکستر
گوشت گاو	69/80±1/2 ^a	16/51±0/65 ^a	5/72±0/2 ^b	4/77±0/25 ^a	5/9±0/11 ^a	3/2±0/08 ^a
گوشت مرغ	70/63±0/9 ^a	16/14±0/42 ^a	6/03±0/23 ^a	4/1±0/33 ^b	6/1±0/2 ^a	3/1±1/15 ^a

اندازی آنها جداگانه و در طول مدت زمان نگهداری محاسبه و مورد آنالیز قرار گرفت. طبق نتایج آنالیز واریانس نوع محصول روی پارامتر آب اندازی معنی دار نبود ($P > 0/05$) اما اثر مدت زمان نگهداری کاملاً

اثر نوع محصول و مدت زمان نگهداری بر روی آب اندازی به منظور مقایسه بین ژامبون گوشت و مرغ، ابتدا یک نمونه شاهد از دو نوع محصول در سردخانه به مدت 30 روز نگهداری شد و آب

توسط اسیدلاکتیک باکتری‌ها یکی از دلایل اصلی کاهش ظرفیت نگهداری آب ژامبون‌ها می‌باشد. همچنین رتوگرا داسیون نشاسته و ایجاد پیوندهای هیدروژنی بیشتر بین آمیلوز و آمیلوپکتین نشاسته یکی دیگر از دلایل کاهش ظرفیت نگهداری آب می‌باشد. نتایج Cesar و همکاران (2013) نشان داد با گذشت زمان نگهداری، آب‌اندازی ژامبون گوشت خوک افزایش می‌یابد. همچنین این نتایج، مشابه نتایج Muthia و همکاران (2010) بر روی سوسیس مرغ و Restrepo و همکاران (2010) بر روی ژامبون خوک بود.

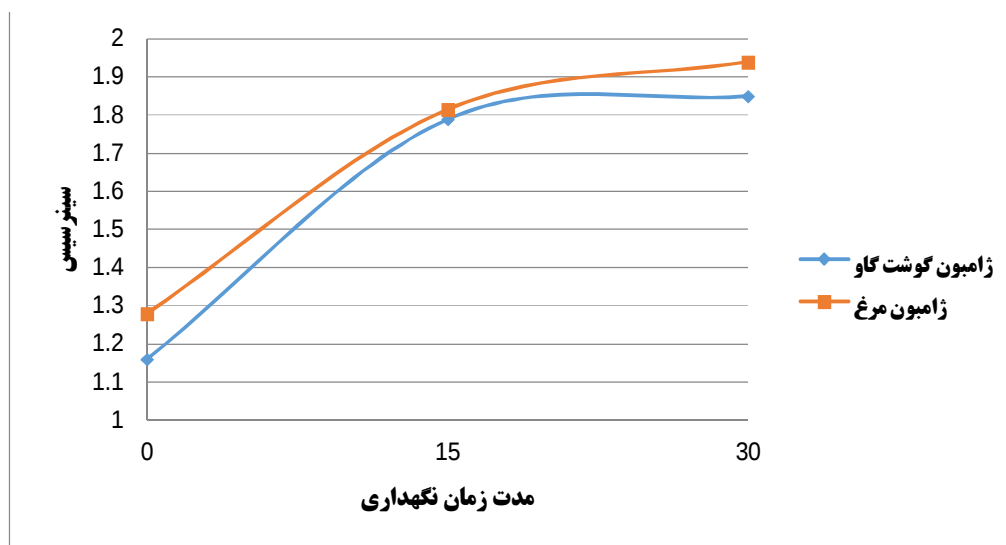
روی آب‌اندازی ژامبون‌ها معنی‌دار بود ($P < 0/05$). طبق نتایج مقایسه میانگین (جدول 3) تفاوت چندانی بین ژامبون گوشت گاو و ژامبون گوشت مرغ به لحاظ آب‌اندازی وجود نداشت اما در مجموع ژامبون گوشت گاو میزان آب‌اندازی کمتری نسبت به ژامبون مرغ داشت که احتمالاً این موضوع به دلیل محتوی بالاتر پروتئین در ژامبون گوشت گاو می‌باشد (جدول 2).

در فرمولاسیون‌های یکسان با گذشت مدت زمان نگهداری میزان آب‌اندازی ژامبون‌ها افزایش یافت. عوامل مختلفی از جمله تخریب بافت در اثر پروتئازهای میکروبی و همچنین کاهش pH در اثر تولید اسید

جدول 3- تأثیر مدت زمان نگهداری بر میزان آب‌اندازی ژامبون گوشت گاو و ژامبون گوشت مرغ (شاهد)

نوع ژامبون	مدت زمان نگهداری	میزان آب‌اندازی
گوشت گاو	0	$1/09^c \pm 0/08$
گوشت گاو	15	$1/6118^b \pm 0/12$
گوشت گاو	30	$2/5228^a \pm 0/1$
گوشت مرغ	0	$0/9267^c \pm 0/2$
گوشت مرغ	15	$1/7479^b \pm 0/15$
گوشت مرغ	30	$2/6951^a \pm 0/17$

اعداد با حروف متفاوت در هر ستون از لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار ($P < 0/05$) دارند.



شکل 2- میزان آب‌اندازی ژامبون گوشت مرغ و ژامبون گوشت گاو در طول مدت زمان نگهداری

یافته است و بین نمونه‌های دارای کیتوزان و شاهد از نظر آماری تفاوت معنی‌داری وجود داشت ($P < 0/05$) (شکل 2 و 3).

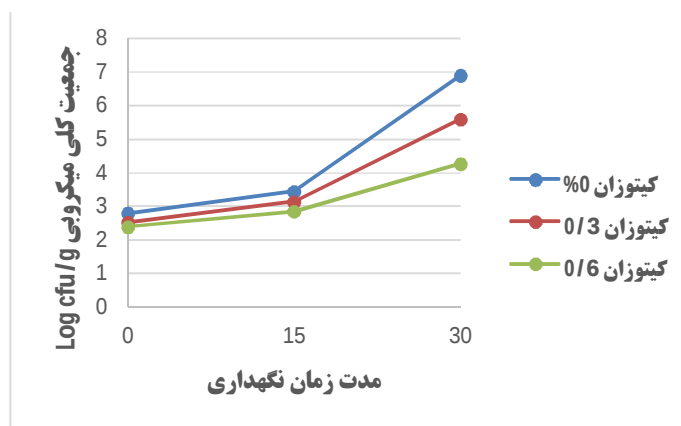
طی پاستوریزاسیون فرآورده‌های گوشتی شکل رویشی گونه‌های ترمودوریک اسیدلاکتیک باکتری‌ها مانند لاکتوباسیلوس‌ها، میکروکوکوس‌ها و آنتروکوکوس‌ها زنده می‌مانند. این‌ها

بررسی اثر متغیرها بر روی جمعیت کلی میکروبی

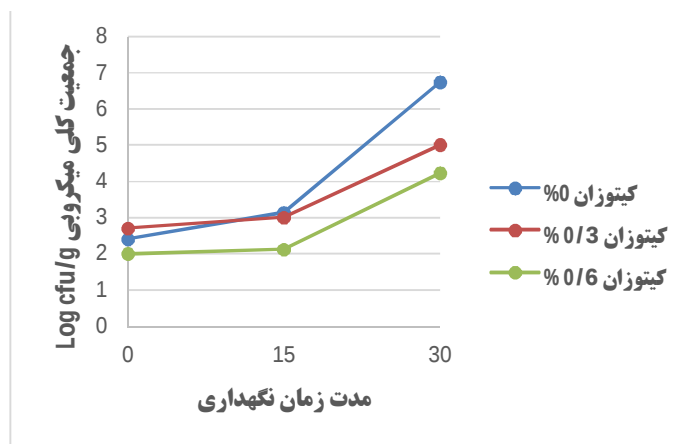
بر اساس نتایج آماری به‌دست آمده از آنالیز واریانس، کیتوزان، مدت زمان نگهداری و اثرات متقابل آن‌ها بر روی بار میکروبی معنی‌دار بود در حالی که اثر نشاسته سیب‌زمینی معنی‌دار نبود ($P < 0/05$). نتایج نشان داد که با افزودن کیتوزان شدت رشد و تکثیر میکروارگانیسم‌ها کاهش

کیتوزان نسبت به نمونه شاهد تقریباً به میزان $1 \log \text{cfu} / \text{g}$ کمتر بود. بسیاری از دانشمندان بر این عقیده‌اند که کیتوزان از رشد اغلب باکتری‌ها جلوگیری می‌کند، اگرچه اثرات پیشگیری آن با وزن مولکولی کیتوزان و به‌خصوص گونه باکتریایی تغییر می‌کند. Kurita و همکاران (1991) و Synowiecki و همکاران (2003) علت خاصیت ضد میکروبی کیتوزان را ممانعت از رسیدن مواد غذایی نظیر مواد آمینی به غشای سلولی باکتری عنوان نموده‌اند. Helander (2001) بر خاصیت آنیونی و کاتیونی بین قند کیتوزان و پوشش باکتریایی اشاره نمود که این خاصیت باعث از بین رفتن غشا میکروبی می‌شود.

میکروارگانسیم‌های بی‌هوازی اختیاری و میکروآئروفیلیک هستند که در بسته‌بندی‌های وکیوم به رشد خود ادامه می‌دهند و از طریق تنفس بی‌هوازی منجر به تولید متابولیت‌های مانند اسید می‌گردد (Lynn et al, 2010). Lin و همکاران (2001) ویژگی‌های فیزیوشیمیایی و میکروبیولوژی یک نوع سوسیس چینی حاوی 1% کیتوزان را بررسی کردند. این مطالعه نشان داد که کلیه نمونه‌ها دارای بار میکروبی کمتری نسبت به نمونه شاهد بودند. Soultos و همکاران (2008) اثر کیتوزان (0/5 و 1 درصد) را بر خواص میکروبی سوسیس گوشت خوک طی 28 روز ماندگاری در دمای 4 درجه سانتی‌گراد بررسی نموده و گزارش کردند که شمارش اسیدلاکتیک باکتری‌ها در نمونه‌های 0/5 و 1 درصد



شکل 2- تاثیر غلظت‌های مختلف کیتوزان روی جمعیت کلی میکروبی نمونه‌های ژامبون گوشت مرغ در طول مدت زمان نگهداری



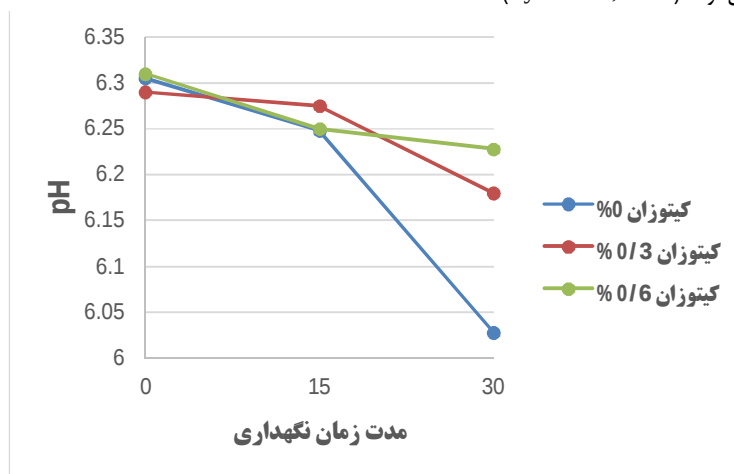
شکل 3- تاثیر غلظت‌های مختلف کیتوزان روی جمعیت کلی میکروبی نمونه‌های ژامبون گوشت گاو در طول مدت زمان نگهداری

افزایش مدت زمان نگهداری، pH روند کاهشی داشته است در حالی که کیتوزان باعث روند صعودی در pH نمونه‌ها شد (شکل 4 و 5). در فراورده‌های گوشتی پاستوریزه گونه‌های ترمودوریک میکروارگانسیم‌ها به‌خصوص اسیدلاکتیک باکتری‌ها در بسته‌بندی‌های

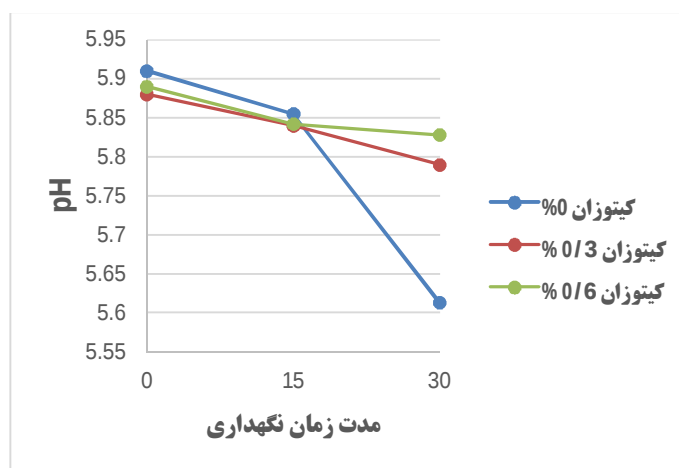
بررسی اثر متغیرها بر روی pH

بر اساس نتایج آنالیز واریانس اثر مدت زمان نگهداری، کیتوزان و اثرات متقابل آنها بر روی pH معنی‌دار بود در حالی که اثر نشاسته سیب‌زمینی معنی‌دار نبود ($P < 0/05$). نتایج مقایسه میانگین نشان داد با

و کیوم به رشد خود ادامه می‌دهند و از طریق تنفس بی‌هوازی منجر به تولید متابولیت‌های مانند اسید می‌گردد (Lynn et al, 2010).



شکل 4- تاثیر غلظت‌های مختلف کیتوزان روی pH نمونه‌های ژامبون گوشت مرغ در طول مدت زمان نگهداری



شکل 5- تاثیر غلظت‌های مختلف کیتوزان روی pH نمونه‌های ژامبون گوشت گاو در طول مدت زمان نگهداری

Samelis و همکاران (2000) ارتباط خوبی میان فلور میکروبی عامل فساد و کاهش pH در محصولات گوشتی پخته شده مختلف نگهداری شده در دمای 4 درجه سانتی‌گراد پیدا کردند. با افزایش درصد کیتوزان در فرمولاسیون نمونه‌ها، پارامتر pH به شکل قابل توجهی افزایش یافت. این روند افزایش به‌خصوص با گذشت مدت زمان نگهداری مشخص‌تر است. این اثر کیتوزان روی pH حاصل نتایج ضد میکروبی آن است که این اثر در بخش آنالیز میکروبی کاملاً شرح داده شده است. اثر ضد میکروبی کیتوزان به‌خصوص روی گروه اسیدلاکتیک باکتری‌ها شدید می‌باشد. بر طبق تحقیقات Jeon و همکاران (2001) اسیدلاکتیک باکتری‌ها به‌طور کامل توسط کیتوزان از بین رفتند. به دلیل اثر بازدارندگی کیتوزان روی رشد و تکثیر

برخی از این اسیدلاکتیک باکتری‌ها باعث فساد ترشیدگی فرآورده‌های سوسیس و کالباس می‌گردند (Jackson et al, 2001). کاهش pH فرآورده‌های گوشتی طی دوره نگهداری ناشی از رشد اسیدلاکتیک باکتری‌ها توسط Lynn و همکاران (2010)، Choi و همکاران (2003) و Devatkal و همکاران (2004) مورد تایید قرار گرفته است. همچنین Blixt و همکاران (2002) گزارش کردند که با افزایش فساد در بسته‌های و کیوم گوشت خوک و گوساله pH کاهش پیدا کرد. با تولید اسید توسط اسیدلاکتیک باکتری‌ها pH فرآورده گوشتی کاهش می‌یابد و باعث نزدیک‌تر شدن pH فرآورده به pH ایزوالکتریک پروتئین‌های گوشت می‌شوند (Finer, 2006; Tarte et al, 2009).

اسیدلاکتیک باکترها، این میکروارگانیسم‌ها نتوانسته‌اند با سرعت بالا (مانند نمونه‌های بدون کیتوزان) رشد و تکثیر کنند تا در ادامه اسید تولید کنند و pH فرآورده نمونه‌ها را کاهش دهند. اثر کیتوزان روی تغییرات pH به خصوص بعد از 2 ماه ماندگاری کاملاً مشهود است. عدم احساس عطر و بوی ترشیدگی در محصول نهایی می‌تواند تاثیر مثبتی و فاحشی در پذیرش محصولات و کیوم بعد از 15 روز داشته باشند.

بررسی اثر کیتوزان روی آب اندازی

طبق نتایج آنالیز واریانس اثر هر سه متغیر کیتوزان، نشاسته سیب‌زمینی و مدت زمان نگهداری بر روی آب‌اندازی هر دو نوع ژامبون معنی‌دار بود ($P < 0/05$) (جدول 3).

جدول 3- نتایج مقایسه میانگین تأثیر نشاسته سیب‌زمینی، کیتوزان و مدت زمان نگهداری بر میزان آب‌اندازی ژامبون‌ها

ردیف	نشاسته سیب‌زمینی	کیتوزان	مدت زمان نگهداری	میزان آب‌اندازی	
				ژامبون گوشت گاو	ژامبون گوشت مرغ
1	0	0	0	1/220 ^{bcd±0/1}	1/280 ^{ab±0/05}
2	0	0	15	1/785 ^{ab±0/15}	1/815 ^{ab±0/2}
3	0	0	30	1/960 ^{bcd±0/22}	1/940 ^{a±0/3}
4	0	0/3	0	1/155 ^{bcd±0/25}	1/215 ^{b±0/25}
5	0	0/3	15	1/730 ^{abc±0/32}	1/760 ^{ab±0/1}
6	0	0/3	30	1/755 ^{abc±0/18}	1/765 ^{ab±0/18}
7	0	0/6	0	1/130 ^{bcd±0/11}	1/19 ^{b±0/08}
8	0	0/6	15	1/445 ^{abcd±0/2}	1/475 ^{ab±0/11}
9	0	0/6	30	1/660 ^{abcd±0/21}	1/670 ^{ab±0/22}
10	5	0	0	1/275 ^{bcd±0/3}	1/335 ^{ab±0/2}
11	5	0	15	1/755 ^{abc±0/22}	1/785 ^{ab±0/12}
12	5	0	30	1/615 ^{abcd±0/1}	1/625 ^{ab±0/15}
13	5	0/3	0	1/245 ^{bcd±0/08}	1/305 ^{ab±0/17}
14	5	0/3	15	1/365 ^{abcd±0/05}	1/395 ^{ab±0/28}
15	5	0/3	30	1/520 ^{abcd±0/1}	1/530 ^{ab±0/3}
16	5	0/6	0	1/095 ^{cd±0/3}	1/155 ^{b±0/25}
17	5	0/6	15	1/265 ^{bcd±0/23}	1/345 ^{ab±0/11}
18	5	0/6	30	1/495 ^{abcd±0/11}	1/505 ^{ab±0/14}
19	10	0	0	1/240 ^{bcd±0/18}	1/25 ^{ab±0/08}
20	10	0	15	1/530 ^{abcd±0/15}	1/560 ^{ab±0/15}
21	10	0	30	1/550 ^{abcd±0/05}	1/560 ^{ab±0/12}
22	10	0/3	0	1/140 ^{bcd±0/1}	1/200 ^{b±0/1}
23	10	0/3	15	1/305 ^{abcd±0/21}	1/310 ^{ab±0/2}
24	10	0/3	30	1/490 ^{abcd±0/1}	1/500 ^{ab±0/25}
25	10	0/6	0	1/050 ^{d±0/13}	1/11 ^{b±0/1}
26	10	0/6	15	1/195 ^{bcd±0/06}	1/225 ^{ab±0/15}
27	10	0/6	30	1/390 ^{abcd±0/17}	1/300 ^{ab±0/2}

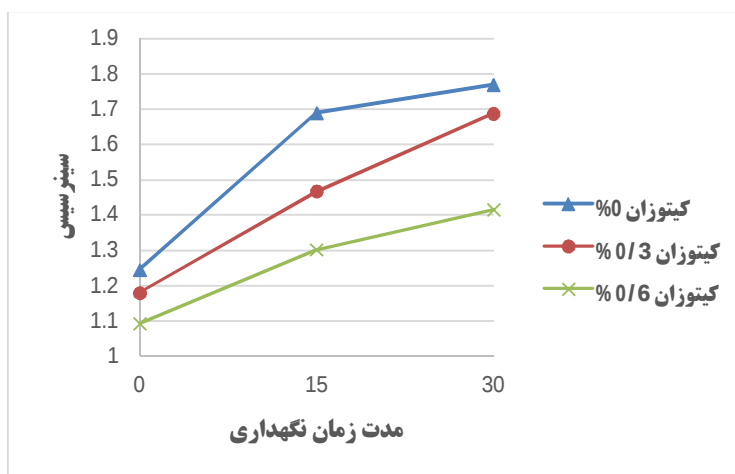
نتایج نشان داد با افزایش میزان کیتوزان در فرمولاسیون، آب‌اندازی به شکل معنی‌داری کاهش می‌یابد (شکل 6 و 7). کاهش آب‌اندازی نمونه‌ها در اثر کیتوزان به دو دلیل می‌تواند باشد. اول اینکه کیتوزان

یک پلی‌ساکارید کاتیونیک دارای گروه‌های قطبی جاذب آب می‌باشد. این ساختار پلی‌ساکاریدی دارای ویژگی‌های عملکردی از جمله خاصیت

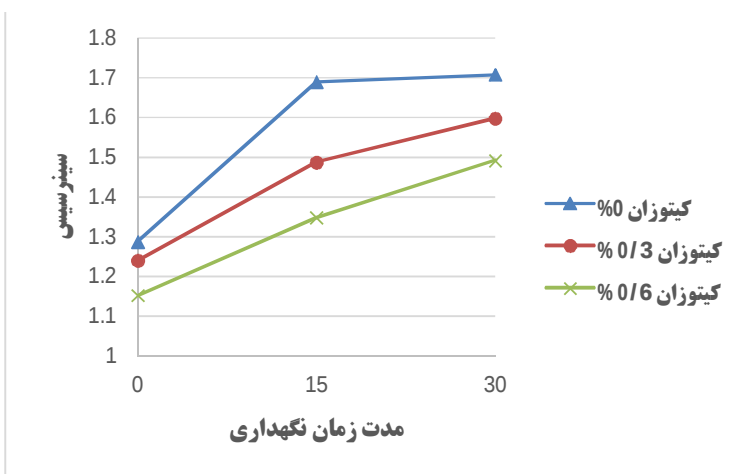
بین بارهای غیرهم‌نام تعادل ایجاد می‌گردد که نهایتاً باعث نزدیک شدن پروتئین‌های گوشت به یکدیگر و به حداقل رسیدن ظرفیت نگهداری آب گوشت یا فرآورده گوشتی می‌گردد. لذا همین موضوع باعث پتانسیلی مثبت در خروج آب از فرآورده گوشتی و افزایش آب‌اندازی در بسته‌بندی آن می‌شود. (Tarte et al, 2009; Finer, 2006). احتمالاً کیتوزان به دلیل بازدارندگی روی اسیدلاکتیک باکتری‌ها، مانع کاهش pH و نزدیک شدن آن به pH ایزوالکتریک می‌گردد. با افزایش غلظت کیتوزان این ممانعت بیشتر شده در نتیجه در غلظت‌های بالای کیتوزان ظرفیت نگهداری آب بالاتری در نمونه‌ها مشاهده می‌گردد.

قوام‌دهندگی و افزایش ویسکوزیته ناشی از جذب آب در سیستم‌های غذایی است (Dutta et al, 2009; Shahidi et al, 2005).

همانطور که پیش‌تر اشاره شد اسیدلاکتیک باکتری‌ها در طول مدت زمان نگهداری فرآورده‌های گوشتی، با تولید اسید باعث کاهش pH این فرآورده‌ها می‌شوند. در نتیجه باعث نزدیک‌تر شدن pH فرآورده به pH ایزوالکتریک پروتئین‌های گوشت می‌شوند. ظرفیت نگهداری آب گوشت و فرآورده‌های گوشتی به شدت تحت تأثیر pH و یون‌های نمک‌هایی مانند NaCl قرار دارد. کاهش pH فرآورده گوشتی باعث نزدیک شدن pH به pH ایزوالکتریک می‌گردد. در pH ایزوالکتریک



شکل 6- تأثیر غلظت‌های مختلف کیتوزان روی آب‌اندازی نمونه‌های ژامبون گوشت گاو در طول مدت زمان نگهداری



شکل 7- تأثیر غلظت‌های مختلف کیتوزان روی آب‌اندازی نمونه‌های ژامبون گوشت مرغ در طول مدت زمان نگهداری

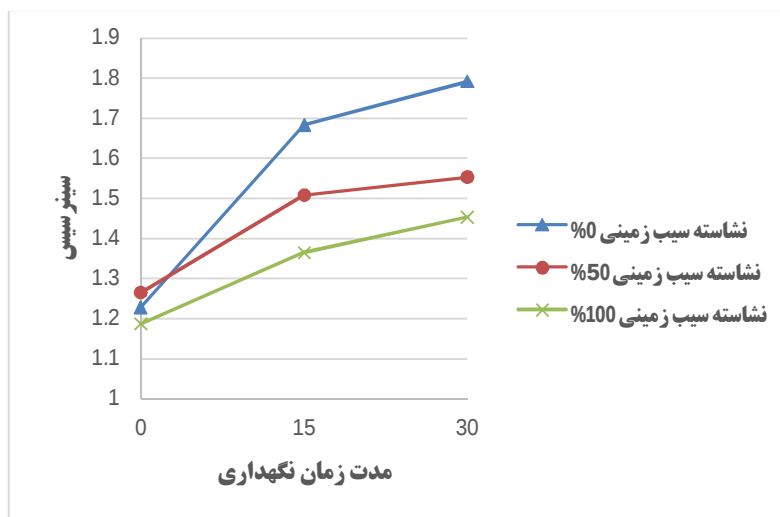
سیب‌زمینی به جای نشاسته گندم در فرمولاسیون میزان آب‌اندازی نمونه‌ها به‌نحو معنی‌داری کاهش یافت (شکل 7 و 8). این نتیجه را می‌توان از دو منظر یکی دمای ژلاتینه شدن نشاسته و دوم سرعت

بررسی اثر نشاسته سیب‌زمینی روی آب‌اندازی

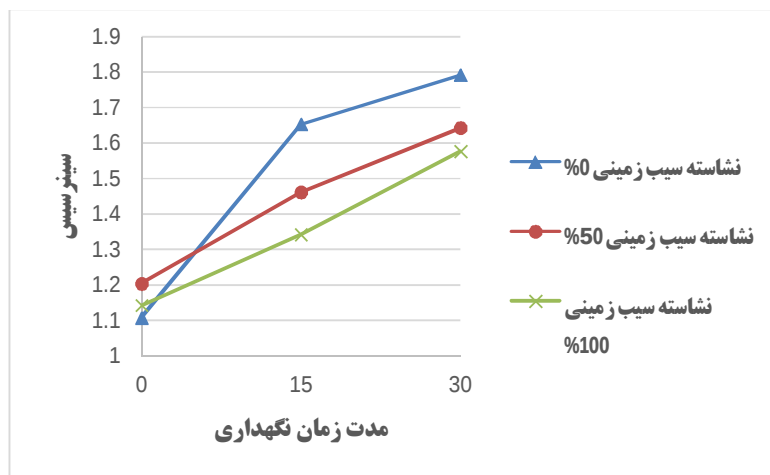
طبق نتایج آنالیز واریانس اثر نشاسته بر روی آب‌اندازی هر دو نوع ژامبون معنی‌دار بود ($P < 0/05$) (جدول 3). با افزایش جایگزینی نشاسته

این است دمای ژلاتیناسیون آن منطبق با دمای دناتوراسیون پروتئین‌های گوشت می‌باشد. در واقع هنگام پخت و پاستوریزاسیون فراوده‌های گوشتی، همزمان با اینکه پروتئین‌های میوفیبریلی (میوزین و اکتین) دناتوره شده و بیشترین آب خود را از دست می‌دهند، نشاسته سیب‌زمینی شروع به ژلاتینه شدن می‌نماید و آب آزاد شده ناشی از دناتوراسیون پروتئین‌ها را جذب می‌نماید. اما این موضوع در مورد نشاسته گندم صدق نمی‌کند.

پسگرایی و بیات شدن (رتروگراداسیون³) مورد بحث قرار داد. نشاسته گندم به دلیل آمیلوز بیشتر، گرانول کوچکتر و ساختار منسجم‌تر دمای ژلاتیناسیون بالاتری دارد. در حالی که نشاسته سیب‌زمینی آمیلوز کمتر و گرانول‌های بزرگتری دارد و همچنین دارای استرفسفات در درون گرانول خود می‌باشد که باعث ضعیف کردن باند یا زنجیر آن می‌شود. مجموع این عوامل منجر به این موضوع می‌گردد که انرژی کمتری برای ژلاتینه شدن نیاز داشته باشد. مهمترین مزیت نشاسته سیب‌زمینی



شکل 7- تاثیر غلظت‌های مختلف نشاسته سیب‌زمینی روی آب‌اندازی نمونه‌های ژامبون گوشت مرغ در طول مدت زمان نگهداری



شکل 8- تاثیر غلظت‌های مختلف نشاسته سیب‌زمینی روی آب‌اندازی نمونه‌های ژامبون گوشت گاو در طول مدت زمان نگهداری

و ایجاد حالت ژلی می‌گردد (Tornberg, 2005). ژلاتیناسیون نشاسته سیب‌زمینی در دمای 56 تا 69 درجه سانتی‌گراد اتفاق می‌افتد

حین پخت و در دمای بالاتر از 50 درجه سانتی‌گراد، پروتئین‌های میوفیبریلی دچار تغییرات ساختاری می‌شوند که منجر به تشکیل شبکه

(Collado et al, 2003). پیش از اینکه میوزین شبکه اصلی ژل را فرم دهی کند، نشاسته فضاهای خالی و بینابینی شبکه ژلی ماهیچه را پر می کند و از این طریق روی اتصال آب و خصوصیات بافتی اثرگذاری خواهد کرد (Foegeding, 1988).

این موضوع بسیار اهمیت دارد که آباندازی و تراوش آب یکی از اصلی ترین نتایج رتروگراداسیون در فراورده های گوشتی حاوی نشاسته است. چرا که نگهداری این فراورده در دمای یخچال (صفر الی 5 درجه سانتی گراد) فرصت بسیار مناسبی را برای پدیده رتوگراداسیون فراهم می کند. وجود و مشاهده آب آزاد در بسته بندی تحت خلأ برش های فراورده های گوشتی از واضح ترین اثرات منفی رتوگراداسیون نشاسته می باشد. نشاسته های دارای آمیلوز بیشتر و بلندتر زودتر دچار رتوگراداسیون می شوند و این پس گرایی باعث بهم پیوستن رشته های خطی به یکدیگر و آزاد کردن آب در طی نگهداری می شود. زمانی که یک فراورده گوشتی حاوی نشاسته با آمیلوز بالا سرد می شود (به خصوص وقتی به آرامی سرد شوند) رشته های خطی آمیلوز مجدد به یکدیگر می پیوندند و باندهای هیدروژنی بین آنها ایجاد می شود که آنها را نامحلول می سازد. این پس گرایی باعث خروج آب از ژل می گردد. نشاسته های دارای آمیلوکتین بیشتر، با سرعت کمتری دچار رتوگراداسیون می شوند. اما بافت حاصل از ژل آنها نرم تر و الاستیک می باشد. از جمله این نشاسته ها می توان به نشاسته سیب زمینی، تاپوکا و ذرت مومی اشاره کرد که آباندازی کمتری در طول مدت زمان نگهداری دارند. این ویژگی به خصوص در مورد پایداری محصول طی فرآیند انجماد- انجمادزایی بسیار حائز اهمیت است (Finer, 2006). نتایج تحقیقات متعددی کاهش آباندازی و افزایش ظرفیت نگهداری آب و بهبود بازده پخت ناشی از افزودن نشاسته سیب زمینی را مورد تایید قرار می دهند (Pietrasik, 1999; Carballo et al, 1996; Yang et al, 1995).

در تحقیقی، اثر سینرژیستی و برهمکنش بین نشاسته سیب زمینی، صمغ لوبیای لوکاست و کاراگینان در فراورده های گوشتی رژیمی (با سطح چربی و نمک کم) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آنها اثر قابل توجه این سه افزودنی در محبوس کردن و حفظ آب آزاد و همچنین کاهش آباندازی در فراورده گوشتی رژیمی را نشان داد. برخی از صمغ های پلی ساکاریدی مانند صمغ لوبیای لوکاست باعث افزایش ظرفیت نگهداری آب و کاهش آباندازی فراورده های گوشتی می گردند به خصوص اگر به صورت ترکیبی با کاپاکاراگینان مورد استفاده قرار گیرند (Oakenfull et al, 2000).

بررسی اثر نوع بسته بندی تحت خلأ روی آباندازی

طبق آنالیز واریانس اثر نوع بسته بندی و میزان خلأ آن روی آباندازی هر دو نوع ژامبون معنی دار بود (جدول 4) ($P < 0/05$). نتایج

نشان داد که بسته بندی های Skin به نحو معنی داری میزان آباندازی کمتری نسبت به بسته بندی های تحت خلأ ساده دارد. این نتیجه می تواند به دو دلیل باشد یکی چروکیدگی محصول درون بسته بندی و دیگری میزان تماس فیلم بسته بندی و سطح فراورده است. جنس فیلم بسته بندی تحت خلأ ساده از نوع پلی اتیلن و پلی آمید است. این مواد قابل کشش نیستند و سبب چروکیدگی در محصول و خروج آب آزاد می شوند (HumpHreys, 1996). در حالی که در بسته بندی های Skin از فیلم های انعطاف پذیر استفاده می شود که قابلیت کشش پذیری بالا و تحمل فرایند حرارتی را دارند. در واقع فیلم قبل از پوشاندن محصول، در اثر حرارت نرم و منعطف می شود و باعث تخریب یا چروکیدگی محصول نمی گردد (HumpHreys, 1996).

از طرفی کارایی بسته بندی تحت خلأ شدیداً به تماس بین فیلم بسته بندی و سطح فراورده بستگی دارد زیرا فضاهای خالی در بسته، هم پتانسیل خروج آب آزاد و بروز آباندازی را افزایش می دهند و هم باعث نفوذپذیری بیشتر گاز به بسته بندی طی انبارداری می گردند (Stiles, 1990). در بسته بندی های تحت خلأ ساده به دلیل کشش پذیری کم فیلم، فضای خالی بیشتری وجود دارد. اما در بسته بندی Skin، فیلم مورد استفاده انعطاف پذیری بالایی دارد و هنگام دوخت، تا جایی که ممکن است کشیده می شود و هر جایی که در تماس با فراورده گوشتی و لایه زیرین است را درزبندی می کند (Piergovanni et al, 2010). لذا فضای خالی بسیار کمتری در بسته بندی Skin نسبت به بسته بندی تحت خلأ ساده وجود دارد و آباندازی کمتری در این نوع بسته بندی رخ می دهد.

بررسی اثر فشار خلأ بسته بندی روی آباندازی

طبق نتایج آنالیز واریانس میزان فشار خلأ روی میزان آباندازی معنی دار بود (جدول 7 و 8) به گونه ای که با افزایش فشار خلأ، میزان آباندازی افزایش یافت (شکل 7). هرچه فشار منفی داخل بسته بندی بیشتر باشد، فشار مکانیکی ناشی از فیلم بسته بندی روی محصول بیشتر می شود. در واقع در خلأ بیشتر فیلم دو طرف بسته بندی، محصول درون بسته را تحت فشار مکانیکی قرار داده و باعث خروج آب آزاد بیشتری از محصول می گردند. این موضوع به خصوص در مورد پوشش هایی که قابلیت کشش کمتری دارند بیشتر رخ می دهد. بسته بندی تحت خلأ برای فراورده های گوشتی که به فشار حساس هستند، بسیار نامناسب تشخیص داده شده است زیرا زمانی که این محصولات در خلأ بسته بندی می شوند، در اثر فشار فیلم های بسته بندی از دو طرف، هم باعث آسیب به بافت محصول شده و هم باعث خروج آب آزاد از محصول می گردد (Finer, 2006; Zagory, 1997).

جدول 9- تأثیر نوع بسته‌بندی، میزان خلاء و مدت زمان نگهداری بر میزان آب‌اندازی ژامبون‌ها

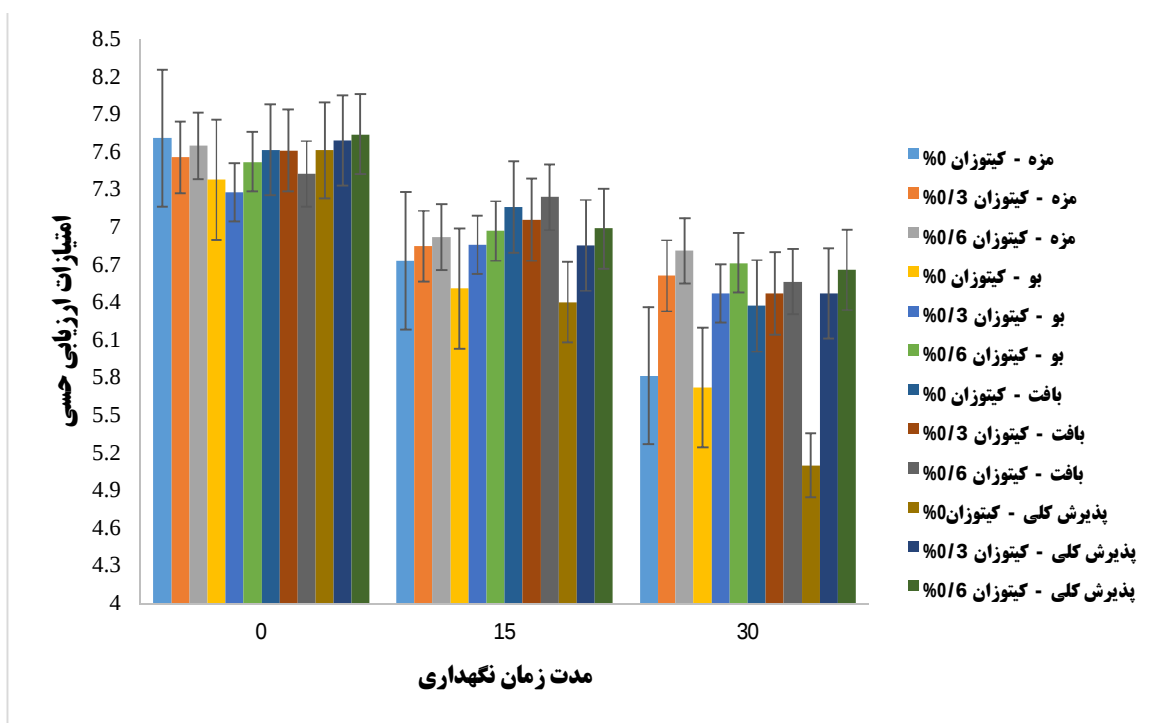
ردیف	نوع بسته‌بندی	میزان خلاء	مدت زمان نگهداری	میزان آب‌اندازی ژامبون	ژامبون مرغ
1	Skin	5	0	0/9482 ^g ±0/11	1/280 ^{ab} ±0/12
2	Skin	5	15	1/4451 ^{defg} ±0/15	1/815 ^{ab} ±0/1
3	Skin	5	30	2/3261 ^{abc} ±0/1	1/940 ^a ±0/2
4	Skin	30	0	0/9344 ^g ±0/2	1/215 ^b ±0/32
5	Skin	30	15	1/392 ^{efg} ±0/18	1/760 ^{ab} ±0/15
6	Skin	30	30	2/1087 ^{ab} ±0/09	1/765 ^{ab} ±0/1
7	تحت خلاء ساده	5	0	1/2819 ^{efg} ±0/05	1/19 ^b ±0/08
8	تحت خلاء ساده	5	15	1/8998 ^{cde} ±0/22	1/475 ^{ab} ±0/1
9	تحت خلاء ساده	5	30	2/9384 ^a ±0/25	1/670 ^{ab} ±0/07
10	تحت خلاء ساده	30	0	1/1954 ^{fg} ±0/1	1/335 ^{ab} ±0/18
11	تحت خلاء ساده	30	15	1/7103 ^{cdef} ±0/15	1/785 ^{ab} ±0/25
12	تحت خلاء ساده	30	30	2/6678 ^{bcd} ±0/14	1/625 ^{ab} ±0/05

آنالیز حسی

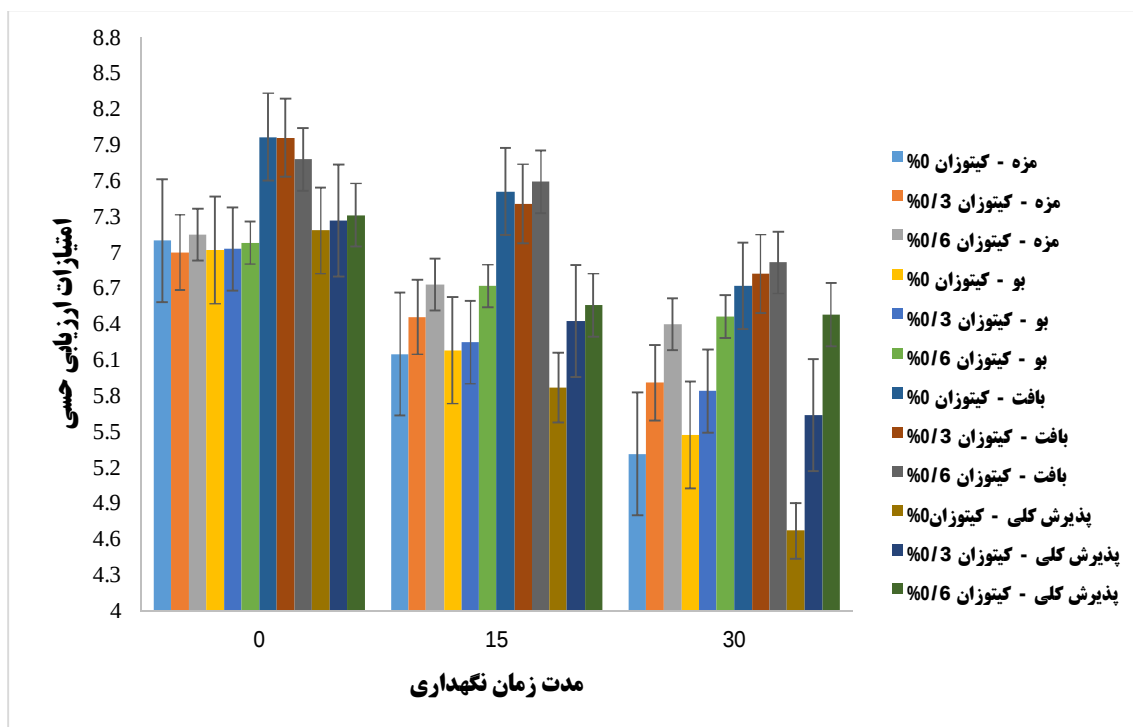
بر اساس نتایج به‌دست آمده اثر کیتوزان، مدت زمان نگهداری و اثرات متقابل آنها بر روی تمامی پارامترهای حسی مزه، بو و پذیرش کلی معنی‌دار بود در حالی که روی رنگ و بافت اثر معنی‌داری نداشتند. همچنین اثر نشاسته سیب‌زمینی بر روی هیچ یک از پارامترهای حسی معنی‌دار نبود. همانطور که در شکل 9 مشاهده می‌گردد با افزایش مدت زمان نگهداری تمامی پارامترهای حسی به شکل معنی‌داری کاهش یافت اما پارامتر رنگ روند مشخصی نداشت. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش مدت زمان نگهداری امتیازات طعم، مزه و پذیرش کلی محصول به‌طور قابل توجهی کاهش یافت. مهم‌ترین دلیل برای توجیح این روند نزولی را می‌توان به رشد و تکثیر میکروارگانیسم‌ها اختصاص داد. بسته‌بندی‌های وکیوم فرآورده‌های گوشتی فلور میکروبی متنوعی دارند که اسیدلاکتیک باکتری‌ها فلور میکروبی غالب را تشکیل می‌دهند. تولید ترکیبات سولفور ناشی از تجزیه اسیدآمینه‌ها و همچنین تولید اسیدهای نامطلوب طی تنفس بی‌هوازی اختیاری از جمله اثر منفی قدرتمند اسیدلاکتیک باکتری‌ها روی کاهش ویژگی‌های حسی فرآورده گوشتی طی مدت زمان نگهداری می‌باشد (Finer, 2006). بر اساس نتایج آماری به‌دست آمده از آنالیز واریانس از نقطه نظر امتیاز طعم با افزایش مدت زمان نگهداری از روز اول به روز سی‌ام امتیاز به‌طور معنی‌داری از 7/6 به 6/5 کاهش یافت. طبق نتایج مقایسه میانگین نمونه‌ها در روز اول نگهداری پذیرش بافت بهتری داشتند. در این خصوص می‌توان به تأثیر منفی رتوگرا داسیون نشاسته در روزهای 15 و 30 بعد از تولید اشاره نمود. رتوگرا داسیون نشاسته به‌خصوص در مورد

نمونه‌های دارای نشاسته گندم بیشتر سیر نزولی چشمگیری بر روی بافت داشته است.

طبق نتایج به‌دست آمده در نمونه‌های مختلف تولیدی بعد از یک روز نگهداری، از نقطه نظر امتیاز بافت، بو، طعم، رنگ و پذیرش هیچ تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌های بدون کیتوزان و نمونه‌های دارای 0/3 و 0/6 درصد کیتوزان مشاهده نشد که این نتیجه نتایج ارزیابی حسی که گارسیا و همکاران (2010) در مورد سوسیس گوشت خوک انجام دادند مطابقت داشت. آن‌ها گزارش کردند که اضافه شدن کیتوزان (1 درصد) تغییری در بافت، طعم، رنگ و پذیرش کلی محصول ایجاد نشد. اما در بازه‌های زمانی یک‌ساز 15 و 30 روز، پنلیست‌ها به نمونه‌های دارای کیتوزان بیشتر امتیازات بیشتری اختصاص دادند. این اثر کیتوزان به دلیل ممانعت از رشد اسید لاکتیک باکتری‌ها می‌باشد که مانع از تولید ترکیبات آمینی، سولفوری و اسیدهای نامطلوب در اسلایس‌های ژامبون مرغ بسته‌بندی شده تحت خلاء می‌گردد. آنالیز pH و آنالیز میکروبی مؤید این مطلب می‌باشند. از سوی دیگر کاهش آب‌اندازی محصول درون پوشش از جمله دلایل مهم در افزایش پذیرش نمونه‌های حاوی سطوح بالای نشاسته سیب‌زمینی و کیتوزان می‌باشد. بستان و ماهان (2013) گزارش کردند که با اضافه شدن کیتوزان (0/25، 0/5 و 1 درصد) در سوسیس وکیوم پنلیست‌ها هیچ تغییر نا مطلوبی در تیمارها از لحاظ رنگ، بو، طعم به‌وجود نیامد. همچنین ایشان یافتند با وجود اینکه نمونه شاهد در روز 20 دارای بو و طعم ترشیدگی، بی‌رنگی، تشکیل سطح چسبنده و تجمع مایع در بسته شد اما در تیمارهای دارای کیتوزان حتی بعد از 60 روز نگهداری این علائم به شکل معنی‌داری کمتر بود.



شکل 9- تاثیر غلظت‌های مختلف کیتوزان روی آب‌اندازی نمونه‌های ژامبون گوشت مرغ در طول مدت زمان نگهداری



شکل 9- تاثیر غلظت‌های مختلف کیتوزان روی آب‌اندازی نمونه‌های ژامبون گوشت گاو در طول مدت زمان نگهداری

نتیجه‌گیری

هدف از این پژوهش بررسی تاثیر نشاسته سیب‌زمینی به‌جای نشاسته گندم، سطوح مختلف کیتوزان بر روی جمعیت آب‌اندازی، جمعیت میکروبی، pH و ارزیابی حسی ژامبون گوشت گاو و گوشت مرغ در طول مدت زمان نگهداری بود. در ادامه اثر نوع بسته‌بندی و میزان خلاء بسته‌بندی بر روی میزان آب‌اندازی بررسی گردید. نتایج نشان داد که در طول مدت زمان نگهداری به دلیل افزایش جمعیت میکروبی، pH فراورده کاهش یافت. در ادامه کاهش pH و رتوگرا داسیون نشاسته باعث ایجاد آب‌اندازی و کاهش پارامترهای حسی نمونه‌ها در طول مدت زمان نگهداری گردید. نتایج نشان داد نشاسته سیب‌زمینی اصلاح شده به دلیل ویژگی‌های جذب آب بیشتر و

رتوگرا داسیون کندتر و کمتر نسبت به نشاسته گندم توانست تاثیرات مثبت معنی‌دار و به‌سزایی در بهبود آب‌اندازی بسته‌های وکیوم ژامبون مرغ داشته باشد. آنالیز حسی نشان داد که نمونه‌های دارای نشاسته سیب‌زمینی بالاتر پذیرش بافت بالاتری نسبت به سایر نمونه‌ها دارند. طبق آنالیز میکروبی، کیتوزان اثر بازدارندگی معنی‌داری روی جمعیت میکروارگانیس‌ها داشت و جلوگیری از کاهش pH در سطوح بالاتر کیتوزان همین نتیجه بود. به همین دلیل کیتوزان باعث کاهش آب‌اندازی و بهبود پارامترهای حسی گردید. همچنین نتایج نشان داد که آب‌اندازی ژامبون‌ها تحت تاثیر نوع بسته‌بندی و میزان خلاء نیز قرار دارد به‌گونه‌ای که بسته‌بندی Skin نسبت به بسته‌بندی‌های تحت خلاء ساده میزان آب‌اندازی کمتری از خود نشان دادند و با افزایش میزان خلاء بسته‌بندی، میزان آب‌اندازی افزایش معنی‌داری داشت.

منابع

- احتیاطی، ا. شهیدی، ف. کوچکی، آ. رضوی، س. م. ع. مجذوبی، م. 1396. بررسی ویژگی‌های ساختاری، ریخت‌شناسی، ساختمانی و حرارتی نشاسته سورگوم سفید. مجله پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، شماره 2، جلد 13، ص. 393-404.
- اعتمادیان، ی. شعبانپور، ب. صادقی ماهونک، ع. شعبانی، ع. یحیایی، ی. م. دوردینی، خ. 1390. اثر بسته‌بندی تحت خلاء بر ویژگی‌های شیمیایی، میکروبی و حسی فیله‌های ماهی سفید (*kutum frisii Rutilus*) نگهداری شده در یخ. مجله پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، شماره 4، جلد 7، ص. 298-304.
- آزادبخت، ا. مقصودلو، ی. خمیری، م. کشیری، م. 1396. ارزیابی خواص ضداکتریایی فیلم زیست‌فعال کیتوزان حاوی اسانس اکالیپتوس گلوبولوس. مجله پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، شماره 5، جلد 13، ص. 784-797.
- خدری، ف. خدانظری، ا. 1395. تاثیر ترکیبی بسته‌بندی تحت خلاء و عصاره چای سبز بر تغییرات کیفی ماهی قباد (*Scomberomorus guttatus*) طی نگهداری در یخچال. مجله پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، شماره 5، جلد 12، ص. 542-533.
- شهدادی ساردو، ع. صداقت، ن. تقی زاده، م. میلانی، ا. 1396. تاثیر بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح‌شده و پوشش خوراکی کیتوزان بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی خیار گلخانه‌ای رویال طی دوره نگهداری. مجله پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، شماره 2، جلد 13، ص. 363-378.
- علی زاده، و. برزگر، ح. ناصحی، ب. سمواتی، و. 1396. ارزیابی خواص فیزیکی و ضد میکروبی فیلم خوراکی کیتوزان حاوی اسانس صمغ بنه. مجله پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، شماره 4، جلد 13، ص. 593-584.
- فرخنده، ا. حسینی، س. ا. 1396. تأثیر نایسین ریزپوشانی شده و پودر تفاله گوجه‌فرنگی به عنوان جایگزین نیتريت بر برخی ویژگی‌های شیمیایی، میکروبی و حسی سوسیس. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران. شماره 1، جلد 12، ص. 79-88.
- محمدی، م. صیدی، م. خادمی، ا. 1396. اثر پوشش‌های سلوفان و کیتوزان بر ویژگی‌های کیفی و انبارمانی فلفل دلمه‌ای رقم "کالیفرنیا واندر". مجله پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، شماره 5، جلد 13، ص. 729-720.
- AOAC. 2000. Official methods of analysis of AOAC international (15th ed.). Washington, USA; Association of Official Analytical Chemistry.
- Blixt, Y. Borch, E. 2002. Comparison of shelf-life of vacuum-packed pork and beef. *Meat Sci*, 60: 371-378.
- Cai, C., Zhao, L., Huang, J., Chen, Y. & Wei, C., 2014, Morphology, structure and gelatinization properties of heterogeneous starch granules from high-amylose maize, *Carbohydrate Polymers*, 102, 606-614.
- Carballo, J. Fernández, P. Barreto, G. Solas, M. T. Jiménez Colmenero, F. 1996. Morphology and texture of bologna sausage as related to content of fat, starch and egg white. *Journal of Food Science*, 61, 652 – 665.
- Cesar.A.S.C; Diego.A; Molina and Kenneth. R.C. Effects of Locus Bean Gum, Kappa Carrageenan and Iota Carrageenan on the Syneresis, Texture and Some Sensory Characteristics of Cooked Ham. *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín* 66(2): 7095-7106. 2013.
- Choi, S.H. and K.B. Chin. 2003. Evaluation of sodium lactate as a replacement for conventional chemical preservatives in comminuted sausages inoculated with *Listeria*

- Collado, L.S., Corke, H. 2003. Starch properties and functionalities. In: Kaletunc, G., Bereslaur, K. J (Eds). Characterization of cereals and flours, Marcel Dekker. NY, USA, pp 473-506.
- Deda M.S, Bloukas J. G, Fista G. A. Effect of tomato paste and nitrite level on processing and quality characteristics of frankfurters. *Meat Science* 2007;76: 501-508.
- Delvalle M.M, Camara M.A, Torija E. Effect of pomace addition on tomato paste quality . *Acta Hort* 2003; 613:399-405.
- Devatkal, S., S.K. Mendiratta and N. Kondaiah. 2004. Quality characteristics of loaves from buffalo meat, liver and vegetables. *Meat Sci*, 67: 377-383.
- Dutta, PK. Tripathi, S. Mehrotra, GK. Dutta, J. 2009. Perspectives for chitosan based antimicrobial films in food applications. *Food Chemistry*, 114: 1173-1182.
- Feiner, G. 2006. Meat product handbook. Woodhead Publishing Limited: Cambridge, England.
- Foegeding, E. A. 1988. Gelation in meat batters. In 41st reciprocal meat conference proceedings. Wyoming: American Meat Science Association (pp. 44-47). Ruiz, J. 2007. Ingredients. pp. 59-76. In F. Toldra. (Ed.), Handbook of Fermented Meat and Poultry. Blackwell publishing: Australia.
- Herrero, A., de la Hoza, L., Ordóñez, J., Herranz, B., Romero de Ávila, M., & Cambero, M. 2008. Tensile properties of cooked meat sausages and their correlation with texture profile analysis (TPA) parameters and physico-chemical characteristics. *Meat Science*, 80, 690-696.
- Helander, I.M. Nurmiaho-Lassila, E.L., Ahvenainen, R., Rhoades, J. and Roller, S. 2001. Chitosan disrupts the barrier properties of the outer membrane of gram-negative bacteria. *International Journal of Food Microbiology*, 71: 235-244.
- Humphreys, P. 1996. Vacuum packaging of fresh meat – An Overview. pp. 285-295. In S. A. Taylor, A. Raimundo, M. Severini and F. J. M. Smulder (Eds), Meat Quality and Meat Packaging. Utrecht, Holland: ECCEAMST.
- Jackson, T.C., Marshall, D.L., Acuff, G.R., and Dickson, J.S. 2001. Meat, poultry, and seafood. Pp. 91-109. In: Doyle, M.P., Beuchat, L.R., and Montville, T.J. (eds), *Food Microbiology*, Fundamentals and Frontiers, 2nd edn. ASM Press, Washington, DC.
- Jeon YJ, Park PJ, Kim SK. 2001. Antimicrobial effect of chito oligosaccharides produced by bioreactor. *Carbohydr Polym*, 44:71-76.
- Joly, G. Anderstein, B. 2009. Starches. pp. 25-55. In: Tarte, R. (Ed.), Ingredient in meat product. Springer: Wisconsin, USA.
- Kanatt, S.R., Chander, R., Sharma, A. 2008. Chitosan and mint mixture: a new preservative for meat and meat products. *Food Chemistry*, 107: 845-852.
- Kurita K, Kamiya M, Nishimura SI. 1991. Solubilization of a rigid polysaccharide: controlled partial n-acetylation of chitosan to develop solubility. *Carbohydr Polym*, 16(1):83-92.
- Lin, K.W., and Chao, J.Y. 2001. Quality characteristics of reduced-fat Chinese-style sausage as related to chitosan's molecular weight. *Journal of Meat Science*, 9: 343-351.
- Lynn Knipe, C. Rust, Robert E. 2010. Thermal processing of ready-to-eat meat products. 2: 17-39.
- Mills, E. W. (1995). Nonmeat binders for use in cook-in-bag and smoked ham. *Journal of Muscle Foods*, 6, 23-35.
- Mondry, H. 1996. Packaging system for processed meat. Pp. 323-333. In S. A. Taylor, A. Raimundo, M. Severini and F. J. M. Smulder (Eds), Meat Quality and Meat Packaging. Utrecht, Holland: ECCEAMST.
- monocytogenes. *Meat Sci*, 5: 531-537.
- Multivac. Thermoforming packaging machines. Perfect vacuum skin packs (Superior Skin Packaging with the DAREFRESH System). Printed in Germany on chlorine free paper, Multivac Group Library, 15 March 2016. <https://www.multivac.com/en.html> [25. Nov 2017].
- Muthia, D., Nurul, H. and Noryati, I. 2010. The effects of tapioca, wheat, sago and potato flours on the physicochemical and sensory properties of duck sausage. *International Food Research Journal* 17: 877-884.
- Nakao, Y., Konno, A., Taguchi, T., Tawada, T., Kasai, H., Toda, J., & Terasaki, M. (1991). Curdlan: Properties and applications in foods. *Journal of Food Science*, 56, 769-772, 776.
- Oakenfull, D., Naden, J., & Paterson, J. 2000. Solvent structure and the influence of anions on the gelation of j-carrageenan and its synergistic interaction with locust bean gum. Pp. 221-228. In: P. A. Williams & G. O. Phillips (Eds.), Gums and stabilisers for the food industry-10. Cambridge: Royal Society of Chemistry.
- Pereira NR, Tarley CRT, Matsushita M, de Souza NE. 2000. Proximate composition and fatty acid profile in Brazilian poultry sausages. *J Food Compos Anal*, 13: 915-20.
- Perez, A.S.C.; Diego, A., Mahecha, H. S.; Influence of Sodium Alginate on Syneresis in Cooked Ham. *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellin* 63(1):5409-5415. 2010.
- Piergovanni, L. and S. Lombo. 2010. Food Packaging, Materiali, Technologie qualitativa degli alimenti. Springer: Milano.
- Pietrasik, Z. 1999. Effect of content of protein, fat and modified starch on binding textural characteristics, and colour of comminuted scalded sausages. *Meat Science*, 51, 17-25.

- Restrepo, D., F. Molina and K. Cabrera. 2010. Effect of the Addition of Kappa I.II Carrageenan and Tara Gum on Quality Characteristics of Cooked and Chopped Pork Hams. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellin*, 63(2): 5717-5727.
- Sampaio, G. R., Castellucci, C. M. N., Pinto Silva, M. E. M. & Torres, E. A. F. S. 2004. Effect of fat replacers on the nutritive value and acceptability of beef frankfurters. *Journal of Food Composition and Analysis*, 17, 469-474.
- Samelis, J. Kakouri, A. Rememtzis, J. 2000. Selective effect of the product type and the packaging conditions on the species of lactic acid bacteria dominating the spoilage microbial association of cooked meats at 4°C. *Food Microbiol*, 17: 329-340.
- Shahidi, F., Abuzaytoun, R. 2005. Chitin, chitosan, and co-products: chemistry, production, application, and health effects. *Advances in Food and Nutrition Research*, 49: 93- 135.
- Soriano A, Gomez L, Mariscal C, Garcia Ruiz A. 2006. Proteolysis, pHysicochemical characteristics and free fatty acid composition of dry sausages made with deer (*Cervus elapHus*) or wild boar (*Susscrofa*)meat: a preliminary study. *Food Chem*; 96(2):173-84.
- Stiles, M. E. 1990. Modified atmoSPHere packaging of meat, poultry, and their products. pp. 118-147. In M. E. Stiles. *Modified AtmoSPHere Packaging of Food*, E. Horwood: New York.
- Synowiecki, J. and Al-Khateeb, N.A. 2003. Production, properties, and some new applications of chitin and its derivatives. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 43(2): 145-171.
- Tarte, R. 2009. Meat-derived protein ingredients. pp. 145-171. In: R. Tarte. (Ed.), *Ingredient in meat product*. Springer: Wisconsin, USA.
- Tornberg, E. 2005. Effects of heat on meat proteins – Implications on structure and quality of meat products. *Meat Science*, 70: 493-508.
- Wu, Y., Rhim, J.W., Weller, C.L., Hamouz, F., Cuppett, S., and Schnepf, M. 2000. Moisture loss and lipid oxidation for precooked beef patties stored in edible coatings and films. *Journal of Food Science*, 65: 300-304.
- Xiao D. Novel Delivery Systems of Nisin to Enhance Long term Efficacy against Foodborne Pathogen *Listeria Monocytogenes* 2010;164:50-90.
- Yang, A. Trout, G.R. Shay, B. J. 1995. Evaluation of carrageenan, isolated soy protein and a modified starch in low fat-frankfurters. *Proceedings of the 41st International Congress of Meat Science and Technology*: Vol. II (pp. 436-436). Chicago:American Meat Science Association.
- Zagory, D. 1997. Modified atmoSPHere packaging. pp. 650-656. In: A. L. Brody and K.S. Marsh(Eds.), *The Wiley encyclopedia of packaging technology*. John Wiley and Sons Inc: New York.

Investigation the effect of formulation and condition of packaging on the Ham syneresis during Shelf Life

E. khazaiy pool¹, M. Piruzifard^{2*}, F.Zynali², M. Alizade khaledabadi³

Received: 2018.06.22

Accepted: 2019.09.06

Introduction: Meat and meat products are important sources of protein, fat, essential amino acids, minerals and vitamins and other nutrients. Bologna sausage, a cooked meat product, is one of the most accepted processed meat products and is consumed and enjoyed worldwide. Among the meat products, sausage and bologna in vacuum packages due to their variety, easy to use applications and being economical, have become commonplace. The most important problem with the production, storage and sale of this kind of meat products is their syneresis in the vacuum packages. In addition to an unpleasant appearance, syneresis leads to accelerating microbial growth and undesirable changes in the flavor and odor of the product.

The addition of functional ingredients helps to modify the overall technological and sensorial characteristics of a meat system such as water holding capacity (WHC), fat holding capacity, and texture properties and decrease the syneresis. Syneresis and purge are seen as a result of retrogradation of starch and this is very common in sliced and vacuum-packed meat products. Storage of meat products containing high-amylose starches, at low temperatures from around -1°C to 0°C for a prolonged time also favors retrogradation. The level of retrogradation depends on the type of starch and wheat starch demonstrating the greatest tendency towards retrogradation. Chitosan is a natural cationic polysaccharide antibacterial activity and antioxidant properties in muscle foods during storage. The aim of this study was Investigation the addition of functional ingredients such as chitosan and potato modified starch in the formulation on the amount of syneresis, pH, total microbial count and sensory evaluation in two type of products including beef ham and chicken ham were examined during storage. Then, the effect of vacuum packaging type and the amount of vacuum created in the package on the amount of syneresis were investigated.

Material and methods: In this study, first various factors such as three levels of chitosan (0, 0.3 and 0.6%) and replace the wheat starch with three levels of potato modified (0, 5 and 10%) in the formulation on the amount of syneresis, pH, total microbial count and sensory evaluation in two type of products including beef ham and chicken ham were examined during storage time (1, 15 and 30 days). In this part of study, samples with least syneresis was selected. After that various factors of packaging such as two type of vacuum packaging (simple vacuum pack and skin pack) and the amount of vacuum (5 and 30 millibars) created in the package on the amount of syneresis were examined during storage (1, 15 and 30 days). Wheat starch, potato starch and chitosan were purchased, respectively, from Faradane Company, KMC Company and Sinaseven Company. Chicken meat was purchased from Fileh Amol Company. Beef was purchased from Minerva Company of Brazil. All steps of samples' preparation were performed in the Kalleh Amol Meat company. The chicken ham samples in this study were consisted of 90% of the chicken meat and beef ham samples were consisted of 90% of beef. Vacuum packaging was done using the machines which were manufactured by the German company Multivac. Syneresis was measured using the method suggested by Cesare et al. (e 2013). Initial weight of the ham slices before vacuum packed was measured (P1); at the day of the analysis, the packaging was opened and the slices were dried with a disposable absorbent towel, then the dried ham slices were weighed again (P2). Syneresis was expressed as: $\text{Syneresis} = (P1 - P2) \times 100 / P1$. This study was conducted in a completely randomized design and Duncan multi-ranged test was used to determine differences between samples at 95% confidence level.

Results and discussion: According to the results of analysis of variance, there was no significant difference between the syneresis of beef and chicken ham. The effect of storage time was significant on the syneresis and the syneresis rate increased with increasing storage time. Also the results showed that adding chitosan and potato modified starch significantly ($p < 0.05$) reduced the product's syneresis during storage. Potato starch has more water storage capacity and more amylopectin than wheat starch. For this reason, potato starch has a weaker retrogradation and less syneresis. Chitosan is a cationic polysaccharide with water absorbing polar groups. Chitosan, also was prevented from decreasing product's pH during storage time, that this result showed antimicrobial effect of chitosan on acid lactic bacteria, especially in 15 and 30 days of storage. For that reason, chitosan prevents product's pH to reach to its isoelectric pH. According to

1, 2 and 3. Former Ph.D student, Associate Professor and Professor, Department of Food Science & Technology, Urmia University.

(*- Corresponding author Email: kh.pirouzifard@urmia.ac.i)

the sensory evaluation results, during the maintenance period, the sensory quality decreased significantly while chitosan had a significant positive effect on sensory parameters during storage time ($P<0.05$). Type of vacuum packaging and the amount of vacuum created in the package showed significant effect on the amount of samples' syneresis. Skin packaging showed less syneresis rates than simple vacuum packages. This result can be due to two reasons: one is the shrinkage of the product in the package, and the other is the amount of the film packing tangency on the surface of the products. So that by increasing the amount of vacuum, syneresis value increased significantly. Increasing the negative pressure inside the package caused increase the mechanical pressure by the packaging film on the product. In total, it can be concluded that with the addition of modified potato starch and chitosan to the formulation, as well as the use of lower-vacuum Skin packaging, the amount of syneresis of meat products can be significantly reduced.

Key words: Ham, Syneresis, Potato Modified Starch, Chitosan, Vacuum Packaging.

بررسی تأثیر فرایند هیدروترمال بر خواص رئولوژیکی بتاگلوکان یولاف

اعظم ستاری¹- جعفر محمدزاده میلانی^{2*}- زینب رفتنی امیری²- علی پاکدین پاریزی³

تاریخ دریافت: 1398/05/27

تاریخ پذیرش: 1398/07/17

چکیده

بتاگلوکان یک پلی ساکارید خطی، بدون انشعاب، غیرنشاسته‌ای و محلول در آب است که در دیواره سلولی غلات به‌ویژه یولاف وجود دارد. با توجه به تأثیر فعالیت آنزیمی بر پایداری لیپیدهای یولاف لازم است که این آنزیم‌ها در طی فرآوری یولاف غیرفعال شوند. یکی از روش‌های موجود برای غیرفعال کردن آنزیم‌ها، فرایند هیدروترمال است. در این پژوهش فرایند هیدروترمال با اتوکلاو در دماهای 110، 120 و 130 درجه سانتی‌گراد در دو زمان 10 و 20 دقیقه بر روی آرد یولاف انجام شد و بتاگلوکان استخراجی از آن به روش آبی از نظر خواص فیزیکی شیمیایی و عملکردی و نیز رئولوژیکی مورد بررسی قرار گرفت. بتاگلوکان حاصل از آرد یولاف هیدروترمال شده در 120 درجه سانتی‌گراد به مدت 10 دقیقه بالاترین حلالیت را در 25 درجه سانتی‌گراد و کمترین حلالیت را در دمای 50 درجه سانتی‌گراد و تیمار 120 درجه سانتی‌گراد به مدت 20 دقیقه بیشترین حلالیت را در 75 درجه سانتی‌گراد داشت. میزان کف‌کنندگی بتاگلوکان استخراجی از آرد یولاف هیدروترمال شده در دمای 130 درجه سانتی‌گراد به مدت 10 دقیقه، از سایر تیمارها کمتر بود و بتاگلوکان حاصل از تیمار هیدروترمال شده در دمای 110 درجه سانتی‌گراد به مدت 10 دقیقه از ثبات کف بالاتری برخوردار بود. در بررسی خصوصیات رئولوژیکی، تأثیر سرعت برشی بر میزان ویسکوزیته نشان داد که با افزایش سرعت برشی، میزان ویسکوزیته در تمامی نمونه‌ها کاهش یافت و بیشترین مقدار ویسکوزیته را بتاگلوکان حاصل از آرد یولاف هیدروترمال شده در دمای 120 درجه سانتی‌گراد به مدت 10 دقیقه داشت. در آزمون نوسانی شامل روبش دما، پارامترهای اندازه‌گیری شده شامل مدول الاستیک G' و مدول ویسکوز G'' بودند که مقدار G' و G'' در نمونه بتاگلوکان استخراجی از آرد یولاف هیدروترمال شده در تمامی نمونه‌ها کاهش یافت و نیز مدول الاستیک و ویسکوز بتاگلوکان استخراج شده از آرد هیدروترمال شده در دمای 120 درجه به مدت 10 دقیقه از سایر تیمارها بیشتر بود. در روبش فرکانس در فرکانس‌های پایین‌تر، G' از G'' بزرگتر است و هر دو با افزایش فرکانس افزایش می‌یابند و مقدار G' و G'' و η^* بتاگلوکان استخراج شده از آرد هیدروترمال شده در دمای 120 درجه به مدت 10 دقیقه از سایر تیمارها فرکانس 1 و 10 هرتر بیشتر بود.

واژه‌های کلیدی: بتاگلوکان، یولاف، فرایند هیدروترمال، خصوصیات رئولوژیکی

مقدمه

طبیعی مانند توکوفرول و فنولیک اسید و مشتقات مربوط به آن است (Mattila et al, 2005).

مقدار یولاف مصرفی انسان به علت مزایای رژیم غذایی و ارزش غذایی آن رو به افزایش است. در واقع اثرات سلامتی‌بخش یولاف، به‌خاطر مقدار کل فیبرهای رژیمی و محتوای بتاگلوکان آن است (Kerchhoffs et al, 2002).

بتاگلوکان پلی ساکاریدی است که در دیواره سلول‌های آندوسپرم و سلول‌های آلرون وجود دارد. این مولکول از بسپارهای خطی همگن تشکیل شده است که متشکل از واحدهای گلوکوپیرانوز است که توسط پیوندهای متوالی (4 و 1) به یکدیگر متصل و توسط یک پیوند (3 و 1) از یکدیگر فاصله گرفته‌اند (Liu et al, 2006). بتاگلوکان غلات

یولاف یکی از غلات سرشار از فیبرهای محلول مانند بتاگلوکان است و یک منبع خوب از پروتئین، ویتامین‌ها و مواد معدنی است (Butt et al, 2008). ساختمان شیمیایی یولاف به عوامل متعددی همچون رقم و نوع گیاه و شرایط محیطی بستگی داشته و به‌طور کلی شامل کربوهیدرات، پروتئین، چربی و خاکستر می‌باشد. کربوهیدرات ترکیب اصلی یولاف می‌باشد که بیشترین مقدار را به‌خود اختصاص می‌دهد. چربی دانه یولاف تقریباً 7 درصد است و مقدار پروتئین آن تقریباً 12-24 درصد است و همچنین حاوی پنتوتنیک اسید، فولات، کلسیم، آهن، منیزیم، پتاسیم و نیز فیبرهای رژیمی و فیبرهای محلول در آب مانند بتاگلوکان است. علاوه بر این یولاف منبع غنی از آنتی‌اکسیدان‌های

(Email: jmilany@yahoo.com
DOI: 10.22067/ifstrj.v16i2.82524

(*)-نویسنده مسئول:

1 و 2- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.
3- استادیار، پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

نشاسته است. دانه یولاف 5-2 برابر چربی بیشتر از گندم دارد و غنی از لیپاز، لیپواکسیداز و دیگر آنزیمهای هیدرولیتیک است. با گذشت زمان، آنزیمها به هیدرولیز چربیهای حاضر در دانه یولاف منجر می شوند که باعث ایجاد طعم تند می شوند. با توجه به تاثیر فعالیت آنزیمی بر پایداری لیپیدهای یولاف لازم است که این آنزیمها در طی فرآوری یولاف غیرفعال شوند. یکی از روشهای موجود برای غیرفعال کردن آنزیمها، فرایند هیدروترمال است (Doehlert *et al*, 2010) که شامل اعمال بخار در شرایط معمولی و یا در اتوکلاو در پڑووش حاضر سعی شده است تا اثر فرایند هیدروترمال با اتوکلاو بر آرد یولاف و بتاگلوکان استخراجی از آن از نظر خواص فیزیکوشیمیایی، عملکردی و رئولوژیکی مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روشها

نمونههای دانه کامل یولاف پوست کنده از شرکت جام نور طلایی خریداری شد. جهت تهیه آرد، دانههای یولاف با آسیاب آزمایشگاهی Magic Bullet مدل (NH21PCS) آرد شده و از الک با مش 50 عبور داده شدند. سپس در بستههای پلاستیکی غیرقابل نفوذ به رطوبت بسته بندی و در فریزر 20°C - تا انجام آزمایشات نگهداری شدند.

بسیارهایی با وزن مولکولی بالا می باشند که مقدار وزن مولکولی آنها متاثر از روشهای استخراج و حلالهای مورد استفاده برای استخراج و غیرفعال سازی آنزیمهای دانه قبل از استخراج می باشد (Izydorczyk *et al*, 2008) بتاگلوکان همانند آرایینوگزیلانها و صمغهای گیاهی و الیگوساکاریدها جزء فیبرهای محلول است. فیبرهای محلول نقش مهمی را در مجرای گوارشی ایفا می کنند که برای سلامتی روده بزرگ مفید می باشند و نیز در کاهش بسیاری از بیماریهای قلبی و عروقی، دیابت، چاقی، سرطان روده و بیماریهای گوارشی و افزایش قدرت دفاعی بدن و نیز بر روی سلامتی پوست مؤثر است (Wood, 2007; Lazaridou & Biliaderis, 2007). مقدار بتاگلوکان در جو 3-7 درصد و در یولاف 11-5 درصد و گندم حدود 1/2 درصد می باشد (Brennana *et al*, 2005).

بتاگلوکان هیدروکلونید اصلی موجود در غلات و مخمرهاست که توانایی تشکیل ژل داشته و باعث افزایش ویسکوزیته محلول می شود. از این رو می توان به عنوان عامل قوام دهنده در تولید مواد غذایی عملگرا و یا به عنوان جایگزین چربی جهت بهبود بافت و ویژگیهای فیزیکی محصولات کم چرب در فرمولاسیون آنها استفاده شود (Lazaridou & Biliaderis, 2007). دانه یولاف منبع خوبی از پروتئینهاست و حاوی اسیدهای چرب غیراشباع، ترکیبات فنولیک، فیبر رژیمی و



شکل 1- مراحل استخراج بتاگلوکان یولاف به روش آبی

جهت تعیین پایداری کف، پس از انتقال محلول به استوانه مدرج، حجم کف باقی مانده پس از 2 ساعت در دمای 25 سانتی گراد به عنوان درصدی از حجم اولیه بیان می شود (khan 2016 ; Temelli 1997).

(3) $100 \times \text{حجم اولیه کف} / \text{حجم کف بعد از زمان 120 دقیقه} = (\text{درصد})$
پایداری کف

ویژگی های رئولوژیکی

محلول بتاگلوکان با غلظت 1 درصد (وزنی / وزنی) آماده شد (Burkus and Temelli, 1998). آزمون رئولوژیکی محلول بتاگلوکان با استفاده از رئومتر (Anton, MCR301، آلمان) و رئومتر double gap در دمای 20 درجه سانتی گراد اندازه گیری شد. برای تنظیم دما، سیستم Peltier paar مجهز به سیرکولاتور آب به کار گرفته شد. محلول ها برای تمام اندازه گیری رئولوژیکی در ویال های شیشه ای مهر و موم شده غیر قابل نفوذ با هم زدن ملایم نمونه های بتاگلوکان، در آب دوباره تقطیر شده در دمای 75 درجه سانتی گراد تا انحلال کامل مواد آماده شدند.

آزمون رئولوژیک شامل آزمون پایا و آزمون نوسانی انجام گرفت.

آزمون برشی پایا

رفتار جریانیه نمونه ها پس از 5 دقیقه استراحت به صورت یک مرحله ای رفت صورت گرفت و نمودارها توسط نرم افزار Rheoplus نسخه 3/2 ثبت شدند. داده ها در مقیاس لگاریتمی (به منظور کاهش شتاب اولیه و اثر اینرسی دستگاه) بر اساس ویسکوزیته به صورت تابعی از نرخ برشی رسم شدند. تمام اندازه گیری ها در دو تکرار انجام گرفت. مدل های قانون توان یا اسوالد، هرشل بالکلی و بینگهام در محدوده نرخ برش آزمون شده در داده ها از طریق نرم افزار دستگاه رئومتر برازش شدند.

روابط مدل های برازش شده در زیر آمده است (Alghoon et al, 2017).

$$\sigma = K(Y')^n \quad (4) \text{ مدل قانون توان یا اسوالد}$$

که σ تنش برشی (Pa)، Y' نرخ برشی ($1/s$) که متناسب با یکدیگر هستند و K اندیس قوام ($pa.s^n$) و n اندیس رفتار جریانیه می باشد.

$$\sigma = \sigma_0 + K(Y')^n \quad (5) \text{ مدل هرشل بالکلی}$$

که σ_0 تنش تسلیم (pa) می باشد. زمانی که $\sigma_0 = 0$ است، رابطه هرشل بالکلی به مدل سیال توان تبدیل می شود و وقتی $n=1$ رابطه به مدل بینگهام تبدیل می شود.

ترکیب شیمیایی یولاف

به منظور اندازه گیری رطوبت و خاکستر و پروتئین آرد یولاف از روش استاندارد (AOAC, 2005) استفاده شد. میزان چربی آرد یولاف از روش استاندارد AACC به شماره 25-30 اندازه گیری شد. مقدار نشاسته نیز به روش پلاریمتری تعیین گردید (Horwitz, 2002).

فرایند هیدروترمال

در این پژوهش فرایند هیدروترمال با اتوکلاو در دماهای 110، 120 و 130 درجه سانتی گراد در دو زمان 10 و 20 دقیقه بر روی آرد یولاف صورت گرفت.

استخراج بتاگلوکان

با توجه به نمودار 1، فیبر رژیمی بتاگلوکان به روش آبی توسط روش Skendi و همکاران (2003) و Ahmad و همکاران (2009) با کمی تغییر از آرد یولاف استخراج شد. در این استخراج از آب مقطر با دمای 55 درجه سانتی گراد استفاده شد و اختلاط آب و آرد در این دما به مدت 90 دقیقه صورت گرفت.

حلالیت

مطابق روش Ancona و همکاران (2003) پس از تهیه 90 میلی لیتر محلول 1 درصد (وزنی / حجمی) از هر بتاگلوکان، نمونه به 3 قسمت مساوی تقسیم شد. سپس هر یک به طور جداگانه در حمام آب گرم 25، 50 و 75 درجه سانتی گراد به مدت 30 دقیقه قرار گرفت و هم زده شد. سپس با دور 8000g به مدت 15 دقیقه سانتریفوژ شد. در ادامه مقدار 10 میلی لیتر از محلول زلال فوقانی به آون 125 درجه سانتی گراد انتقال داده شد تا به وزن ثابت رسید. در نهایت از فرمول زیر برای تعیین درصد حلالیت در دماهای مختلف استفاده شد:

$$(1) \quad 100 \times (\text{وزن اولیه نمونه} / \text{وزن نهایی پس از خشک کردن}) = \text{درصد حلالیت}$$

قابلیت تشکیل و پایداری کف

قابلیت تشکیل و پایداری کف با روش ارائه شده توسط Temelli (1997) اندازه گیری شد. در این روش 2/5 گرم بتاگلوکان در 100 میلی لیتر آب مقطر حل شد و پس از یکنواخت شدن محلول با استفاده از همزن برقی به مدت 2 دقیقه به شدت مخلوط شد. حجم نمونه قبل و بعد از هم زدن اندازه گیری شد و درصد افزایش حجم به عنوان شاخصی از ظرفیت تولید کف با استفاده از فرمول زیر تعیین شد:

$$(2) \quad 100 \times \text{حجم اولیه نمونه} / \text{حجم اولیه محلول} - \text{حجم ثانویه محلول پس از اختلاط} = \text{درصد افزایش حجم}$$

(6) مدل بینگهام

$$\sigma = \sigma_0 + \eta_p \dot{\gamma}^n$$

آزمون‌های نوسانی

آزمون روبشی دما

برای اندازه‌گیری روبش دما نمونه‌ها از 20 تا 85 درجه سانتی‌گراد گرم شدند سپس از دمای 85 تا 20 درجه سانتی‌گراد با فرکانس 1 هرتز و فشار 0/1 درصد خنک شدند. گرمایش و خنک کردن با سرعت 3 درجه سانتی‌گراد بر دقیقه انجام شد (بهره‌زیان و همکاران، 2017). مدول ذخیره و مدول افت به‌عنوان تابعی از دما بررسی و محاسبه شد.

روبش فرکانس

آزمون جابجایی فرکانس در محدوده 0/1 تا 100 هرتز (20 درجه سانتی‌گراد) انجام شد. طیف به‌دست آمده با استفاده از مدول ذخیره (G') و مدول افت (G'') رسم شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

تمامی نتایج حاصل از این پژوهش بر پایه طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم‌افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. هر آزمون در 3 تکرار صورت گرفت. برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال 5 درصد استفاده شد و در نهایت رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار اکسل صورت گرفت.

نتایج و بحث

ترکیب شیمیایی آرد یولاف

در ترکیب شیمیایی یولاف، نشاسته و پروتئین به‌عنوان مهم‌ترین اجزای آرد دیده شد. ترکیب شیمیایی یولاف، نشان داد که میزان نشاسته (61/2)، پروتئین (9/5)، چربی (7/01)، رطوبت (10/7) و مقدار خاکستر (1/69) درصد بود (اعداد میانگین 3 تکرار هستند). Grundy و

همکاران (2017) مقدار چربی آرد یولاف را 9/6 درصد، پروتئین را 11/5 درصد، مقدار نشاسته را 60/3 درصد، رطوبت را 10/4 درصد و مقدار خاکستر را 1/7 درصد بیان کردند.

حلالیت

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که میزان حلالیت نمونه‌های استخراج شده با دما و زمان‌های مختلف در دمای 25، 50 و 75 سانتی‌گراد دارای اختلاف معنی‌دار بود. مطابق نتایج به‌دست‌آمده نمونه C بالاترین حلالیت را در 25 سانتی‌گراد داشت و کمترین حلالیت را در دمای 50 سانتی‌گراد و نمونه F بیشترین حلالیت را در 75 سانتی‌گراد داشت. ساختار مولکولی این پلی‌ساکاریدها، ترکیب و ویژگی‌های دیواره سلولی از جمله عواملی هستند که روی حلالیت بتاگلوکان تأثیر می‌گذارند. بتاگلوکان‌هایی با وزن مولکولی زیاد، دارای زنجیره‌های طولانی‌تر و حجم هیدرودینامیکی بیشتری هستند، بنابراین توانایی کمتری برای اتصالات بین مولکولی دارند و برعکس، بتاگلوکان با وزن مولکولی کم امکان بیشتری برای تغییر رفتار مکانیکی دارد (Skendi et al, 2009). این تفاوت در حلالیت، احتمالاً به‌خاطر تفاوت در وزن مولکولی تیمارهای مختلف است که هرچه وزن مولکولی پایین‌تر باشد دارای زنجیره‌های کوتاه‌تر و حجم هیدرودینامیکی کمتری هستند، بنابراین توانایی بیشتری برای اتصالات بین مولکولی دارند. Gamel و همکاران (2014) اثر آمیلاز، پروتئاز و لیپاز را روی مقدار حلالیت بتاگلوکان استخراج شده از یولاف و بازده غلظت بتاگلوکان و وزن مولکولی آن را مورد بررسی قرار دادند. افزودن لیپاز بر روی ویسکوزیته و حلالیت بتاگلوکان استخراج شده از یولاف به‌طور قابل ملاحظه‌ای تأثیر می‌گذارد. حلالیت اجزای فیبرهای رژیمی یولاف یکی از عوامل تعیین‌کننده خواص تکنولوژیکی و اثرات مفید فیزیولوژیکی آن‌ها به حساب می‌آید.

جدول 1- میانگین درصد حلالیت‌های تیمارهای بتاگلوکان در دماهای 25، 50 و 75 درجه سانتی‌گراد

تیمار	25°C	50°C	75°C
A	30/74±4/56 ^{cb}	21/22±0/79 ^b	23/06±0/53 ^{cd}
B	23/21±4/66 ^c	29/22±3/76 ^a	35/20±7/94 ^b
C	40/71±6/44 ^a	8/62±0/06 ^e	19/46±1/20 ^{cd}
D	38/85±8/05 ^{ab}	13/57±1/75 ^d	30/08±5/75 ^{bc}
E	25/41±1/2 ^c	26/95±2/9 ^a	12/90±2/1 ^c
F	29/08±6/15 ^c	16/28±0/53 ^{cd}	44/67±5/14 ^a
G	30/32±2/61 ^{bc}	18/87±1/46 ^{bc}	25/25±4 ^{cd}

(A) کنترل، (B) دقیقه 10-110°C، (C) دقیقه 10-120°C، (D) دقیقه 10-130°C، (E) دقیقه 20-110°C، (F) دقیقه 20-120°C، (G) دقیقه 20-130°C

*حروف یکسان در هر ستون، نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح 5 درصد است.

ترکیب بهبود دهنده بافت فراورده‌های نانویی می‌باشد. به این دلیل که هر چه میزان کف‌کنندگی و پایداری کف بیشتر باشد، جهت استفاده در فرمولاسیون خمیر نان و کیک مناسب‌تر است. در همین راستا Skendi و همکاران (2008) با افزودن بتاگلوکان جو به آرد با کیفیت باعث بهبود ویژگی‌های نان تولیدی در مقایسه با نمونه کنترل شدند. پورمحمدی و همکاران (1390) ضمن جایگزینی مقداری از آرد گندم با آرد جو بدون پوشینه موجب بهبود ارزش غذایی نان شدند، که علت آن را حضور بتاگلوکان جو بدون پوشینه گزارش کردند.

اندازه‌گیری درصد کف‌کنندگی و پایداری کف

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که مقدار کف‌کنندگی و پایداری کف تیمارهای بتاگلوکان استخراجی از آرد هیدروترمال شده در دما و زمان‌های مختلف دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ($P < 0.05$) بود. مقدار کف‌کنندگی نمونه D از سایر نمونه‌ها کمتر بود. نمونه B از ثبات کف بالاتری برخوردار بود. عامل کف‌کنندگی و پایداری کف یکی از ویژگی‌های عملکردی مهم بتاگلوکان جهت استفاده از آن به عنوان

جدول 2- میانگین درصد کف‌کنندگی و پایداری کف تیمارهای بتاگلوکان

تیمار	کف‌کنندگی (%)	پایداری کف (%)
A	47±7 ^a	83/64±8/19 ^a
B	24±4 ^b	100 ^a
C	43±11 ^a	98/59±0/11 ^{ab}
D	44 ^a	96/87±0/35 ^{ab}
E	45±5 ^a	90/03±9 ^{bc}
F	52±8 ^a	94/18±2/99 ^{ab}
G	8/66±1/53 ^c	97/82±1/92 ^{ab}

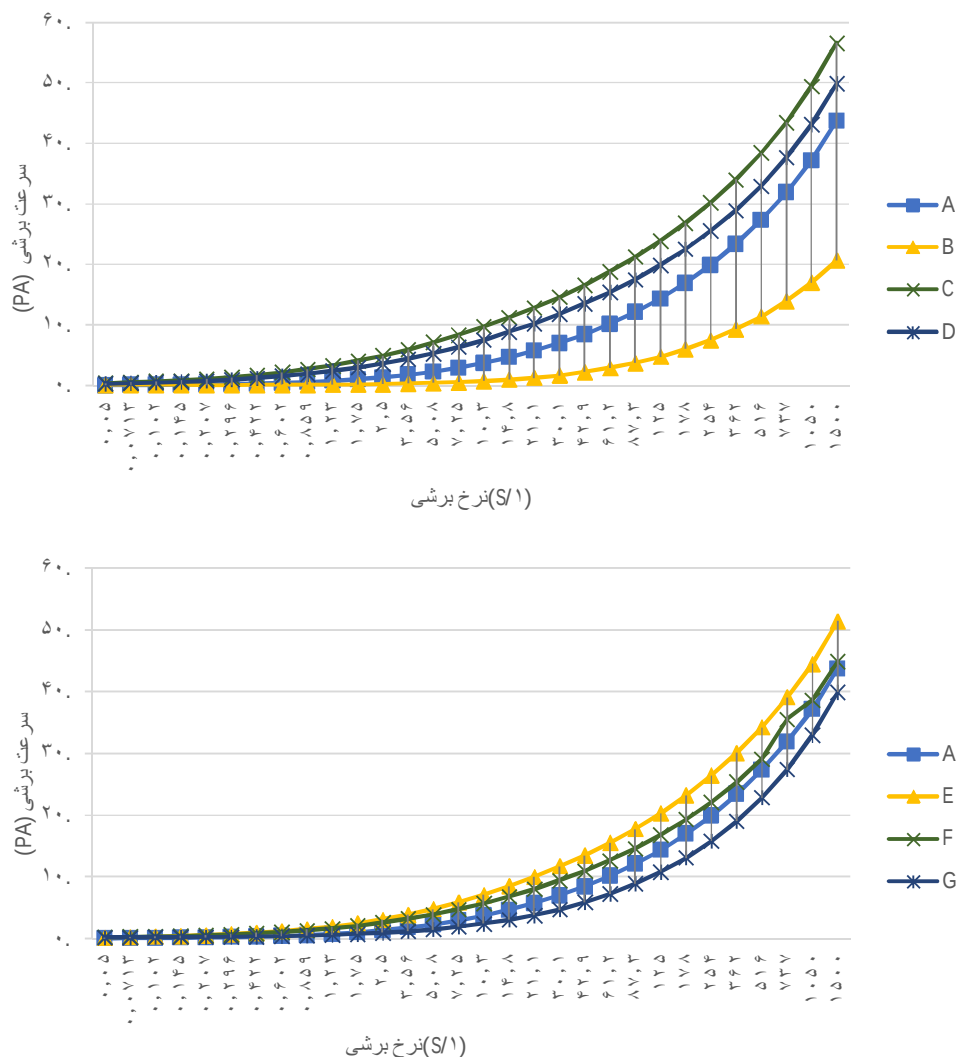
(A) کنترل، (B) دقیقه 10-110°C، (C) دقیقه 10-120°C، (D) دقیقه 10-130°C، (E) دقیقه 20-110°C، (F) دقیقه 20-120°C، (G) دقیقه 20-130°C. *حروف یکسان در هر ستون، نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح 5 درصد است.

خصوصیات رئولوژیکی آزمون پایا

روند تغییرات تنش برشی را به سرعت برش در شکل 2 نشان داده شده است که رفتار رقیق‌شونده با برش را به نمایش گذاشتند. Ryu و همکاران (2012) نیز گزارش دادند که محلول غلظت 3 درصد بتاگلوکان از جو و یولاف غیرنیوتنی بوده و رفتار رقیق‌شونده با برش را نشان می‌دهند. Burkus و همکاران (2005) با مقایسه ویژگی‌های رئولوژیکی محلول بتاگلوکان آزمایشگاهی و بتاگلوکان نیمه‌صنعتی نشان دادند که این هیدروکلوئید رفتار رقیق‌شونده با برش دارد.

روند تغییرات ویسکوزیته ظاهری با افزایش سرعت برشی در نمونه‌های صمغ بتاگلوکان استخراج شده از تیمارهای مختلف هیدروترمال شده در شکل 3 نشان داده شده است. نمودار ویسکوزیته- سرعت برشی نمونه‌ها مبین رفتار سودوپلاستیسیته نمونه‌ها در تمامی محدوده نرخ برشی می‌باشد. با توجه به شکل مشاهده می‌شود که نمونه C در تمامی سرعت‌های برشی به‌ویژه در سرعت برشی 50 s^{-1} (سرعت برشی ایجاد شده در دهان) بیشترین میزان ویسکوزیته را داراست (Karaman et al, 2011). در سرعت‌های برشی پایین، نیروهای هیدرودینامیکی کوچک قادر به تشکیل لخته‌ها نبوده و ویسکوزیته بتاگلوکان بیشترین میزان خود را دارد. با افزایش

سرعت برشی، نیروهای هیدرودینامیک موجب تغییر شکل توده و به‌تدریج تخریب آنها در نمونه‌ها شده و در نتیجه منجر به کاهش ویسکوزیته بتاگلوکان می‌گردد (Castellani and Al Assaf, 2010; Mandal et al, 2004). تاثیر سرعت برشی بر میزان ویسکوزیته نشان داد که با افزایش سرعت برشی، میزان ویسکوزیته ظاهری در تمامی نمونه‌ها کاهش یافت. کاهش ویسکوزیته با افزایش سرعت برشی، نشان‌دهنده خصوصیت رفتار رقیق‌شونده با برش (سودوپلاستیک) صمغ بتاگلوکان می‌باشد. این رفتار برای بیشتر محلول‌های هیدروکلوئیدی قابل مشاهده است که می‌تواند به دلیل قرار گرفتن مولکول‌ها در جهت برش باشد. در واقع با افزایش سرعت برش، پلیمرهایی که دارای زنجیره‌های بلند هستند و به صورت تصادفی و به هم ریخته قرار دارند، به‌صورت ردیفی در جهت جریان قرار گرفته و باعث کاهش اتصالات زنجیره‌های جانبی پلیمر با یکدیگر و جدا شدن زنجیره‌های پلیمری درگیر در اثر نیروهای هیدرودینامیکی می‌شوند که این پدیده منجر به کاهش ویسکوزیته می‌شود (Worrasinchai et al, 2006). به‌طور کلی مواردی نظیر وزن مولکولی، میزان زنجیره‌های جانبی، طول زنجیره‌ها و شکل فضایی پلی‌ساکاریدهای موجود در صمغ بر میزان ویسکوزیته برشی و سایر خصوصیات رئولوژیک بیوپلیمرها اثر می‌گذارد (Rao et al, 1982).



شکل 2- رفتار جریان‌ی تپمارهای بتاگلکان یولاف

(A کنترل، B دقیقه 10-110°C، C دقیقه 10-120°C، D دقیقه 10-130°C، E دقیقه 20-110°C، F دقیقه 20-120°C، G دقیقه 20-130°C)

مولکولی دارد که مقاومت بیشتری در برابر جریان و در نتیجه محلول چسبناک و ویسکوز بالایی را تولید می‌کند. Ryu و همکاران (2012) گزارش دادند که بتاگلکان یولاف نسبت به جو به علت بالا بودن مقدار پیوند B (1-4) نسبت به B (1-3)، ویسکوزیته بالاتری را ایجاد می‌کند. همچنین رفتار رقیق‌شونده با برش پلی‌ساکاریدها به دلیل بالا بودن تجزیه مناطق محل اتصال نسبت به اصلاح آن‌ها در سرعت‌های برشی بالا، به‌وجود می‌آید (Jabeen et al, 2015).

اعتقاد بر این است که طبیعت ویسکوز و چسبناک بتاگلکان عامل اصلی تاثیر بر اثرات سلامتی‌بخش آن است. رفتار رئولوژیکی رقیق‌شونده با برش پلی‌ساکاریدها احساس خوبی در دهان ایجاد می‌کند

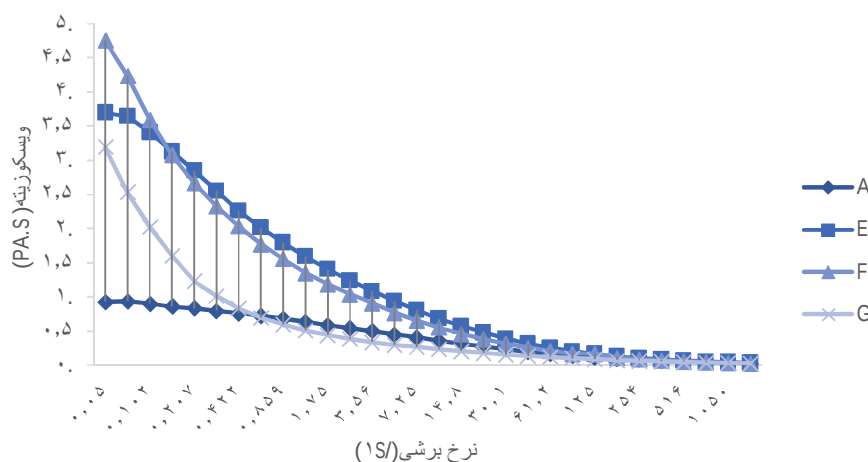
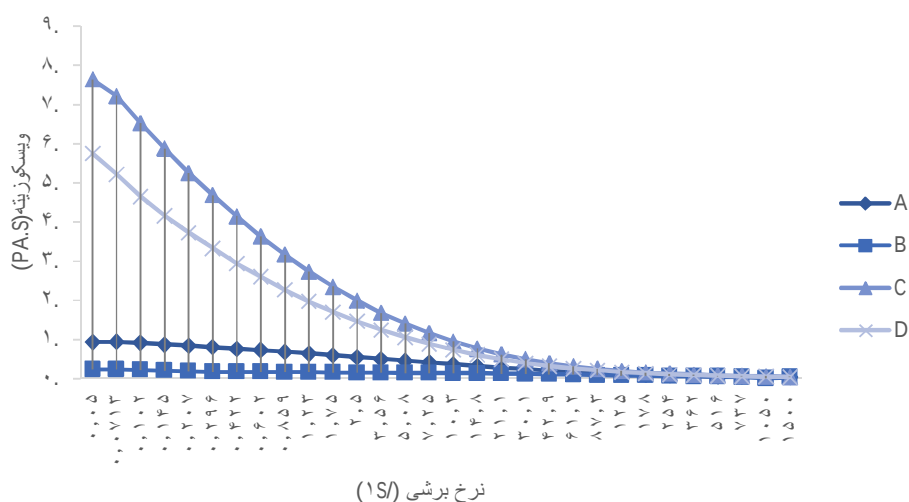
مقدار ویسکوزیته در سرعت برش پایین، مسئول ایجاد قوام در فراورده‌های غذایی است. در حالی که مقدار ویسکوزیته در سرعت برشی بالا بیانگر ویسکوزیته فراورده در مراحل مختلف فرایند است (Edvin and Taylor, 1983).

واحدهای گلکان متشکل از پیوندهای B(1-4)، قابل انعطاف هستند و توانایی تجمع بین زنجیره‌ای را از طریق تشکیل منطقه اتصال دارند، پس از این رو حلالیت کمتری دارند. در حالیکه پیوند B(1-3) دنباله پیوند B(1-4) را قطع می‌کند و باعث پیچ خوردگی در زنجیره شده و آن را محلول‌تر می‌کند (Liu et al, 2015). بنابراین بتاگلکان با نسبت DP3/DP4 پایین‌تر، تمایل بیشتری به فعل و انفعالات

اثر رقیق‌شوندگی با برش آن‌را تایید کردند. میزان ویسکوزیته و اثر رقیق‌شوندگی با برش بتاگلوکان حاصل از استخراج به روش آب داغ نسبت به دو روش دیگر به‌طور قابل ملاحظه‌ای بالاتر بود. در واقع به دلیل میزان خلوص بتاگلوکان استخراج شده به روش آب داغ ویسکوزیته ظاهری آن بالاتر می‌باشد. از طرفی در محلول‌هایی با ویسکوزیته بالاتر با افزایش میزان سرعت برشی، مولکول‌های بتاگلوکان از حالت در هم پیچیده خارج شده و حالت خطی به‌خود گرفته و اثر رقیق‌شوندگی با برش بالاتری نسبت به بتاگلوکان استخراجی با روش قلیایی که تجمع مولکول‌های بتاگلوکان در آن کمتر است، از خود نشان می‌دهند. این رفتار نشان‌دهنده رفتار رقیق‌شونده با برش محلول‌های بتاگلوکان می‌باشد

و به دلیل داشتن ویسکوزیته پایین در سرعت برشی بالا، می‌توان انرژی کمتری صرف کرد، بنابراین مزایای بسیاری در صنعت فراوری مواد غذایی به وجود می‌آورد (Xu et al, 2013). عقدایی و همکاران (1389) در پژوهش خود، کاهش ویسکوزیته با افزایش سرعت برشی را بیان کردند. آن‌ها بیان کردند، کاهش ویسکوزیته با افزایش سرعت برشی، به عدم درگیری زنجیره‌های ماکرومولکولی تحت تاثیر میدان برشی (به دلیل همراستا شدن با جهت برش) و نیز شکستن احتمالی ساختمان پلیمرها در محلول بستگی دارد. در واقع کاهش ویسکوزیته ظاهری با افزایش نرخ برش، به افزایش جهت‌گیری پلی‌ساکاریدهای سازنده در اثر نرخ برش، نسبت داده می‌شود.

در پژوهشی دیگر که Irakli و همکاران (2004) بر روی ویژگی‌های رئولوژیکی محلول بتاگلوکان 6 رقم جو یونانی انجام دادند،



شکل 3- روند تغییرات ویسکوزیته ظاهری نسبت به سرعت برشی تیمارهای بتاگلوکان یولاف

(A) کنترل، (B) دقیقه 10-110°C، (C) دقیقه 10-120°C، (D) دقیقه 10-130°C، (E) دقیقه 20-110°C، (F) دقیقه 20-120°C، (G) دقیقه 20-130°C

نمودارهای رفتار جریانی با مدل‌های رئولوژیکی مختلف توان، هرشل - بالکلی و بینگهام تطبیق داده شد که در جدول 3 نشان داده شده است. مطابق نتایج به دست آمده مدل مناسب برای توصیف رفتار جریان، با توجه به ضریب همبستگی (R^2) (در محدوده 0/94-0/98)، مدل هرشل - بالکلی می‌باشد اما با توجه به این که مقادیر تنش تسلیم به دست آمده منفی می‌باشد لذا این مدل رد و مدل توان به عنوان بهترین مدل انتخاب شد. نتایج نشان داد که مقادیر n کمتر از 1 هستند که بیانگر رفتار غیرنیوتنی و از نوع سودوپلاستیک نمونه‌ها است. در این نمونه‌ها با افزایش سرعت برشی، ویسکوزیته کاهش می‌یابد. شاخص

قوام k نشانگر قدرت استحکام ساختاری محلول است که نمونه C بیشترین مقدار k ، پس بیشترین استحکام را داشت. نمونه B بیشترین مقدار n را در مدل هرشل - بالکلی داشت. محلول صمغ با میزان بالای n تمایل دارد که در دهان حالت لزجی و چسبندگی ایجاد کند. هنگامی که ویسکوزیته بالا و احساس دهانی مطلوب مورد نیاز است، نمونه‌ای را باید انتخاب کرد که مقدار n پایینی داشته باشد. چنین نمونه‌هایی برای به کارگیری در فرمولاسیون‌هایی که بافت لزجی کمتر یا احساسی دهانی مطلوب‌تر مورد نیاز است، بسیار مناسب است.

جدول 3- پارامترهای حاصل از آزمون رفتار جریانی بر روی تیمارهای بتاگلوکان

قانون توان	$K(pa.s^n)$	n	R^2
B	0/158±0/001 ^e	0/82±0/003 ^a	0/76
C	2/53±0/03 ^a	0/47±0/003 ^e	0/86
D	1/87±0/05 ^b	0/48±0/001 ^{de}	0/88
E	1/51±0/22 ^c	0/53±0/02 ^{cd}	0/8
F	1/38±0/24 ^c	0/51±0/04 ^{de}	0/89
G	0/65±0/14 ^d	0/56±0/02 ^c	0/99
A	0/57±0/04 ^d	0/65±0/01 ^b	0/68

بینگهام	σ_0	η_p	R^2
B	0/014±0/0005 ^e	0/055±0/0006 ^{cd}	0/33
C	0/709±0/03 ^a	0/065±0/0008 ^a	0/44
D	0/519±0/02 ^{ab}	0/058±0/0009 ^{cb}	0/47
E	0/337±0/11 ^{bc}	0/06±0/001 ^b	0/47
F	0/42±0/193 ^{bc}	0/052±0/002 ^d	0/50
G	0/248±0/07 ^{cd}	0/047±0/031 ^e	0/56
A	0/076±0/012 ^{de}	0/054±0/0008 ^{cd}	0/47

هرشل - بالکلی	σ_p	$K(pa.s^n)$	n	R^2
B	-0/006±0 ^b	0/174±0/002 ^f	0/78±0/003 ^f	0/92
C	-0/96±0/01 ^g	3/97±0/009 ^a	0/37±0/0002 ^e	0/98
D	-0/56±0/002 ^f	2/74±0/05 ^b	0/41±0/0004 ^d	0/98
E	-0/41±0/03 ^e	2/2±0/2 ^c	0/45±0/015 ^c	0/97
F	-0/24±0/04 ^d	1/782±0/15 ^d	0/45±0/15 ^c	0/98
G	0/06±0/02 ^a	0/534±0/11 ^e	0/6±0/02 ^b	0/99
A	-0/09±0/01 ^c	0/819±0/06 ^e	0/58±0/015 ^b	0/94

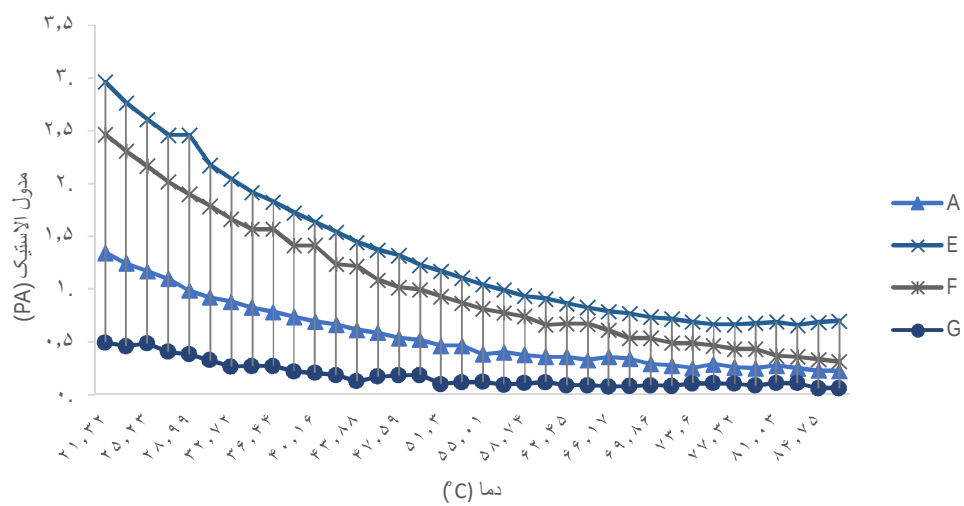
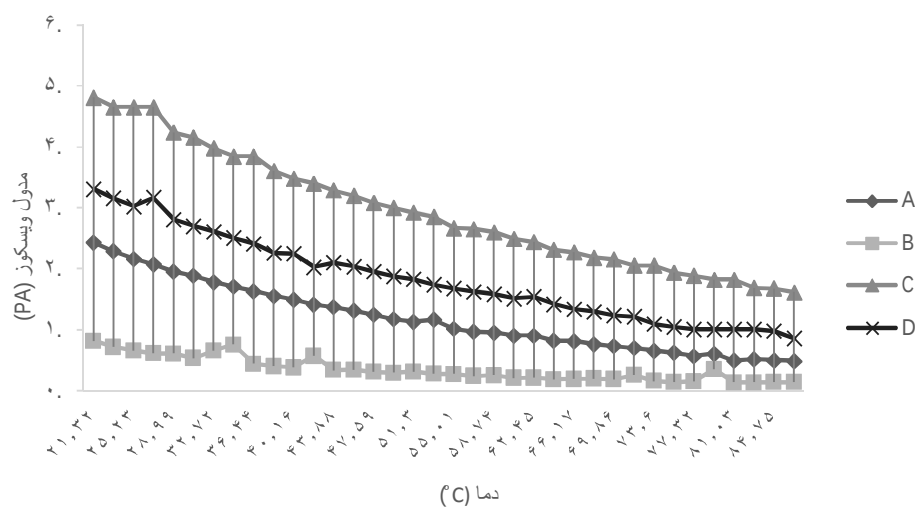
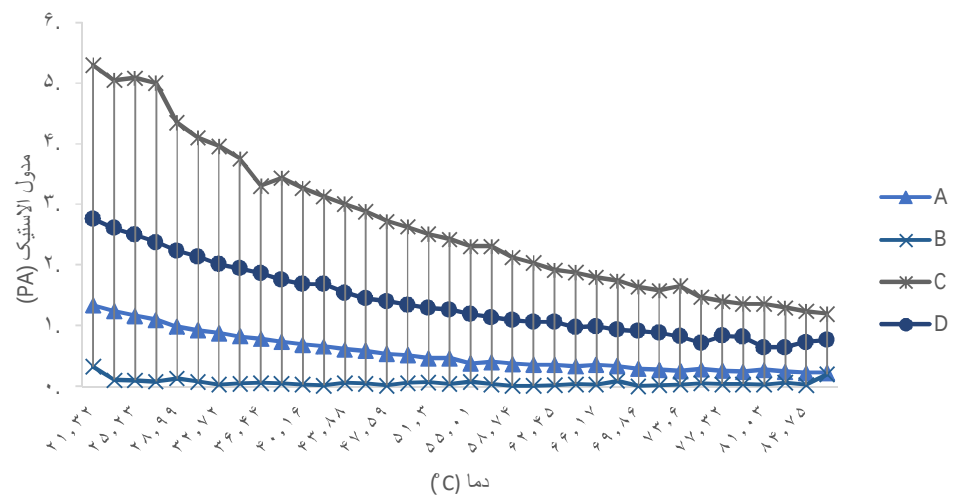
(A) کنترل، (B) دقیقه 10 - 110°C، (C) دقیقه 10 - 120°C، (D) دقیقه 10 - 130°C، (E) دقیقه 20 - 110°C، (F) دقیقه 20 - 120°C، (G) دقیقه 20 - 130°C

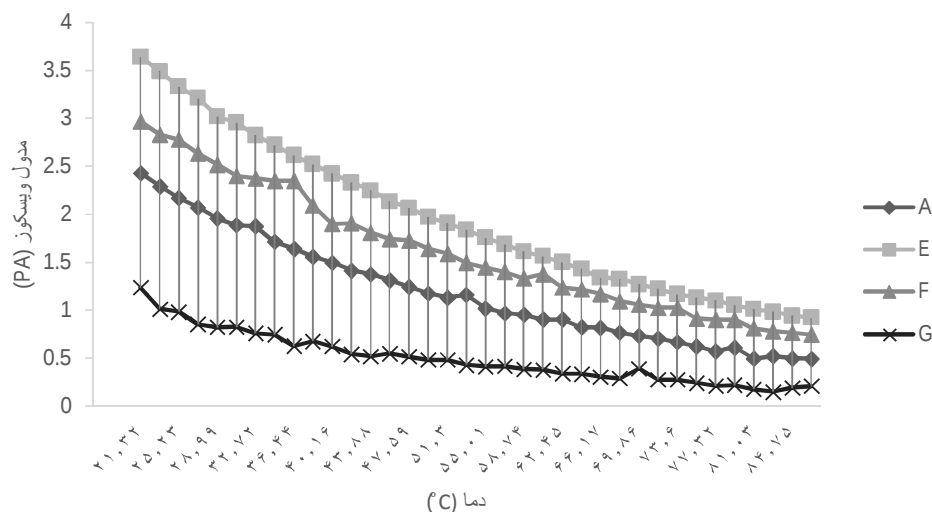
*حروف یکسان در هر ستون، نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح 5 درصد است.

رویش دما

گرفتند. نمونه‌های مختلف بتاگلوکان استخراج شده از تیمارهای مختلف در معرض آزمون رویش دما قرار گرفتند و خصوصیات رئولوژیکی آنها با افزایش دما اندازه‌گیری شد.

محلول‌های آماده شده پس از گذراندن مراحل آماده‌سازی و حداکثر جذب آب در دمای 4 درجه سانتی‌گراد در یخچال، به منظور بررسی اثر گرم کردن روی خصوصیات رئولوژیکی محلول‌ها مورد این آزمون قرار





شکل 4- روند تغییرات مدول الاستیک و مدول ویسکوز تیمارهای بتاگلوکان یولاف نسبت به تغییرات دما

(A کنترل، B دقیقه 10-110°C، C دقیقه 10-120°C، D دقیقه 10-130°C، E دقیقه 20-110°C، F دقیقه 20-120°C، G دقیقه 20-130°C)
*حروف یکسان در هر ستون، نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح 5 درصد است.

پیوند هیدروژنی، بین ذرات ژل را تقویت می‌کند (Manoj et al, 1997).

فرایند ژل شدن شامل تبدیل محلول مایع از ماکرومولکول‌ها با ذرات، به شکل جامد الاستیک است. دمای ذوب بیوپلیمرها به عنوان درجه حرارتی که در آن مدول الاستیک برابر مدول ویسکوز است، (تبدیل ژل - سل) تعریف شده است (Djabourov et al, 1988).

رویش فرکانس

رویش فرکانس در منطقه ویسکوالاستیک خطی در فرکانس 100-0/1 انجام شد. همانطور که در شکل 5 مشاهده می‌شود، در فرکانس‌های پایین‌تر، G' از G'' بزرگتر است و هر دو با افزایش فرکانس افزایش می‌یابند.

دمای نمونه‌ها از 20 تا 85 درجه سانتی‌گراد افزایش یافته و سپس از 85 درجه سانتی‌گراد تا 20 درجه سانتی‌گراد خنک شده است. گرمایش و سرمایش با سرعت 3 درجه سانتی‌گراد بر دقیقه بود. پارامترهای اندازه‌گیری شده شامل مدول الاستیک G' و مدول ویسکوز G'' بودند که در شکل 4 نشان داده شده است. مقدار G' و G'' در نمونه C از بقیه تیمارها بیشتر بود. همانطور که در شکل 4 مشهود است مدول افت و مدول ذخیره با افزایش دما در تمامی نمونه‌ها کاهش یافت.

افزایش خطی مدول افت و مدول ذخیره در خنک کردن نمونه‌ها از 85 تا 20 درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. این رفتار می‌تواند مربوط به کاهش آنتروپی باشد که نیروهای جذبی مانند نیروهای واندروالس و

جدول 4- مقادیر پارامترهای مختلف حاصل از تغییرات فرکانس بر روی تیمارهای بتاگلوکان

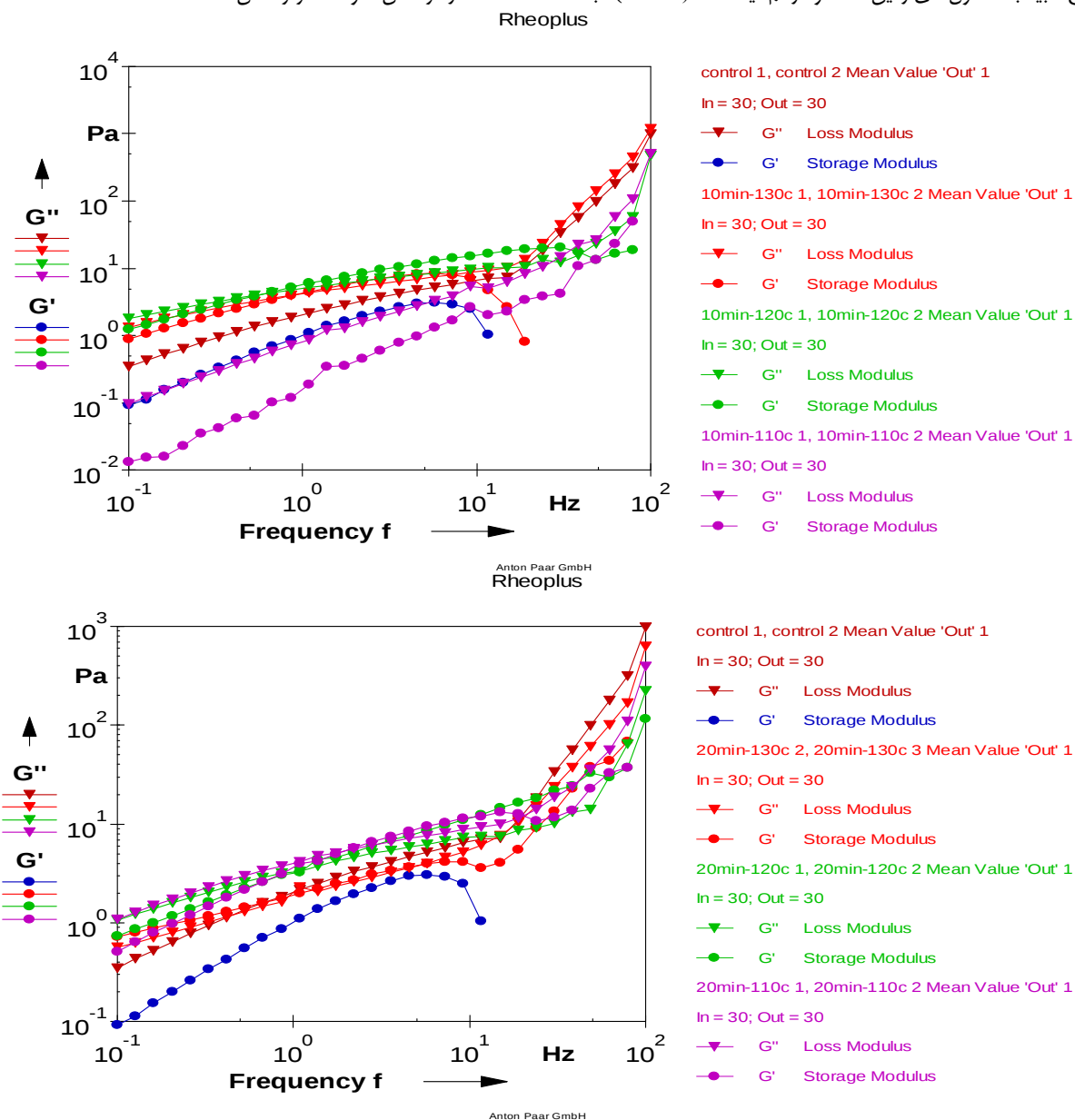
10(Hz)				1(Hz)				تیمار
$\eta^*(Pa.s)$	$\tan(\sigma)$	$G''(Pa)$	$G'(Pa)$	$\eta^*(Pa.s)$	$\tan(\sigma)$	$G''(Pa)$	$G'(Pa)$	
0/11	3/225	6/645	2/063	0/363	2/01	2/043	1/0165	A
0/092	3/025	5/051	2/567	0/132	5/18	0/816	0/16	B
0/293	0/621	9/709	15/689	1/216	0/887	5/069	5/719	C
0/175	1/494	8/843	6/618	0/949	0/977	4/167	4/263	D
0/234	0/779	8/875	11/673	1/105	1/105	4/02	3/326	E
0/215	0/65	7/374	11/339	1/042	1/042	3/246	3/192	F
0/108	1/748	5/129	4/057	1/07	1/07	2/014	1/942	G

(A کنترل، B دقیقه 10-110°C، C دقیقه 10-120°C، D دقیقه 10-130°C، E دقیقه 20-110°C، F دقیقه 20-120°C، G دقیقه 20-130°C)

توجه به شکل زیر وابستگی بیشتر را در فرکانس بالا برای G' و G'' شاهد هستیم زیرا شیب افزایش می‌یابد که این می‌تواند ضعف ساخار ژل را نشان دهد (رافع و همکاران، 2013). همانطور که در جدول 4 مشخص است مقدار G' و G'' و η^* تیمار C از سایر تیمارها در فرکانس 1 و 10 هرتز بیشتر است.

در جدول 4 مقادیر میانگین G' ، G'' ، $\tan(\sigma)$ و ویسکوزیته کمپلکس (η^*) از دو تکرار نمونه بتاگلوکان استخراج شده از تیمارهای مختلف در فرکانس 1 و 10 هرتز نشان داده شده است.

در حالی که رفتار به مواد جامد مانند در فرکانس‌های بالاتر نزدیک می‌شود. در صورت ایجاد یک ژل ایده‌آل (رفتار کاملاً الاستیک) انتظار می‌رود G' بسیار بزرگتر از G'' و مستقل از فرکانس باشد. شروع ناحیه الاستیک وقتی است که G' از G'' بزرگتر می‌شود. در فرکانس‌های پایین‌تر، G'' از G' بزرگتر است و هر دو با افزایش فرکانس افزایش می‌یابند. در فرکانس‌های کم، در حالی که زمان کافی برای درهم ریختگی و ساختن و شکستن در مدت طولانی از نوسان وجود دارد، پاسخ شبيه به محلول‌های رقیق نشده و درهم‌تنیده است ($G'' > G'$) با



شکل 5- روند تغییرات مدول الاستیک و مدول ویسکوز تیمارهای بتاگلوکان یولاف نسبت به تغییرات فرکانس

نتیجه گیری

در این پژوهش اثر شرایط هیدروترمال بر روی آرد یولاف در دما و زمان های مختلف و استخراج بتاگلوکان از آنها مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به نتایج به دست آمده، فرایند هیدروترمال باعث اثر تفاوت معنی داری در حلالیت، کف کنندگی و پایداری کف و خصوصیات رئولوژیکی بتاگلوکان شد. بهترین شرایط هیدروترمال بر روی استخراج با توجه به ویژگی های فیزیکوشیمیایی و رفتار جریان و آزمون نوسانی شامل روبش دما و نیز کف کنندگی و پایداری کف و حلالیت در سه دمای 25، 50 و 75 درجه سانتی گراد بتاگلوکان به عنوان یک هیدروکلوئید با خواص عملکردی بالا مشخص شد. بتاگلوکان حاصل از آرد یولاف هیدروترمال شده در 120 درجه سانتی گراد به مدت 10 دقیقه بالاترین حلالیت را در 25 درجه سانتی گراد و کمترین حلالیت را در دمای 50 درجه سانتی گراد و تیمار 120 درجه سانتی گراد به مدت 20 دقیقه بیشترین حلالیت را در 75 درجه سانتی گراد داشت. میزان کف کنندگی بتاگلوکان استخراجی از آرد یولاف هیدروترمال شده در دمای 130 درجه سانتی گراد به مدت 10 دقیقه، از سایر تیمارها کمتر بود و بتاگلوکان حاصل از تیمار هیدروترمال شده در دمای 110 درجه سانتی گراد به مدت 10 دقیقه از ثبات کف بالاتری برخوردار بود. عامل

کف کنندگی و پایداری کف یکی از ویژگی های عملکردی مهم بتاگلوکان جهت استفاده از آن به عنوان ترکیب بهبوددهنده بافت فراورده های نانوائی می باشد. به این دلیل که هرچه میزان کف کنندگی و پایداری کف بیشتر باشد، جهت استفاده در فرمولاسیون خمیر نان و کیک مناسب تر است. در بررسی خصوصیات رئولوژیکی، تأثیر سرعت برشی بر ویسکوزیته در تمامی نمونه ها کاهش یافت و بتاگلوکان حاصل از آرد یولاف هیدروترمال شده در 120 درجه سانتی گراد به مدت 10 دقیقه بیشترین مقدار ویسکوزیته را داشت و از این تیمار می توان به عنوان عامل قوام دهنده جهت بهبود بافت و ویژگی های رئولوژیکی فراورده ها و فرمولاسیون مواد غذایی استفاده کرد. در آزمون نوسانی روبش دما، مقدار G' و G'' در تمامی نمونه ها کاهش یافت و بیشترین مقدار G' و G'' را نمونه بتاگلوکان حاصل از آرد یولاف هیدروترمال شده در 120 درجه سانتی گراد به مدت 10 دقیقه داشت. در روبش فرکانس در فرکانس های پایین تر، G' از G'' بزرگتر است و هر دو با افزایش فرکانس افزایش می یابند و مقدار G' و G'' و η^* تیمار C از سایر تیمارها در فرکانس 1 و 10 هرتز بیشتر است.

منابع

- AACC (2000) Approved methods of the American association of cereal chemists. 10th edition, Minnesota.
- AOAC (2005) Official method of Analysis. 18th Edition, Association of Officiating Analytical Chemists, Washington DC, Method 935.14 and 992.24.
- Ahmad, A., Anjum, F. M., Zahoor, T., Nawaz, H., & Din, A. (2009). Physicochemical and functional properties of barley β -glucan as affected by different extraction procedures. *International journal of food science & technology*, 44(1), 181-187.
- Alghooneh, A., Razavi, S. M. A., & Behrouzian, F. (2017). Rheological characterization of hydrocolloids interaction: A case study on sage seed gum-xanthan blends. *Food Hydrocolloids*, 66, 206-215.
- Alghooneh, A., Razavi, M. A., Behrouzian, F., (2017). Rheological characterization of hydrocolloids interaction: A case study on sage seed gum-xanthan blends. *Food Hydrocolloids*, 66, 1-10.
- Amiri Oghdai, S. S., Aalami, M., Jafari, S. M., Sadeghi Mahonak, A., (1389). Physicochemical and Rheological Properties of Beta-Glucan Extracted from Hull-Less Barley. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 6 (4): 286-296. [in Persian].
- Khan, A. A., Gani, A., Masoodi, F. A., Amin, F., Wani, I. A., Khanday, F. A., & Gani, A. (2016). Structural, thermal, functional, antioxidant & antimicrobial properties of β -D-glucan extracted from baker's yeast (*Saccharomyces cerevisiae*)—Effect of γ -irradiation. *Carbohydrate polymers*, 140, 442-450.
- Behrouzian, F., Razavi, S. M., & Alghooneh, A. (2017). Evaluation of interactions of biopolymers using dynamic rheological measurements: Effect of temperature and blend ratios. *Journal of Applied Polymer Science*, 134(5).
- Betancur-Ancona, D., Lopez-Luna, J., & Chel-Guerrero, L. (2003). Comparison of the chemical composition and functional properties of Phaseolus lunatus prime and tailing starches. *Food Chemistry*, 82(2), 217-225.
- Brennan, C. S., & Cleary, L. J. (2005). The potential use of cereal (1 $\rightarrow$ 3, 1 $\rightarrow$ 4)- β -D-glucans as functional food ingredients. *Journal of cereal Science*, 42(1), 1-13.
- Burkus, Z., & Temelli, F. (1998). Effect of extraction conditions on yield, composition, and viscosity stability of barley β -glucan gum. *Cereal Chemistry*, 75(6), 805-809.
- Burkus, Z., & Temelli, F. (2005). Rheological properties of barley β -glucan. *Carbohydrate Polymers*, 59(4), 459-465.
- Butt, M. S., Tahir-Nadeem, M., Khan, M. K. I., Shabir, R., & Butt, M. S. (2008). Oat: unique among the cereals. *European journal of nutrition*, 47(2), 68-79.
- Castellani, O and Al-Assaf, S., (2010). Hydrocolloids with emulsifying capacity. Part 2-adsorption properties at the n-hexadecane–Water interface. *Food hydrocolloids* 24: 121-130.

- Descroix, K., Ferrières, V., Jamois, F., Yvin, J. C., & Plusquellec, D. (2006). Recent progress in the field of β -(1, 3)-glucans and new applications. *Mini reviews in medicinal chemistry*, 6(12), 1341-1349.
- Djabourov, M., Leblond, J., & Papon, P. (1988). Gelation of aqueous gelatin solutions. I. Structural investigation. *Journal de physique*, 49(2), 319-332.
- Doehlert, D.C., Angelikousis, S., Vick, B., (2010). Accumulation of oxygenated fatty Acids in oat lipids during Storage. *Cereal Chemistry*, 87(6), 532-537.
- Edvin, R., Morris, L., Taylor, J., Norman Cutler, A., (1983). Oral perception of viscosity in fluid foods and model systems. *Journal of Texture Studies*, 14(4), 377-395.
- Gamel, T. H., Abdel-Aal, E. S. M., Ames, N. P., Duss, R., & Tosh, S. M. (2014). Enzymatic extraction of beta-glucan from oat bran cereals and oat crackers and optimization of viscosity measurement. *Journal of Cereal Science*, 59(1), 33-42.
- Gardiner T., (2000). Beta-glucan biological activities: A review. *Glycosci.* 1:1-6.
- Grundy, M. M. L., Quint, J., Rieder, A., Ballance, S., Dreiss, C. A., Butterworth, P. J., & Ellis, P. R. (2017). Impact of hydrothermal and mechanical processing on dissolution kinetics and rheology of oat β -glucan. *Carbohydrate polymers*, 166, 387-397.
- Horwitz, W., (2002). *Official Methods of Analysis* (17th ed.), Association of Official Analytical Chemists, Inc.: Gaithersburg, USA.
- Irakli, M., Biliaderis, C. G., Izydorczyk, M. S., & Papadoyannis, I. N. (2004). Isolation, structural features and rheological properties of water-extractable β -glucans from different Greek barley cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84(10), 1170-1178.
- Jabeen, S., Chat, O. A., Maswal, M., Ashraf, U., Rather, G. M., & Dar, A. A. (2015). Hydrogels of sodium alginate in cationic surfactants: Surfactant dependent modulation of encapsulation/release toward Ibuprofen. *Carbohydrate polymers*, 133, 144-153.
- Karaman, S., Yilmaz, M. T., & Kavacier, A. (2011). Simplex lattice mixture design approach on the rheological behavior of glucomannan based salep-honey drink mixtures: An optimization study based on the sensory properties. *Food Hydrocolloids*, 25(5), 1319-1326.
- Khan, A. A., Gani, A., Masoodi, F. A., Amin, F., Wani, I. A., Khanday, F. A., and Gani, A., (2016). Structural, thermal, functional, antioxidant and antimicrobial properties of β -D-glucan extracted from baker's yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) - Effect of gamma-irradiation, *Carbohydrate Polymers*. 140, 442-450.
- Kerckhoffs, D. A., Brouns, F., Hornstra, G., & Mensink, R. P. (2002). Effects on the human serum lipoprotein profile of β -glucan, soy protein and isoflavones, plant sterols and stanols, garlic and tocotrienols. *The Journal of nutrition*, 132(9), 2494-2505.
- Liu, R., Li, J., Wu, T., Li, Q., Meng, Y., & Zhang, M. (2015). Effects of ultrafine grinding and cellulase hydrolysis treatment on physicochemical and rheological properties of oat (*Avena nuda* L.) β -glucans. *Journal of cereal science*, 65, 125-131.
- Lazaridou, A., & Biliaderis, C. G. (2007). Molecular aspects of cereal β -glucan functionality: Physical properties, technological applications and physiological effects. *Journal of cereal science*, 46(2), 101-118.
- Lee, S. H., Jang, G. Y., Kim, M. Y., Hwang, I. G., Kim, H. Y., Woo, K. S., & Jeong, H. S. (2016). Physicochemical and in vitro binding properties of barley β -glucan treated with hydrogen peroxide. *Food chemistry*, 192, 729-735.
- Izydorczyk, M. S., & Dexter, J. E. (2008). Barley β -glucans and arabinoxylans: Molecular structure, physicochemical properties, and uses in food products—a Review. *Food Research International*, 41(9), 850-868.
- Attila, P., Pihlava, J. M., & Hellström, J. (2005). Contents of phenolic acids, alkyl- and alkenylresorcinols, and avenanthramides in commercial grain products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(21), 8290-8295.
- Mandala, I. G., Savvas, T. P., & Kostaropoulos, A. E. (2004). Xanthan and locust bean gum influence on the rheology and structure of a white model-sauce. *Journal of Food Engineering*, 64(3), 335-342.
- Manoj, P., Kasapis, S., & Hember, M. W. (1997). Sequence-dependent kinetic trapping of biphasic structures in maltodextrin-whey protein gels. *Carbohydrate Polymers*, 32(2), 141-153.
- Pourmohammadi, K., Aalami, M., Shahedi, M., Sadeghi Mahoonak, A., (1390). Effect of microbial transglutaminase on dough rheological properties of wheat flour supplemented with hull-less barley flour. *Journal of Food Science and Technology*, 21: 269-279. [in Persian].
- Rao, M. A., & Anantheswaran, R. C. (1982). Rheology of fluids in food-processing. *Food Technology*, 36(2), 116-126.
- Rafe, A., Razavi, S. M., & Farhoosh, R. (2013). Rheology and microstructure of basil seed gum and β -lactoglobulin mixed gels. *Food Hydrocolloids*, 30(1), 134-142.
- Ryu, J. H., Lee, S., You, S., Shim, J. H., & Yoo, S. H. (2012). Effects of barley and oat β -glucan structures on their rheological and thermal characteristics. *Carbohydrate polymers*, 89(4), 1238-1243.
- Shah, A., Gani, A., Ahmad, M., Ashwar, B. A., & Masoodi, F. A. (2016). β -Glucan as an encapsulating agent: Effect on probiotic survival in simulated gastrointestinal tract. *International journal of biological macromolecules*, 82, 217-222.
- Skendi, A., Papageorgiou, M., & 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.

- Skendi, A., Biliaderis, C. G., Lazaridou, A., & Izydorczyk, M. S. (2003). Structure and rheological properties of water soluble β -glucans from oat cultivars of *Avena sativa* and *Avena bysantina*. *Journal of cereal science*, 38(1), 15-31.
- Temelli, F. (1997). Extraction and functional properties of barley β -glucan as affected by temperature and pH. *Journal of food science*, 62(6), 1194-1201.
- Wood, P. J. (2007). Cereal β -glucans in diet and health. *Journal of cereal science*, 46(3), 230-238.
- Worrasinchai, S., Supphantharika, M., Pinjai, S., & Jamnong, P. (2006). β -Glucan prepared from spent brewer's yeast as a fat replacer in mayonnaise. *Food hydrocolloids*, 20(1), 68-78.
- Xu, J., Inglett, G. E., Chen, D., & Liu, S. X. (2013). Viscoelastic properties of oat β -glucan-rich aqueous dispersions. *Food chemistry*, 138(1), 186-191.
- Zhu, F., Du, B., & Xu, B. (2016). A critical review on production and industrial applications of beta-glucans. *Food Hydrocolloids*, 52, 275-288.



The effect of hydrothermal processing on rheological properties of oat β -glucan

A. Sattari¹, J. Mohammadzadeh Milani^{2*}, Z. Raftani Amiri², A. Pakdin Parizi³

Received: 2019.08.18

Accepted: 2019.10.09

Introduction: Oat establishes a healthy basis for food products. It has gained relevance in human nutrition because it is one of the few cereals with high content of soluble fiber namely β -glucan, and is a good source of proteins, vitamins, and minerals (Butt et al., 2008). β -glucan is one such polysaccharide that has received much attention from past few years due to its several health beneficial properties, including the ability to remove free radicals in a way identical to antioxidants (Gardiner, 2000). β -glucan is an unbranched polysaccharide consisting of β -D-glucopyranose units linked through (1 $\rightarrow$ 4) and (1 $\rightarrow$ 3) glycosidic bonds in cereals and (1 $\rightarrow$ 6) glycosidic bonds in fungal sources (Ahmad et al., 2016). β -glucan from different sources vary in their molecular structure, chain conformation, solubility, number of β -(1 $\rightarrow$ 3)- or β -(1 $\rightarrow$ 6)-linkage, and thus different biological activities (Descroix et al., 2006). β -glucan is regarded as an important functional ingredient to lower serum cholesterol, promote weight management, reduce glycemic response, enhance immune system, besides having a prebiotic effect (Zhu et al., 2016; Shah et al., 2016). β -glucan from barley and oat at a 3 g/day dosage as recommended by FDA would reduce cardiovascular disease risk including reduction in blood glucose and also has satiety effects. Therefore, in order to meet the demands of people related to diets that has low glycemic index and antioxidant property, non-starch polysaccharides like β -glucan can be used as an ingredient in the products to develop new functional foods (Lee et al., 2016). Oat grain's fat content is more than that of wheat and it is full of lipase, lipoxygenase, and other hydrolytic enzymes. Over time, enzymes lead to the hydrolysis of the fats present in the oat that make the rancidity taste. Due to the effect of enzyme activity on the stability of oat flakes, these enzymes need to be deactivated during oat processing. One of the methods for disabling enzymes is a hydrothermal process (Doehlert et al., 2010). In this study, the effect of hydrothermal process using autoclave on the physical and rheological properties of oat β -glucans in different times and temperatures has been investigated.

Materials and methods: In this study, beta-glucan was extracted from oats using hot water extraction method. Hulled oat grains, it put into autoclave for hydrothermal processing, at three different temperatures of 110, 120 and 130°C in two different time (10 and 20 minutes) intervals, to measure the effect of time and temperature on physiochemical and functional and rheological properties of β -glucan. After extraction, the physiochemical and functional properties of extracted β -glucan such as solubility, foaming, foaming stability and rheological properties were tested. In order to measure the moisture, ash and protein content, the standard methods (AOAC, 2005) were used. The fat content of the flour was measured by the standard AACC method 25-30. The starch was determined by polarimetry method. For solubility measurement, according to Betancur-Anoka (2003) method, after preparing 90 ml of 1% w / v solution from each sample β -glucan, it was divided into 3 equal parts. Then each of them was placed in a warm bath of 25, 50 and 75 °C for 30 minutes. After centrifuging for 15 minutes at about 8000 g, 10 ml of the upper clear solution was transferred to an oven at 125 °C to reach a constant weight. Finally, solubility percentage at different temperatures was calculated.

The foaming capacity and foam stability were studied using the temelli method (1997). For this purpose, 2.5 g, β -glucans was dissolved in 100 mL distilled water. The resulting solution was mixed vigorously for 2 min using a hand held food mixer at high speed in a stainless steel bowl with straight sides and volumes were recorded before and after whipping. To determine foaming capacity, foams were slowly transferred to a 1000 mL graduated cylinder and the volume of foam that remained after staying at 25 $\pm$ 2°C for 2 h was expressed as percentage of the initial foam volume (Temelli et al. 1997; Ashraf Khan et al., 2016). β -Glucan gum solutions were prepared in duplicate in the desired concentration (1.0% of gum, w/w) using distilled water. Rheological properties of the samples were studied by an Anton Paar Physica Rheometer (Physica, MCR 301, Anton Paar GmbH, Germany), with a parallel plate geometry.

Results and discussion: β -glucan obtained from hydrothermal process on oat flour at 120°C for 10 minutes had the highest solubility at 25°C and the lowest solubility at 50°C, and 130°C treatment for 10 minutes had the highest solubility

1 and 2. M. Sc. Student and Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

3. Assistant Professor, Genetics and Biotechnology Institute, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Mazandaran, Iran Assistant Professor, Genetics and Biotechnology Institute, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Mazandaran, Iran

(* Corresponding author :jmilany@yahoo.com)

at 75°C from hydrothermal process on oat flour at 120°C for 10 minutes had the highest solubility at 25°C, and the treatment of 110°C for 10 minutes and also the treatment of 120°C for 20 minutes had the highest solubility at 50°C and 75°C. The amount of foam in treatment at 130°C for 10 minutes were lower than other treatments and the treatment at 110°C for 10 minutes had the highest foaming stability. In the study of rheological properties, the effect of shear rate on viscosity showed by increasing the shear rate, viscosity decreased in all samples. β -glucan from hydrothermal process on oat flour at 120°C for 10 minutes, had the highest amount of viscosity. In the temperature sweep the parameters included G' modulus and G'' modulus, the amount of G' and G'' in β -glucan sample that extracted from hydrothermal process on oat flour were decreased in all samples. Also, G' and G'' of extracted β -Glucan from hydrothermal process on oat flour at 120°C for 10 minutes was higher than other treatments. In the frequency sweep, at a lower frequency, the amount of G'' was more than G' , and both of them were increased by an increasing frequency and the amount of G' , G'' and η^* at 120°C for 10 minutes was higher than other treatments in the frequency of 1 and 10 (Hz). The results showed that the hydrothermal process had a significant effect on the properties and functional properties of β -glucan. Extracted β -glucan sample at 120°C for 10 minutes had the highest solubility at 25°C, and the sample had the lowest solubility at 50°C. The sample treated at 120°C for 20 minutes had the highest solubility at 75°C. The foaming capacity of sample at 130°C for 10 minutes was lower than other treatments and the treatment at 110°C for 10 minutes had the highest foaming stability. In the study of rheological properties, the effect of shear rate on viscosity decreased in all samples and the treatment of 120°C for 10 minutes had the highest amount of viscosity. In temperature sweep measurement, the amount of G' and G'' were decreased in all samples and at 120°C for 10 minutes it had the highest amount of G' and G'' . In the frequency sweep, at a lower frequency, the amount of G'' was more than G' , and both of them were increased by an increasing frequency and the amount of G' , G'' and η^* at 120°C for 10 minutes was higher than other treatments in the frequency of 1 and 10 (Hz).

Keywords: β -glucan, Oat, Hydrothermal processing, Rheological properties

تاثیر عصاره زنجبیل، اسید سیتریک و اولتراسوند بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی گوشت شتر

فروزان جعفری¹ - نفیسه زمین‌دار^{2*} - محمد گلی³ - زهرا قربانی¹

تاریخ دریافت: 1398/03/23

تاریخ پذیرش: 1398/05/28

چکیده

گوشت شتر ارزش تغذیه‌ای بالا و طعم مشابه با سایر منابع گوشت قرمز دارد. در این پژوهش به منظور بهبود ویژگی‌های بافتی تاثیر افزودن محلول‌های ماریناد (5 سطح، زمان (2 سطح) و فرایند اولتراسون (2 سطح) بر روی گوشت شتر بر پایه طرح کاملاً تصادفی مورد بررسی قرار گرفت. قطعات گوشت به دو گروه تقسیم شد و یک گروه تحت فرایند اولتراسون قرار گرفت. پنج گروه محلول ماریناد (عصاره زنجبیل 30%، عصاره زنجبیل 0/5%، 1% و 1/5% اسیدسیتریک و آب مقطر (شاهد)) تهیه شد. قطعات گوشت در داخل محلول‌ها در دمای $4 \pm 1^\circ\text{C}$ داخل کیسه‌های پلی اتیلنی خوابانده شد. پس از طی 24 و 48 ساعت خصوصیات فیزیکوشیمیایی، شاخص‌های رنگ (a^* ، b^* و L^*)، بافت و ساختار میکروسکوپی نمونه‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. نمونه‌های ماریناد شده در عصاره زنجبیل 30% و 1/5% اسیدسیتریک، کمترین میزان pH (بعد از ماریناد و بعد از پخت) و بیشترین میزان افت پخت را نسبت به نمونه شاهد داشتند ($P < 0/05$). برای نمونه‌های گوشت ماریناد شده در عصاره زنجبیل 30%، بالاترین میزان شاخص a^* ، b^* و L^* نسبت به نمونه شاهد گزارش شد ($P < 0/05$). زمان و اولتراسون در بهبود ویژگی‌های بافتی تاثیرگذار بودند. تصاویر میکروسکوپ الکترونی ایجاد تغییرات در ساختار داخلی پروتئین‌های گوشت و افزایش فضای خالی بین میوفیبریل‌ها پس از 48 ساعت را نشان داد. استفاده همزمان از عصاره زنجبیل، اسیدسیتریک و اولتراسوند گزینه مناسب‌تری جهت افزایش تردی گوشت نسبت به نمونه شاهد بود.

واژه‌های کلیدی: گوشت شتر، اولتراسون، ماریناد، اسیدسیتریک

مقدمه

گوشت از جمله مهم‌ترین منابع تامین‌کننده پروتئین و انرژی می‌باشد و در زمره کامل‌ترین مواد غذایی دسته‌بندی می‌شود (Sadeghi et al., 2012). شتر گوشت نسبتاً سفتی دارد و همین دلیلی در جهت بی‌توجهی به آن، علیرغم ارزش غذایی بالا آن شده است. از این رو، به کارگیری روش‌های مناسب جهت ترد کردن گوشت حافظ اهمیت است (Haghi & Carvajal-millan., 2014). امروزه علاوه بر روش‌های طبیعی از دیگر روش‌های مصنوعی از جمله روش‌های مکانیکی، شیمیایی و آنزیمی به منظور ترد کردن استفاده می‌شود که استفاده از روش‌های نام برده صرفه‌جویی در زمان و هزینه را به دنبال خواهد داشت.

محققین از سال 1991 اثر آنزیم‌های گیاهی متفاوتی را برای انواع گوشت مورد بررسی قرار دادند و مشخص کردند که میوه‌هایی همچون آناناس، انجیر، کیوی، زنجبیل سبب افزایش تردی گوشت گاو و بهبود عطر و طعم محصول می‌شوند (Garg & Mendiratta., 2006). یکی از مهم‌ترین منابع آنزیمی گیاهی که به‌طور موثر به منظور ترد کردن

گوشت استفاده می‌شود، پروتئاز زنجبیل به نام زنجیبین است (Kim et al., 2007). Thompson و همکاران (1973) به فعالیت پروتئولیتیکی بالاتر عصاره زنجبیل نسبت به پاپایین و فیسین انجیر اشاره کردند و دلیل آن را اثر بیشتر بر کلاژن در مقایسه با اکتومیوزین بیان نمودند. استفاده از ترکیبات شیمیایی مثل اسیدهای آلی ضعیف (اسید سیتریک و اسید لاکتیک) و فسفات‌ها یکی دیگر از روش‌های ترد کردن مصنوعی گوشت می‌باشد (Haghi & Carvajal-millan., 2014). در پژوهشی اثر ماریناد اسیداستیک (صفر، 0/5، 1 و 1/5 درصد) و کلرید سدیم (2 درصد) بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و کیفی عضله ران شتر یک کوهانه ایرانی طی زمان‌های غوطه‌وری بررسی شد و مشاهده گردید که غلظت و زمان نگهداری در اسیداستیک بر جذب ماریناد، رطوبت، افت پخت، a^* و L^* اثر معنی‌داری داشت (Irajifar et al., 2018). عملکرد اسیدسیتریک به نسبت موثرتر از سایر اسیدهای آلی در ترد کردن گوشت است (Kim et al., 1995). طی پژوهشی که توسط Aktas و همکاران (2003) بر نیروی برشی گوشت گاو به منظور تعیین اثر استفاده از غلظت‌های متفاوت اسیدلاکتیک و اسیدسیتریک

(*-نویسنده مسئول: (Email: n.zamindar@khuif.ac.ir
DOI: 10.22067/ifstrj.v16i2.81294

1. 2 و 3- به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، استادیار و دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان) اصفهان، ایران.

مخلوط شد. مخلوط حاصل با قیف بوخنر (FS5CH، ایران) صاف شد و به عنوان عصاره زنجبیل جمع‌آوری گردید. سپس 30 میلی‌لیتر از مایع صاف شده با آب مقطر به حجم 100 میلی‌لیتر رسانده و به عنوان عصاره 30%، آن استفاده شد (He et al., 2015).

محلول‌های ماریناد

نسبت گوشت به محلول ماریناد (وزنی/ حجمی 1:3) انتخاب شد (Garg V, Mendiratta., 2006). محلول‌های ماریناد استفاده شده در این پژوهش عبارتند از:

- 1- محلول عصاره زنجبیل 30% GE=30%
- 2- محلول حاوی عصاره 30% و 0/5% اسیدسیتریک (Merck، آلمان) 30% GE + 0/5% AC
- 3- محلول حاوی عصاره 30% و 1% اسیدسیتریک 30% GE + 1% AC
- 4- محلول حاوی عصاره 30% و 1/5% اسیدسیتریک AC = 1/5% GE + 30%
- 5- آب مقطر (نمونه شاهد)

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

قطعات گوشت برش داده شده به 2 گروه جهت اعمال فرایند اولتراسوند و بدون اعمال اولتراسوند طبقه‌بندی شد و سپس همه قطعات در داخل کیسه‌های پلی‌اتیلنی قرار گرفت. محلول‌های ماریناد به نسبت ذکر شده به نمونه‌های گوشت هر گروه افزوده شد و در دمای 4 ± 1 درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید. بعد از گذشت 24 و 48 ساعت، نمونه‌ها برای بررسی و انجام آزمون‌ها، از محلول‌های ماریناد خارج شدند (He et al., 2015؛ Abdeldaiem et al., 2013).

آزمون‌های فیزیکی‌شیمیایی

pH

10 گرم نمونه گوشت بدون اعمال و با اعمال فراصوت بعد از ماریناد کردن و همچنین بعد از پخت گوشت با 50 میلی‌لیتر آب مقطر خنک به مدت یک دقیقه همگن شد و سپس pH نمونه‌ها توسط pH متر (Metrohm، سوئیس) قرائت گردید (Naveena et al., 2004).

درصد جذب محلول ماریناد

در پایان زمان ماریناد کردن مقدار اضافی محلول ماریناد با استفاده از کاغذ صافی به آرامی از سطح نمونه‌ها حذف شد. درصد جذب ماریناد مطابق رابطه 1 محاسبه شد (Garg V, Mendiratta., 2006؛ Hosseini et al., 2012؛ Serdaroglu et al., 2006).

صورت گرفت، مشخص گردید که مقدار نیروی برشی در نمونه‌های شاهد بیشتر از نمونه‌های تیمار شده بود.

فراصوت فناوری نوینی است که در تجزیه و اصلاح مواد غذایی کاربرد دارد. مزیت استفاده از فراصوت این است که فرایند در دمای محدود انجام می‌شود (Aktas et al., 2003). طی مطالعات Patist و همکاران (2008) استفاده از فرکانس 24 کیلوهرتز و توان 12 وات در زمان 15 ثانیه موجب کاهش نیروی برشی شد اما در افت پخت تغییری ایجاد نکرد. Barekat و Soltanizadeh (2016) به بررسی اثرات استفاده از فراصوت و پاپائین به عنوان آنزیم برون‌سلولی به صورت همزمان و مجزا بر تردی و خصوصیات ریزساختاری عضله لانگیسموس دورسی گوشت گوساله پرداختند. نتایج آنها نشان داد که استفاده مجزا و ترکیبی از فراصوت و آنزیم، فعالیت آنزیمی گوشت را به طور معنی‌داری افزایش داد و غوطه‌ورسازی گوشت در محلول آنزیمی به همراه اعمال فراصوت باعث افزایش بیشتر تردی گوشت شد. در اکثر مقاله‌ها اثر مطلوب فراصوت بر روی بافت مشاهده شد و می‌توان نتیجه گرفت که فراصوت اثر معنی‌داری روی بافت گوشت دارد. با توجه به مطالب گفته شده هدف از این پژوهش، ارزیابی تاثیر غلظت‌های مختلف اسیدسیتریک، عصاره زنجبیل و اولتراسوند بر تردی بافت گوشت شتر می‌باشد.

مواد و روش‌ها

گوشت شتر

ران شتر نر 4 ساله با نژاد تک کوهانه (بلوچی، تیپ گوشتی، قهوه‌ای) از کشتارگاه نجف آباد تهیه و در اسرع وقت بعد از ذبح دام در کیسه‌های پلی‌اتیلنی گذاشته شد. نمونه‌های تهیه شده در شرایط سرد سریعاً به آزمایشگاه منتقل و در دمای 4 ± 1 درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید. بعد از 24 ساعت گوشت به اندازه $3 \times 3 \times 3$ سانتی‌متر بریده و به طور تصادفی به 20 گروه جهت افزودن محلول‌های ماریناد برای دو زمان 24 و 48 ساعت تقسیم شد (Abdeldaiem et al., 2013).

فرایند اولتراسوند

نیمی از قطعات گوشت بدون اعمال فرایند اولتراسوند آماده قرارگیری در محلول‌های ماریناد شده و نیمی دیگر از قطعات گوشت جهت اعمال فرایند اولتراسوند توسط دستگاه اولتراسوند (Topsonic، ایران) تحت فرکانس 20 کیلوهرتز و شدت جریان 25 کیلوولت و توان 400 وات قرار گرفته و سپس در محلول‌های ماریناد قرار گرفت.

عصاره زنجبیل 30%

ریزوم تازه زنجبیل، شسته و پوست‌گیری و برش زده شد. سپس به مقدار مساوی با آب مقطر 4 درجه سانتی‌گراد به مدت 2-1 دقیقه

اسیدسیتریک) در دو زمان (24 و 48 ساعت) و 2 فرایند (بدون اعمال اولتراسوند و اعمال 3 دقیقه اولتراسوند) بر فاکتورهای فیزیکوشیمیایی گوشت شتر به‌وسیله طرح کاملاً تصادفی در قالب آزمون فاکتوریل با 3 تکرار مورد بررسی قرار گرفت. برای آزمون آماری از نرم‌افزار SAS برای مقایسات میانگین از آزمون LSD در سطح احتمال 5% استفاده شد. رسم نمودارها با Excel انجام گرفت.

نتایج و بحث

pH بعد از ماریناد و بعد از پخت

بر اساس نتایج به‌دست آمده از جدول 1، pH بعد از ماریناد گوشت بین تمامی نمونه‌ها تفاوت معنی‌داری داشت ($P < 0/05$) و تمامی نمونه‌ها pH کمتری نسبت به نمونه شاهد داشتند. در بین نمونه‌ها، pH گوشت ماریناد شده و pH گوشت بعد از پخت در محلول زنجبیل به علت بالاتر بودن pH ذاتی عصاره زنجبیل (6/64)، بالاتر از سایر نمونه‌های ماریناد شده مشاهده شد ($P < 0/05$) که مطابق با نتایج کار Garg و Mendiratta (2006) بود. با افزودن غلظت اسید سیتریک، pH نمونه‌های گوشت ماریناد شده و گوشت پخته شده کاهش معنی‌داری پیدا کرد ($P < 0/05$). بیشترین کاهش pH بعد از ماریناد و بعد از پخت در نمونه‌های ماریناد شده با عصاره زنجبیل 30 درصد و 1/5 درصد اسید سیتریک مشاهده شد ($P < 0/05$) که مطابق با نتایج Serdaroglu و همکاران (2006) بود، زیرا ماریناد اسیدی سبب کاهش pH به زیر نقطه ایزوالکتریک پروتئین‌ها شده و از طرفی افزایش بارهای مثبت سبب ایجاد نیروی دافعه و تضعیف ساختار پروتئین می‌گردد و نفوذ محلول ماریناد به درون ساختار ماهیچه متورم شده بر میزان آبدار بودن و تردی نمونه افزوده کرد.

نتایج حاکی از آن بودند که پخت نمونه‌ها سبب افزایش pH شد (جدول 1)، چرا که پختن سبب انعقاد و افزایش دنا توره شدن پروتئین‌های ماهیچه و در نتیجه کاهش گروه‌های کربوکسیلیک در دسترس در پروتئین و آزاد شدن کلسیم و منیزیم از پروتئین‌ها گردید (Abdeldaiem et al., 2013; Naveena et al., 2004).

افزایش معنی‌دار pH نمونه‌های ماریناد شده ($P < 0/05$) پس از گذشت 48 ساعت (جدول 2) به دلیل خروج آب از بافت گوشت بود که با یافته‌های Kim و همکاران (1995) مطابقت داشت. با اعمال فرایند اولتراسیون (جدول 3) بر قطعات گوشت، pH بعد از ماریناد پایین‌تری نسبت به نمونه‌ی بدون اعمال اولتراسیون مشاهده گردید ($P < 0/05$)، چرا که اعمال اولتراسوند باعث گردید که کاتاپسین کاهش پیدا کند. کاتاپسین آنزیمی موجود در گوشت و دارای فعالیت اسیدی است (Lyng et al., 1997). اما اعمال امواج اولتراسیون به صورت معنی‌داری سبب بالاتر بودن pH بعد از پخت نمونه نسبت به نمونه بدون اعمال اولتراسیون گزارش گردید ($P < 0/01$)، که مطابق با نتایج

$$(1) \quad \text{جذب ماریناد \%} = \left[\frac{\text{وزن نمونه بعد از ماریناد کردن} - \text{وزن اولیه}}{\text{وزن اولیه}} \right] \times 100$$

رنگ

ارزیابی رنگ بر روی نمونه‌های گوشت ماریناد شده با اعمال و بدون اولتراسوند، با استفاده از دستگاه محفظه نوری (RGB-1002، تایوان) انجام گرفت و شاخص‌های رنگ بر حسب مقادیر a^* و b^* گزارش شد (Barbut, 2004).

نیروی برش

بعد از 24 و 48 ساعت ماریناد کردن نمونه‌ها، قطعات گوشت از محلول‌های ماریناد خارج و با آب مقطر شسته و در آون (Behdad-3493، ایران) در دمای 180 سانتی‌گراد به مدت 20 دقیقه پخته شد. بعد از خنک شدن نمونه‌های پخته شده به مدت یک شبانه روز در دمای 4 ± 1 درجه سانتی‌گراد، استوانه‌هایی به قطر 1/27 سانتی‌متر از نمونه‌ها موازی محور فیبر عضلانی تهیه گردید و سپس توسط تیغه وارنر براترلر دستگاه بافت‌سنج (Santam-STM20، ایران) با ظرفیت بارگذاری 50 کیلوگرم و سرعت حرکت پروپ 200 میلی‌متر بر دقیقه برش داده شد. حداکثر نیروی مورد نیاز برای برش محصول با توجه به منحنی نیرو- جابه‌جایی بر حسب نیوتن گزارش شد (Karimi et al., 2008; Hosseini et al., 2012).

درصد افت پخت

پس از انجام عمل پخت، درصد افت پخت مطابق رابطه 2 محاسبه گردید (Karimi et al., 1995; He et al., 2015; Kim et al., 2008; Hosseini et al., 2012).

$$(2) \quad \text{افت پخت \%} = \left[\frac{\text{وزن بعد از پخت} - \text{وزن قبل از پخت}}{\text{وزن قبل از پخت}} \right] \times 100$$

ساختار درون ماهیچه‌ای بافت پیوندی

نمونه‌های با اعمال و بدون اعمال اولتراسیون پس از 24 و 48 ساعت ماریناد شدن، در دستگاه فریزد رایر (Dena-5005، ایران) به مدت 24 ساعت خشک گردیدند و سپس تغییرات در ساختار فیبرهای کلاژن و پروتئین‌های ماهیچه توسط تصاویر میکروسکوپ الکترونی (Philips CM300FEG/UT، هلند) با بزرگمایی $\times 100$ مورد بررسی قرار گرفت (Naveena et al., 2004).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

در این پژوهش اثر 5 محلول ماریناد (شاهد (آب مقطر)، عصاره زنجبیل 30%، عصاره زنجبیل 30% و 0/5% اسیدسیتریک، عصاره زنجبیل 30% و 1% اسیدسیتریک و عصاره زنجبیل 30% و 1/5%

Jayasooriya و همکاران (2007) و Stadnik و همکاران (2008) اثر متقابل اولتراسیون - زمان و اولتراسیون - محلول - زمان (شکل 1- الف) بر تغییرات pH بعد از پخت گوشت ماریناد شده معنی دار ($P<0/05$) ولی اثر متقابل محلول - زمان و محلول - اولتراسیون بر تغییرات آن معنی دار گزارش نشد.

اثر متقابل محلول - اولتراسیون ($P<0/01$) بر تغییرات pH گوشت شتر بعد از ماریناد معنی دار بود اما اثر متقابل محلول - زمان و محلول - اولتراسیون و محلول - اولتراسیون - زمان معنی دار بیان نشد.

جدول 1- مقایسه میانگین اثر محلول بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی گوشت شتر

نوع محلول	pH بعد از ماریناد	pH بعد از پخت	جذب محلول ماریناد (%)	افت پخت (%)	L*	a*	b*	نیروی برش (N)
شاهد (آب مقطر)	5/33±0/11 ^a	5/77±0/2 ^a	4/67±2/03 ^a	56/93±2/91 ^c	30/02±2/1 ^{ab}	26/08±1/59 ^a	10/23±1/16 ^d	98/36±1/58 ^a
30 GE	5/28±0/13 ^a	5/64±0/12 ^b	5/15±2/59 ^a	58/44±3/61 ^{bc}	31/21±2/97 ^a	31/4±3/34 ^b	18/8±1/26 ^a	95/27±3/11 ^b
30GE+0/5AC	5/09±0/2 ^b	5/55±0/18 ^c	4/94±2/18 ^a	61/87±5/43 ^a	29/62±2/94 ^b	23/37±2/45 ^c	18/03±1/02 ^a	82/9±7/34 ^c
30 GE+ 1 AC	4/75±0/16 ^c	5/26±0/19 ^d	4/69±1/82 ^a	59/79±2/62 ^b	29/41±3/34 ^b	19/27±1/34 ^d	14/03±1/66 ^b	80/34±6/14 ^d
30GE+1/5AC	4/66±0/14 ^d	5/03±0/21 ^e	4/72±1/56 ^a	62/83±3/63 ^a	26/81±4/94 ^c	18/99±0/85 ^d	11/84±0/69 ^c	77/78±4/42 ^e

-اعداد، میانگین (سه تکرار) ± انحراف معیار هستند

-اعدادی که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند، اختلاف معنی داری از نظر صفات مورد بررسی از لحاظ آزمون LSD با یکدیگر دارند ($P\leq 0/05$).

-GE: عصاره زنجبیل و AC: اسیدستریک

درصد جذب

بر اساس نتایج به دست آمده از جدول 1 تفاوت معنی داری بین درصد جذب ماریناد در قطعات گوشت مشاهده نشد و با افزایش زمان ماریناد در 48 ساعت درصد جذب به طور معنی داری ($P<0/05$) افزایش یافت (جدول 2).

در بیان علت این افزایش می توان گفت گذشت زمان و انبساط ماتریکس پروتئینی سبب نفوذ محلول اسیدی گردید (Gault, 1985). اعمال فرایند اولتراسیون به علت ایجاد ریزش و افزایش شیارهای بین الیاف و تارهای (فیبرهای) ماهیچه در اثر کاویتاسیون، سبب افزایش معنی دار ($P<0/05$) درصد جذب ماریناد در نمونه ها شد (جدول 3). نتایج به دست آمده با تحقیقات Ozuna و همکاران (2013) مطابقت داشت. اثر متقابل محلول - اولتراسیون ($P<0/01$) بر تغییرات درصد جذب محلول های ماریناد معنی دار می باشد اما اثر متقابل محلول - زمان، اولتراسیون - زمان و محلول - اولتراسیون - زمان بر تغییرات آن معنی دار گزارش نشد.

نیروی برش

نیروی برش مهم ترین شاخص معرف تردی گوشت است (Zhao et al., 2012). نتایج به دست آمده از جدول 1 نشان داد مقدار نیروی برش در 4 محلول نسبت به نمونه کنترل کاهش معنی داری ($P<0/05$) داشت. کاهش نیروی برشی در گوشت های ماریناد شده با عصاره

زنجبیل، به دلیل پروتئولیز پروتئین های ماهیچه مثل پروتئین های میوفیبریلی توسط آنزیم زینجبین موجود در زنجبیل بود (Thompson et al., 1973؛ Naveena et al., 2004). با افزایش غلظت اسید به کار رفته pH گوشت کاهش یافت و کاهش pH به دلیل ایجاد تغییراتی که در ساختار پروتئین های گوشت، موجب کاهش نیروی برشی به طور معنی داری ($P<0/05$) شد (Burke et al., 2003؛ He et al., 2015). نتایج به دست آمده از جدول 2 نشان داد با افزایش زمان ماریناد کردن به 48 ساعت، میزان نیروی برش به طور معنی داری کاهش یافت ($P<0/05$) که این خود بیانگر این بود که افزایش بازه زمانی ماریناد باعث افزایش شدت تاثیر محلول های ماریناد و تغییرات ساختار پروتئین های گوشت گردید.

همچنین امواج اولتراسونیک سبب کاهش معنی دار ($P<0/05$) نیروی برشی در نمونه ها شدند (جدول 3) که مطابق با یافته های Jorgensen و همکاران در سال 2012 بود. امواج اولتراسونیک با فرایند کاویتاسیونی که ایجاد می کنند موجب تغییر ساختار آن و در نهایت افزایش تردی ماهیچه شد (Jayasooriya et al., 2004؛ Koohmaraie et al., 1996).

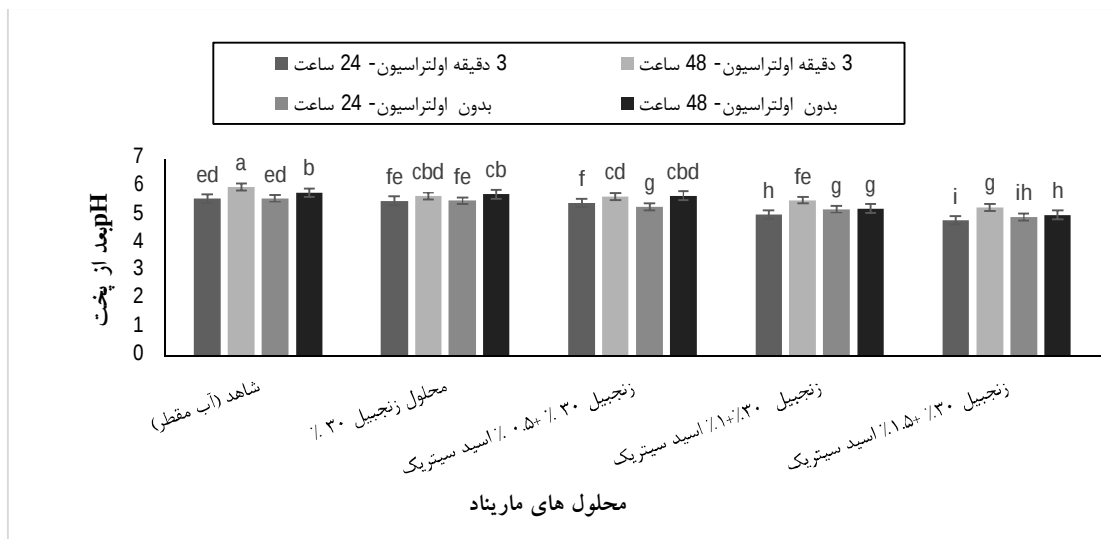
اثر متقابل محلول - زمان بر تغییرات نیروی برش معنی دار بود ($P<0/05$) اما اثر متقابل محلول - اولتراسیون، اولتراسیون - زمان و محلول - اولتراسیون - زمان بر تغییرات آن معنی دار گزارش نشد.

جدول 2- مقایسه میانگین اثر زمان بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی گوشت شتر

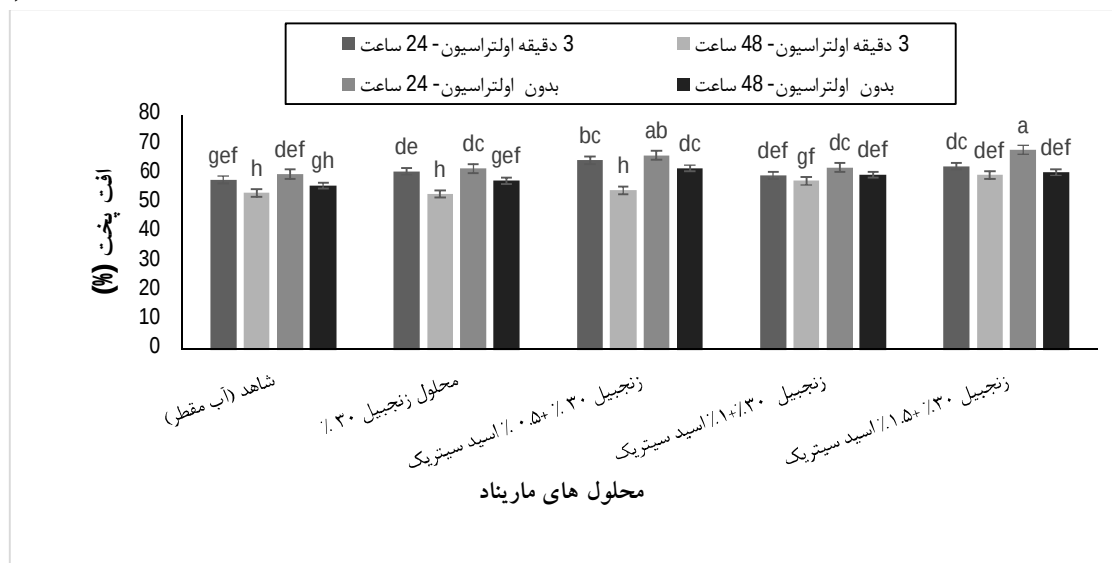
زمان (ساعت)	pH بعد از ماریناد	pH بعد از پخت	جذب محلول ماریناد (%)	افت پخت (%)	L*	a*	b*	نیروی برش (N)
24	4/94±0/27 ^b	5/31±0/28 ^b	3/12±0/7 ^b	62/48±3/52 ^a	31/89±1/78 ^a	23/25±4/98 ^b	14/22±3/39 ^b	90/96±7/14 ^a
48	5/11±0/33 ^a	5/59±0/31 ^a	6/54±1/28 ^a	57/46±3/36 ^b	26/94±3/21 ^b	24/4±5/21 ^a	14/95±3/79 ^a	82/9±10/21 ^b

- اعداد، میانگین (سه تکرار) ± انحراف معیار هستند

- اعدادی که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند، اختلاف معنی‌داری از نظر صفات مورد بررسی از لحاظ آزمون LSD با یکدیگر ندارند ($P \leq 0/05$).



(الف)



(ب)

شکل 1- اثر متقابل محلول - اولتراسیون - زمان بر (الف) تغییرات pH بعد از پخت و (ب) افت پخت گوشت ماریناد شده

* میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، اختلاف معنی‌دار در تغییرات pH بعد از پخت ($P < 0/05$) و افت پخت ($P < 0/01$) گوشت ماریناد شده ندارند.

افت پخت

قطعات گوشت ماریناد شده در عصاره‌های مختلف تفاوت معنی‌داری ($P < 0/05$) در میزان درصد افت پخت نشان دادند (جدول 1)، به گونه‌ای که نمونه‌های ماریناد شده در عصاره زنجبیل و غلظت‌های مختلف اسید سیتریک افت پخت بالاتری نسبت به سایر نمونه‌ها داشتند. علت بیشتر بودن میزان افت پخت در نمونه‌های ماریناد شده در عصاره زنجبیل 30 درصد با غلظت‌های مختلف اسید سیتریک نسبت به محلول شاهد این بود که زنجبیل باعث هیدرولیز بافت پیوندی شد و از طرفی با افزوده شدن اسید، هیدرولیز با سرعت بیشتری رخ داده و در نتیجه ظرفیت نگهداری آب کاهش و افت پخت بیشتری دیده شد. نتایج با یافته‌های Abdeldaiem و همکاران (2013) مطابقت داشت. نمونه‌های گوشت بدون اعمال اولتراسیون نسبت به نمونه‌های گوشتی که فرایند اولتراسیون بر روی آنها اعمال شد به‌طور معنی‌داری ($P < 0/05$) افت پخت بالاتری را نشان دادند (جدول 3). امواج اولترا با تغییر در ساختمان گوشت قدرت اتصال در گوشت را افزایش داده و

سبب افزایش ویژگی‌های نگهداری آب در آن شد به همین دلیل افت پخت محصول کاهش یافت (Gambuteanu et al., 2013) که مطابق با نتایج به‌دست آمده در مورد درصد جذب ماریناد در این مطالعه بود.

در خصوص تاثیر مدت زمان ماریناد کردن بر میزان افت پخت مطابق با جدول 2، نمونه‌هایی که به مدت 48 ساعت ماریناد شده بودند، نسبت به نمونه‌هایی که 24 ساعت در محلول ماریناد قرار گرفته بودند، میزان افت پخت کمتری را نشان دادند ($P < 0/05$). به علت شکستگی‌های ایجاد شده در ساختار پروتئین‌های میوفیبریلی و بافت پیوندی، گذر زمان سبب نفوذ بیشتر محلول ماریناد در ساختار ماهیچه و افت پخت پایین‌تر در آن شد. اثر متقابل محلول - زمان و محلول - اولتراسیون - زمان (شکل 1- ب) بر تغییرات افت پخت گوشت معنی‌دار بوده است ($P < 0/05$) ولی اثر متقابل محلول - اولتراسیون و اولتراسیون - زمان معنی‌دار بیان نشد.

جدول 3- مقایسه میانگین اثر اعمال اولتراسیون بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی گوشت شتر

اولتراسیون	pH بعد از ماریناد	pH بعد از پخت	جذب محلول ماریناد (%)	افت پخت (%)	L*	a*	b*	نیروی برش (N)
3 دقیقه اولتراسیون	4/95±0/33 ^b	5/47±0/33 ^a	5/2±2/03 ^a	58/43±4/13 ^b	28/3±3/98 ^b	22/65±3/87 ^b	14/44±3/23 ^a	85/91±9/9 ^b
بدون اولتراسیون	5/1±0/28 ^a	5/42±0/31 ^b	4/47±1/94 ^b	61/52±3/83 ^a	30/53±2/77 ^a	25/00±5/9 ^a	14/73±3/95 ^a	87/95±9/42 ^a

- اعداد میانگین (سه تکرار) ± انحراف معیار هستند

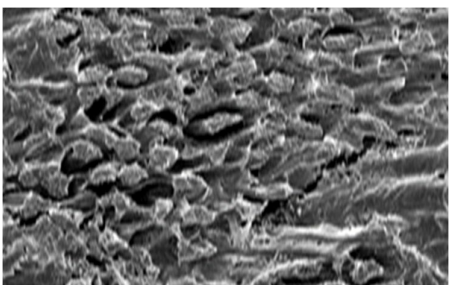
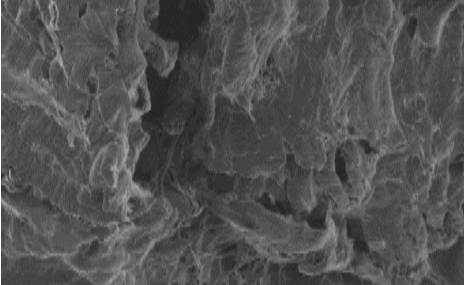
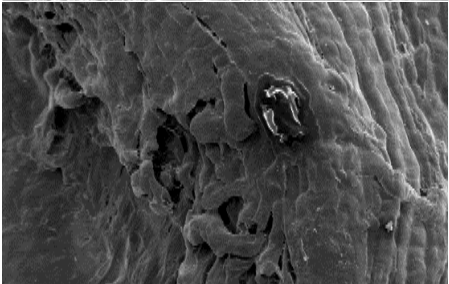
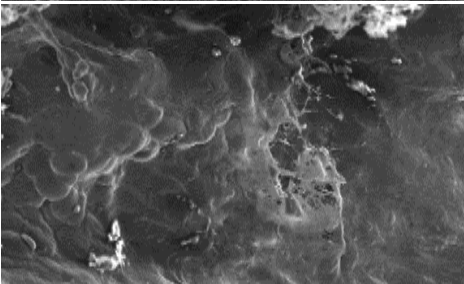
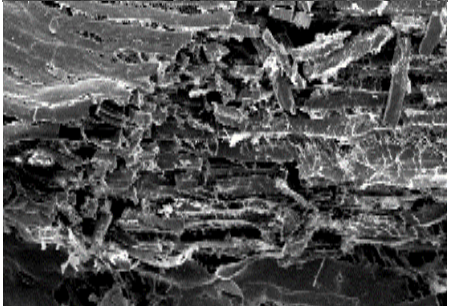
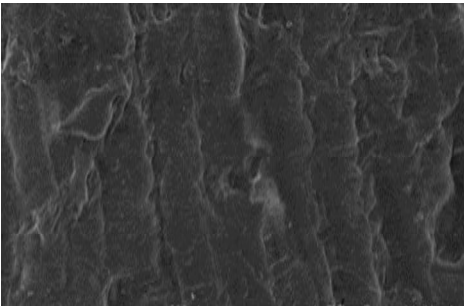
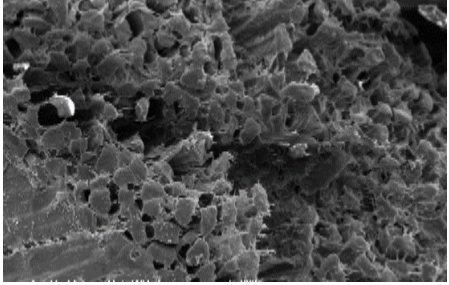
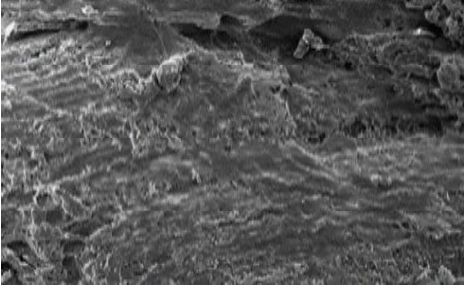
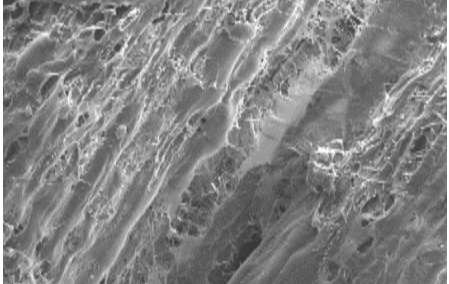
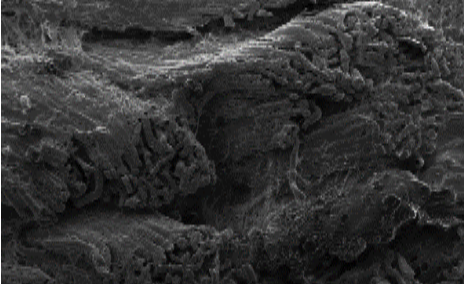
- اعدادی که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند، اختلاف معنی‌داری از نظر صفات مورد بررسی از لحاظ آزمون LSD با یکدیگر ندارند ($P \leq 0/05$).

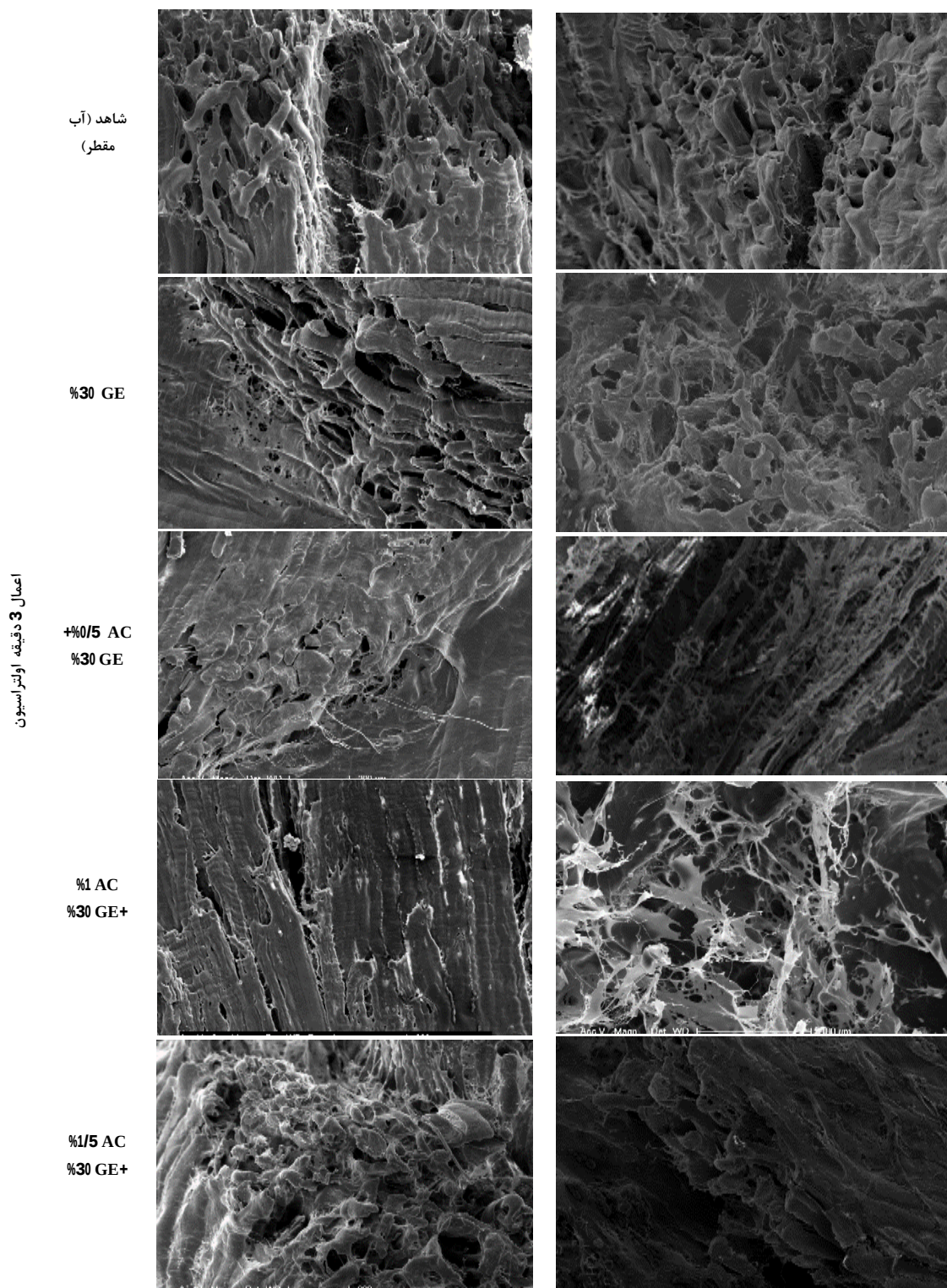
شاخص‌های رنگ

یکی از خصوصیات مهم گوشت رنگ آن است که اثر مهمی بر روی تصمیم‌گیری مصرف‌کننده به‌منظور خرید گوشت دارد زیرا معمولاً با کیفیت محصولات در ارتباط است. شاخص L^* بیانگر رنگ سفید تا سیاه، a^* سبز تا قرمز و b^* آبی تا زرد است. نتایج حاصل از جدول 1 نشان داد که نمونه گوشت ماریناد شده در محلول زنجبیل 30 درصد بالاترین مقدار L^* ، a^* و b^* را داشتند ($P < 0/05$) و بر طبق گزارشات ارائه شده، پروتئین‌های گوشت در بالای نقطه ایزوالکتریک به دلیل افزایش بارهای منفی، ایجاد دافعه بین پروتئین‌ها و افزایش جذب مواد ماریناد، ظاهر روشن‌تر و قرمزتری را نشان دادند (Hinkle et al., 2009). بیشترین مقدار b^* در آنها نیز احتمالاً به دلیل رنگ زرد زنجبیل بود. با افزوده شدن غلظت اسید سیتریک شاخص‌های L^* ، a^* و b^* کاهش یافت به گونه‌ای که برای نمونه‌های ماریناد شده در عصاره زنجبیل 30% و 1/5% اسید سیتریک پایین‌ترین میزان L^* به دلیل دناتوره شدن پروتئین‌های سارکوپلاسمیک با کاهش pH به زیر نقطه ایزوالکتریک (Serdaroglu et al., 2006؛ Hosseini et al., 2015) و پایین‌ترین میزان a^* به علت تبدیل میوگلوبین به مت میوگلوبین

(Lawrie et al., 2006) گزارش شد. بازه‌های زمانی ماریناد کردن از نظر میزان شاخص‌های L^* و a^* ($P < 0/05$) و b^* ($P < 0/01$)، با یکدیگر اختلاف معنی‌دار داشتند (جدول 2) به گونه‌ای که با افزایش زمان ماریناد کردن از میزان روشنی نمونه‌ها کاسته شد و میزان شاخص‌های a^* و b^* افزایش یافت. چراکه افزایش بازه زمانی ماریناد کردن تغییرات بیان شده را شدت بخشیدند (Lawrie et al., 2006). در جدول 3 مشاهده شد که نمونه گوشت ماریناد شده با اعمال 3 دقیقه اولتراسیون نسبت به نمونه بدون اعمال اولتراسیون به‌طور معنی‌داری ($P < 0/05$) شاخص‌های L^* و a^* پایین‌تری به دلیل تغییر شکل و تخریب سلول‌ها توسط امواج اولتراسوند داشتند (Ghorbani et al., 2013).

اثر متقابل محلول - اولتراسیون بر تغییرات شاخص a^* معنی‌دار بود ($P < 0/05$) اما اثر متقابل محلول - زمان، اولتراسیون - زمان و محلول - اولتراسیون - زمان بر تغییرات آن معنی‌دار گزارش نشد. همچنین اثر متقابل محلول - زمان و اولتراسیون - زمان بر تغییرات شاخص L^* معنی‌دار بود ($P < 0/05$)، اما اثر متقابل محلول - اولتراسیون و محلول - اولتراسیون - زمان بر تغییرات آن معنی‌دار گزارش نشد.

محللول	بعد از 24 ساعت	بعد از 48 ساعت
شاهد (آب مقطر)		
%30 GE		
بدون اولتراسوند %0/5 AC %30 GE		
%1 AC %30 GE+		
%1/5 AC %30 GE+		



شکل 2- تصویر میکروسکوپ الکترونی ماهیچه ران شتر (با در نظر گرفتن فرایند اولتراسیون، زمان، محلول‌های متفاوت)

* GE: عصاره زنجبیل و AC: اسیدسیتریک

پارگی ساختمان میوفیبریل‌ها، خروج مواد مترشحه از داخل بافت و ایجاد فضای خالی بین میوفیبریل‌ها و آسیب به بافت آندومیوزیوم و سارکولما در نمونه‌هایی که تحت تیمار اولتراسوند واقع شده بودند به مراتب بیشتر از نمونه‌های بدون اعمال اولتراسوند بود که مطابق با یافته‌های Jimenez و همکاران (2007) گزارش شد.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق تاثیر عصاره زنجبیل، اسید سیتریک و اولتراسوند بر ویژگی‌های فیزیکیوشیمیایی گوشت شتر بررسی شد. نتایج حاصل نشان داد گوشت ماریناد شده در عصاره زنجبیل 30% و 1/5% اسیدسیتریک پایین‌ترین میزان pH را بعد از ماریناد و همچنین بعد از پخت نشان دادند و افت پخت بالاتری را به دلیل نزدیک شدن pH به نقطه ایزوالکتریک گوشت داشتند. همچنین مشاهده شد استفاده هم زمان از عصاره زنجبیل و اسید سیتریک باعث بهبود خصوصیات بافتی و کاهش بیشتر نیروی برش گوشت شد.

زمان 48 ساعت بعد از ماریناد کردن، در بهبود ویژگی‌های بافتی گوشت اثرگذار بود به‌طوری که نیروی برش قطعات گوشت کاهش معنی‌دار نسبت به نمونه‌هایی که 24 ساعت از ماریناد کردن آنها می‌گذشت را نشان داد. همچنین در این تحقیق اعمال فرایند اولتراسیون نیز در بهبود خصوصیات بافتی تاثیر گذار گزارش شد، به‌گونه‌ای که با اعمال 3 دقیقه فرایند اولتراسیون نیروی برش نمونه گوشت کاهش معنی‌داری نسبت به نمونه بدون اعمال اولتراسوند داشت.

استفاده همزمان از زنجبیل و اسیدسیتریک باعث تغییر در ساختار داخلی پروتئین‌های میوفیبریلی و بافت پیوندی گردید. آسیب در ریزساختار گوشت و افزایش فاصله بین سلول‌های عضلانی در همه نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد بیشتر دیده گردید. اما در نمونه‌های گوشت ماریناد شده در عصاره زنجبیل 30% و 1/5% اسید سیتریک و اولتراسوند شده آسیب‌های ایجاد شده بسیار شدیدتر از سایر نمونه‌ها بود.

بنابر نتایج به‌دست آمده از این پژوهش استفاده از عصاره زنجبیل 30% و 1/5% اسید سیتریک همراه با اعمال اولتراسوند جهت افزایش تردی گوشت شتر نسبت به نمونه کنترل پیشنهاد می‌شود.

اثر متقابل محلول - اولتراسیون بر تغییرات شاخص b^* گوشت شتر معنی‌دار بود ($P < 0/05$)، اما اثر اولتراسیون، اثر متقابل محلول - زمان و اولتراسیون - زمان و محلول - اولتراسیون - زمان بر تغییرات آن معنی‌دار بیان نشد.

ساختار درون ماهیچه‌ای

تصاویر میکروسکوپ الکترونی نمونه‌های گوشت با اعمال و بدون اعمال فرایند اولتراسیون پس از 24 و 48 ساعت ماریناد کردن توسط میکروسکوپ الکترونی در شکل 2 نمایش داده شد.

بررسی داده‌های حاصل از تصاویر میکروسکوپ الکترونی پس از طی 24 و 48 ساعت ماریناد بیانگر این بود که در نمونه کنترل (آب مقطر) تمامی فیبرهای ماهیچه‌ای بدون هیچ گونه حفره‌ای در ساختمان گوشت با نظم خاصی در کنار یک دیگر متصل شده‌اند. در حالی که در نمونه‌های ماریناد شده با عصاره زنجبیل، فیبرهای ماهیچه در قسمت‌های مختلفی دچار شکاف شده‌اند و پارگی ساختار میوفیبریل‌ها و در نهایت تشکیل فضای خالی بین میوفیبریل‌ها دیده شد. که این امر می‌تواند به دلیل آسیب بافت پیوندی داخلی و سارکولما در نزدیکی فیبرهای ماهیچه باشد، که این فضای خالی توانایی نگهداری آب را افزایش داده و کاهش افت پخت محصول را به دنبال داشته است. این یافته‌ها با نتایج Naveena و همکاران (2004) مشابهت داشت.

در نمونه‌های مورد بررسی ماریناد شده با عصاره زنجبیل و اسید سیتریک مشخص شد که فیبرهای ماهیچه در دسته‌های متفاوتی دچار شکستگی شدند و اتصال آنها به یکدیگر ضعیف شدند. آسیب‌دیدگی میوفیبریل‌ها با ازدیاد مواد مترشحه از بافت مورد بررسی قرار گرفتند. این امر خود موجب ازدیاد فضای بین میوفیبریل‌ها یا فضای بین فیبرهای عضلانی شد در نتیجه موجب ایجاد حفره بین آنها گردید. این حفره احتمالاً به‌خاطر آسیب بافت پیوندی آندومیوزیوم و سارکولما اطراف فیبرهای ماهیچه به‌وجود آمد. آسیب‌دیدگی ساختار عضلانی در عکس‌های میکروسکوپ الکترونی مشاهده گردید. این امر خود بیانگر این بود که فیبرهای قوی عضلانی آسیب دیده و غشاهای سلولی شدیداً تجزیه شدند. اتصالات دسته‌های میوفیبریل و سارکولما در اغلب سلول‌ها کاملاً از بین رفت. آسیب به ساختمان بافت پیوندی درون ماهیچه‌ای یکی دیگر از دلایل ترد شدن گوشت به‌شمار می‌آیند. تغییرات به‌وجود آمده در ساختمان درونی بافت عضلانی با یافته‌های Ketnawa و همکاران (2011) تطابق داشت

منابع

- Abdeldaiem, M.H., Hoda, G.M.A., 2013, Tenderization of camel meat by using fresh ginger (*Zingiber officinale*) extract. *Journal of food science and Quality Management*, 21, 12–26.
- Aktas, O., Waiczies, S., Smorodchenko, A., Dörr, J., Seeger, B., Prozorovski, T., Sallach, S., Endres, M., Brocke, S., Nitsch, R., Zipp, F., 2003, Treatment of Relapsing Paralysis in Experimental Encephalomyelitis by Targeting Th1 Cells through Atorvastatin. *Journal of Muscle Foods*, 197, 725–733.

- Barbut, S., 2004, Effect of three commercial light sources on acceptability of Salmon, Snapper and Sea Bass fillets. *Aquaculture*, 236, 321–329.
- Barekat, S., Soltanizadeh, N., 2016, Improvement of meat tenderness by simultaneous application of high-intensity ultrasonic radiation and papain treatment. In Proc. 24rd Iranian Food Science Technology Congress. Tarbiat Modares University, Tehran. 18-20 October (pp. 1-5)
- Burke, R.M., Monahan, F.J., 2003, The tenderization of shin beef using a citrus juice marinade. *Journal of Meat Science*, 63(2), 161- 168.
- Gambuteanu, C., Filimon, V., Alexe, P., 2013, Effects of ultrasound on technological properties of meat a review. *Food Science and Technology*, 14, 176–182.
- Garg, V., Mendiratta, S.K., 2006, Studies On Tenderization And Preparation Of Enrobed Pork Chunks In Microwave Oven. *Meat science*, 74, 718–726.
- Gault, N.F.S., 1985, The Relationship Between Water-Holding Capacity And Cooked Meat Tenderness In Some Beef Muscles As Influenced By Acidic Conditions Below the Ultimate pH. *Meat science*, 15, 15–30.
- Ghorbani, R., Dehghannia, J., Seyedlu Heris, S., Ghanbarzade, B., 2013, Modeling Color Parameters during Plums Drying Pretreated with Ultrasound and Osmotic Dehydration. *Food Process Preserv Reserv Persion*, 1, 27–60.
- Irajifar, M., Varidi, M.J. M., Varidi, M., Zahedi, Y., 2018, Effects of sodium chloride / acetic acid marinade on some quality properties of Iranian one-humped camel meat. *Food Research*, 1, 145-160.
- Lawrie, R.A., Ledward, D.A., 2006. Lawries meat science. 7th edn, USA: Woodhead Publishing Limited and CRC Press, 422.
- Lyng, J.G., Allen, P., Mckenna, B.M., 1997, The influence of high intensity ultrasound baths on aspects of beef tenderness. *Journal of Muscle Foods*, 8, 237-249.
- Haghi, K., 2014, Carvajal-millan E. Food Composition And Analysis. CRC Press, 1th edn, New Jersey.
- He, F.Y., Kim, H.W., Hwang, K.E., Song, D.H., Kim, Y.J., Ham, Y.K., Kim, S.Y., Yeo, I.J., Jung, T.J., Kim, C.J., 2015, Effect of Ginger Extract and Citric Acid on the Tenderness of Duck Breast Muscles. *Korean Society for Food science of Animal Recources*, 35, 721–730.
- Hinkle, J.B., Calkins, C.R., Mello, A.S., De Senaratne, L.S., Pokharel, S., 2009, Acid Marination for Tenderness Enhancement of the Beef Round. MSc thesis, University of Nebraska, Lincoln.
- Hosseini, S.E., Esfahani Mehr, A., 2012, The Effect Of Meat Marinating With Lactic And Citric Acid On Some Physicochemical And Electrophoretic Pattern Of Beef Burger. *Iranian Journal of Velerinary Medicine*, 9, 103–108.
- Jayasooriya, S.D., Torley, P.J., D’Arcy, B.R., Bhandari, B.R., 2007, Effect of high power ultrasound and ageing on the physical properties of bovine Semitendinosus and Longissimus muscles. *Meat Science*, 75, 628–639.
- Jayasooriya, S.D., Bhandari, B.R., Torley, P., D’Arcy, B.R., 2004, Effect of High Power Ultrasound Waves on Properties of Meat: A review. *International Journal of Food Properties*, 7, 301–319.
- Jimenez, A., Beltran, G., Uceda, M., 2007. High-Power Ultrasound in Olive Paste Pretreatment. Effect on Process Yield and Virgin Olive Oil Characteristics. *Ultrasonics Sonochemistry*, 14, 725– 731.
- Jorgensen, S., Chapple, T., Hoyos, M., Reeb, C., Block, B., 2012, Connectivity among White Shark Coastal aggregation areas in the Northeastern Pacific in Global Perspectives on the Biology and Life History of the White Shark. International Conference of Meat Science and Technology, Cape Town, South Africa, (pp. 159–168).
- Karimi, K., Oghabi, F., 2008, Effect of Low Voltage Electric Stimulation on Density and Water Storage Capacity in Beef. *Iranian Journal of Nutrition Science & Food Technology*, 2, 55-61.
- Ketnawa, S., Rawdkuen, S., 2011, Application of Bromelain Extract for Muscle Foods Tenderization. *Journal of Food and Nutrition Sciences* 2, 393–401.
- Kim, M., Hamilton, S.E., Guddat, L.W., Overall, C.M., 2007, Plant Collagenase : Unique Collagenolytic Activity Of Cysteine Proteases From Ginger. *Journal of Meat Science, Biochemica Biophysica*, 17, 627–635.
- Kim, K.J., Lee, Y.B., 1995, Effect Of Ginger Rhizome Extract On Tenderness And Shelf Life Of Precooked Lean Beef. *Journal of Animal Science*, 8, 343–346.
- Koohmaraie, M., 1996, Biochemical Factors Regulating the Toughening and Tenderization Processes of Meat. *Meat Science*, 43, 193–201.
- Ozuna, C., Pig, A., Garcia-perez, J., Mulet, A., Carcel, J.A., 2013, Influence of high intensity ultrasound application on mass transport, microstructure and textural oroperties of pork meat (longissimus dorsi) brined at different NaCl concentrations. *Journal of Food Engineering*, 84-119.
- Naveena, B.M., Mendiratta, S.K., 2004, The Tenderization Of Buffalo Meats Using Ginger Extract. *Muscle Foods*, 15, 235–244.
- Patist, A., Bates, D., 2008, Ultrasonic in the food industry from the laboratory to commercial production. *Innovative food science &emerging technologies*, 9, 147–154.
- Sadeghi, E., Hashemian, A.H., Mohammadi, M., Mohammadi, R., 2013, Study on the microbiological and chemical characterization of the meat products consumed in Kermanshah in 2012. *Iranian Journal of Nutrition Science & Food Technology*, 7, 281-287.

- Serdaroglu, M., Abdraimov, K., Alper, O., 2006, The Effects Of Marinating With Citric Acid Solutions And Grapefruit Juice On Cooking And Eating Quality Of Turkey BREAST. *Journal of Muscle foods*, 18, 162–172.
- Stadnik, J., Dolatowski, Z.J., Baranowska, H.M., 2008, Effect of ultrasound treatment on water holding properties and microstructure of beef during ageing. *Food Science and Technology*, 10, 151-158.
- Thompson, E.H., Wolf, I.D., Allen, C.E., 1973, Ginger Rhizom : A New Source Of Proteolytic Enzyme. *Journal of Food Science*, 38, 652–655.
- Zhao, G., Zhou, M., Zhao, H., Chen, X.L., 2012, Tenderization Effect Of Cold-Adapted Collagenolytic Protease MCP-01 On Beef Meat At Low Temperature And Its Mechanism. *Journal of Food Chemistry*, 134, 1738–1744.

Effect of Ginger extract, citric Acid and ultrasound on physicochemical properties of Camel meat

F. Jafari, N. Zamindar*, M. Goli, Z. Ghorbani

Received: 2019.07.18

Accepted: 2019.08.13

Introduction: In developing countries, camel meat is used to provide nutrients, proteins, vitamins and minerals but it usually has a tough texture. Marinating of meat may improve its flavor and the tenderness. It has been shown that plant enzymes such as papain, ginger and cucumis increase the meat's tenderness and improve the flavor and aroma of the products.

Ginger extract (GE) could improve the tenderness of camel meat by "Zingibain". Marination in acidic solutions has been used both traditionally and industrially for the tenderization and flavoring of meat (Abdeldaiem and Hoda., 2013; Tsai et al., 2012). The tenderization effect of marination on meat have been examined by using organic acids such as citric acid (Aktas et al., 2003; Berge et al., 2001; Ke et al., 2009; Kim et al., 2013; Ke, 2006; Ke et al. 2009).

The objective of this study was to evaluate the effect of ultrasound and marination with different concentrations of citric acid and Ginger extract 30% on the physicochemical characteristics of camel meat.

Materials and methods: Fresh ginger rhizome (*Zingiber officinalis roscoe*) purchased from a local market was washed, peeled, sliced and immediately homogenized with an equal quantity of chilled and distilled water (4°C) for 2 min to extract the crude enzyme. The homogenate was filtered through Buchner funnel and the water to get the GE. Marinade solutions were prepared by addition of 0.5, 1 and 1.5% citric acid to 30% GE, and distilled water was used as control. To prepare the required the 30% GE, the crude fresh GE was diluted with distilled water (He et al., 2015).

The portions from *Biceps femoris* muscles of aged male camel carcasses (4 years of age) were prepared according to method described by Abdeldaiem et al (2013). Uniform sized (3×3×3 cm) of aged camel meat chunks were dipped in the curing solutions at the ratio of 3:1(meat: liquid) and immersed in the polyethylene bags and kept at 4±1°C for 24 and 48 h (Abdeldaiem et al., 2014; Garge et al., 2006).

The pH values were measured directly using a probe type electrode (Naveena et al., 2004). Uptake of marinade (%) was measured according to method described by Garg et al (2006) and Hosseini et al (2012).

The color measurements; lightness (L*), redness (a*) and yellowness (b*) were performed at the surface of the marinated meat samples (Barbut, 2004).

Cooking loss of meat samples was determined so that He et al (2015) and Kim et al (1995) described.

Shear force values of cooked samples were determined using texture analyzer with Warner-Bratzler shear apparatus, while muscular fibers were almost parallel to the force as normally occurs during chewing. Six meat cores (1.27 cm diameter) parallel to muscle fiber were sheared once through the center by a warner-Bratzler shear attachment using 50 kg compression load cell and 200 mm/min cross-head speed (Karimi et al., 2008; Hosseini et al., 2012).

After 24 and 48 h marination, samples were prepared for (SEM) as described by Naveena et al (2004).

A completely randomized design in a factorial experiment with 3 replications was employed by using analysis of variance (ANOVA) to study the effect of ultra-sonication, and time on physicochemical properties of camel meat. Least significant difference (LSD) test was used to determine differences between treatments means (P<0.05). Data were analyzed using procedure of SAS version 8 (Burke et al., 2003).

Results and discussion: Ultra sonication caused a decrease in pH while increasing marination time caused an increase in pH of all samples comparing with control. Cooked samples showed higher pH comparing with raw marinated samples. Ultration and increasing marination time caused significant increase in marinade uptake due to structure changes. Application of ultrasound, higher concentration of acid in marinade solution and longer marination period resulted in lower shear forces of meat samples.

Marination by 30% GE in addition to 1.5% citric acid and ultration illustrated maximum tenderness, lower pH and L*-value but caused less water holding capacity and higher cooking loss.

(*Corresponding author's email: n.zamindar@khuisf.ac.ir)

Keywords: Camel meat, Ultrasound, Marinade, Citric acid

امکان‌سنجی تولید دسر لبنی حاوی شیر انگور و ارزیابی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، میکروبی و حسی آن

لیلا محصولی¹ - حنان لشکری^{2*}

تاریخ دریافت: 1398/02/21

تاریخ پذیرش: 1398/06/24

چکیده

دسر بر پایه شیر، یکی از فرآورده‌های لبنی است که علاوه بر ارزش تغذیه‌ای، در سبک کالای مصرف‌کننده تنوع ایجاد می‌کند. مهم‌ترین ویژگی دسرهای انرژی بالایی آنها و احساس خوشایندی است که به واسطه نوع ترکیبات آن در مصرف‌کننده ایجاد می‌شود. از شکر به عنوان شیرین‌کننده در تولید دسرهای استفاده می‌شود. شیر انگور حاوی مقادیر بالایی قند طبیعی، مواد معدنی، ویتامین، اسیدهای آلی و آنتی‌اکسیدان‌ها است، بنابراین می‌توان از شیر انگور به عنوان شیرین‌کننده جایگزین شکر استفاده کرد. به منظور کاهش میزان ساکارز دسر و جایگزینی آن با شیر انگور، از نسبت‌های مختلف (0.5، 7/5 و 10٪) شیر انگور در دسر استفاده شد. 4 نمونه تولید شده بعد از 48 ساعت نگهداری در دمای 6 درجه سانتی‌گراد تحت آزمون‌های فیزیکوشیمیایی (تعیین ماده خشک، اسیدیته، pH، ساکارز، چربی، میزان به دام‌اندازی رادیکال‌های آزاد، ارزیابی بافت، ارزیابی رنگ، آزمون‌های میکروبی (شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها، کپک و مخمر، اسهال‌شکلی و استافیلوکوکوس اورئوس) و ارزیابی حسی قرار گرفتند. داده‌ها با نرم‌افزار SPSS آنالیز و میانگین‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن ($P < 0/05$) مقایسه شدند. نتایج نشان داد که افزایش غلظت شیر انگور در نمونه‌های دسر باعث افزایش معنی‌دار ($P < 0/05$) میزان اسیدیته (13/98٪)، شاخص a و b، درصد بازدارندگی رادیکال‌های آزاد (25/94٪) و کاهش معنی‌دار ($P < 0/05$) ساکارز (95/40٪)، چربی (5/18٪)، pH (2/94) و شاخص L گردید. افزایش غلظت شیر انگور تاثیر معنی‌داری ($P < 0/05$) بر شاخص‌های بافت، شمارش کلی باکتری‌ها و کپک و مخمر نمونه‌ها نشان نداد. ارزیابی حسی نشان داد که افزودن شیر انگور در نمونه‌های دسر لبنی بر فاکتور بافت تاثیر معنی‌داری نداشته و موجب افزایش امتیاز سایر فاکتورهای حسی گردید. دسر حاوی 10 درصد شیر انگور در فاکتورهای بو، شیرینی، بافت، رنگ و پذیرش کلی بالاترین امتیاز را به دست آورد و با توجه به استاندارد بودن همه ویژگی‌های آن، به عنوان بهترین تیمار تعیین گردید.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی حسی، دسر لبنی، شیر انگور، ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی.

مقدمه

دهنده‌ها (مانند هیدروکلوئیدها)، شکر، ترکیبات طعم‌دهنده و مواد رنگی مجاز بوده و ساختار ژله‌ای دارند (Milani, 2011). انگور (*Vinifera*) سرده‌ای از درختان خانواده انگورسانان *Vitaceae* است. در این خانواده حدود 11 جنس و بیش از 600 گونه وجود دارد. مهم‌ترین جنس این خانواده جنس انگور است (Ehteshami et al., 2005). شیر انگور با نام محلی دوشاب یکی از محصولات سنتی مناطق انگورخیز ایران است که حدود 5 تا 20 درصد از انگورهای تولیدی ایران برای تهیه شیر انگور مورد استفاده قرار می‌گیرد. شیر انگور حاوی مقادیر بالایی قند طبیعی، مواد معدنی، ویتامین‌های A، C، B₁، B₂، اسیدهای آلی و عوامل آنتی‌اکسیدانی است، به همین جهت نقش مهمی در تغذیه گروه‌های سنی مختلف به خصوص کودکان و ورزشکاران دارد.

از جمله مشکلاتی که امروزه جوامع انسانی با آن مواجه هستند مصرف غذاهای حاوی مقادیر بالای قند است که اثرات سوء تغذیه‌ای برای افراد مبتلا به چاقی، دیابت و بیماری‌های قلبی - عروقی به دنبال دارد و سالانه هزینه‌های زیادی را دولت‌ها صرف مبارزه با بیماری‌های مرتبط با مصرف این نوع غذاها می‌نمایند (آقازاده مشگی و همکاران، 1388). امروزه مصرف دسرهای لبنی نیمه جامد با انواع ترکیبات طعم‌دهنده رو به گسترش است که توسط گروه‌های سنی مختلف مانند کودکان و افراد بالغ به علت ارزش تغذیه‌ای و ویژگی‌های حسی مصرف می‌شوند. این محصولات اساساً دارای شیر، پایدارکننده‌ها و بافت

(Email: hlaskari@gmail.com
DOI: 10.22067/iftstrj.v16i2.80635

(*-نویسنده مسئول)

1- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سרוستان، سروستان، ایران.

2- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زرین دشت، زرین دشت، ایران.

همکاران، 1396)، استفاده از شیر خرمای در دسر بستنی ماستی کم چرب پرتقالی (Milani, 2011) و استفاده از قند مایع خرمای در تولید خامه شیرین شده (همایونی‌راد و پاسبان، 1394) اشاره کرد. اهداف از این پژوهش تولید دسر لبنی حاوی شیر انگور و بررسی خواص فیزیکی، شیمیایی، بافتی و حسی آن می‌باشد.

مواد و روش‌ها

شیر 3% چربی (پگاه، شیراز)، ژلاتین (مرک، آلمان)، شیر انگور (حاوی 1/8 درصد خاکستر، 60 درصد ماده خشک و pH برابر با 5/2 و اسیدیته 0/71 درصد) و شکر از فروشگاه محلی و گلاب (ربیع، ایران) خریداری شد.

برای تهیه نمونه دسر لبنی ابتدا نشاسته گندم به میزان 4% به شیر اضافه شد، سپس 0/5% ژلاتین و شکر (جدول 1) به صورت خشک تا حل شدن کامل مواد در شیر با هم مخلوط شدند و تا دمای 95 درجه سانتی‌گراد حرارت داده شد و در حین هم‌زدن با همزن با دور 270 دور در دقیقه به مدت 15 دقیقه نگه داشته شد. سپس تا دمای 40 درجه سانتی‌گراد خنک شد و گلاب (0/5%) افزوده شد و در انتها شیر انگور و آب برای تعادل رساندن فرمولاسیون‌ها مطابق جدول 1 اضافه گردید و در دمای یخچال به مدت 48 ساعت نگهداری شد تا مورد آزمون‌های فیزیکوشیمیایی قرار گرفت.

(Yougortchi et al, 2006). شیر انگور به دلیل داشتن مقدار زیاد مونوساکاریدهای قابل هضم، به سرعت در بدن جذب می‌شود، به همین جهت برای افرادی که بر اثر یک بیماری طولانی یا عمل جراحی ضعیف شده‌اند، بسیار مفید است (Sengall, 2005). این محصول منبع خوبی از عناصر ضروری از جمله مس، روی و آهن است به گونه‌ای که آهن موجود در شیر انگور می‌تواند در درمان افراد مبتلا به کم‌خونی مورد استفاده قرار گیرد (Arslan, 2004).

تحقیقات انجام گرفته در زمینه جایگزینی قند در دسرهای لبنی یا یک قند طبیعی شامل استفاده از شیر انگور به عنوان جایگزین شکر و اثرات آن بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی بستنی وانیلی (فرجی و همکاران، 1393)، استفاده از عصاره‌های حاصل از دانه، گوشت میوه، پوست و ساقه انگور در بستنی و بررسی خواص رئولوژیکی آن (Hwang et al, 2009)، استفاده از شیر کامل انجیر خشک در دسر لبنی و بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی و حسی آن (چهرمی و همکاران، 1392)، استفاده از کنسانتره کشمش در تولید دسر لبنی (صادقی و باطبی، 1392)، استفاده از شیر انگور در نوشیدنی کفیر و بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، میکروبی، رئولوژیکی و حسی آن (صادقی و رهبری، 1393)، استفاده از شیر خرمای در فرمولاسیون بستنی و بررسی ویژگی‌های فیزیکی و حسی بستنی (گوهری اردبیلی و همکاران، 1384)، استفاده از عصاره خرمای در بستنی یخی (Barrevel, 2009)، استفاده از قند مایع خرمای در نوشیدنی لبنی میوه‌ای (نجف‌پور و

جدول 1- فرمولاسیون نمونه‌های تولیدی برای 100 گرم نمونه

شیر	نشاسته	ژلاتین	گلاب	شکر	شیر انگور	آب
(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)
85	4	0/5	0/5	6	0	4
85	4	0/5	0/5	3	5	2
85	4	0/5	0/5	1/5	7/5	1
85	4	0/5	0/5	0	10	0

اندازه‌گیری میزان به دام‌اندازی رادیکال‌های آزاد

ابتدا 50 میکرولیتر از نمونه به 5 میلی‌لیتر محلول DPPH (diphenyl-2-picrylhydrazyl) در متانول اضافه شد و با دستگاه شیکر (WiseMi، آلمان) تکان داده شد تا خوب حل شود. بعد از 30 دقیقه گرمخانه‌گذاری، در دمای اتاق و در تاریکی رنگ مخلوط از بفتن رنگ به زرد تغییر پیدا کرد و جذب نوری نمونه‌ها در طول موج 517 نانومتر توسط اسپکتروفتومتر (UV-1650PC شیمارو، ژاپن) قرائت شد و درصد مهار رادیکال‌های آزاد از تفاوت جذب نمونه اصلی و کنترل نسبت به محلول کنترل محاسبه گردید (Kamkar, 2009).

آزمون‌های فیزیکوشیمیایی

آزمون تعیین ماده خشک (آون، پارسیان طب، ایران)، مطابق با استاندارد ملی ایران شماره 367، آزمون تعیین اسیدیته، pH (pH متر دیجیتالی، Ohaus، آمریکا) و ساکارز، مطابق با روش به کار گرفته شده توسط ابراهیمی و همکاران (1397)، آزمون تعیین چربی (سوکسله، پکو طریقت طب فارس)، مطابق با استاندارد ملی ایران شماره 366 انجام گرفت.

ارزیابی بافت

آزمون پروفایل بافت نمونه‌ها با استفاده از دستگاه بافت‌سنج بعد از 72 ساعت نگهداری در دمای 7 درجه سانتی‌گراد انجام شد. پس از برش نمونه‌ها به ابعاد $20 \times 20 \times 20$ میلی‌متر، تا 50 درصد ارتفاع اولیه (عمق 20 میلی‌متر) توسط دستگاه فشرده شد. سرعت نفوذ 1 میلی‌متر در ثانیه بود. پروب مورد استفاده P/100 بود. در این آزمون سفتی¹ (گرم)، صمغیت² (گرم)، انسجام³، قابلیت جویدن⁴ و چسبندگی⁵ و فنری⁶ اندازه‌گیری شد (AOAC, 2000).

ارزیابی رنگ

برای ارزیابی رنگ نمونه‌ها، نمونه‌های دسر لبنی در جعبه با دیواره‌های سفید با ابعاد $50 \times 50 \times 50$ قرار داده شد. درون جعبه از یک لامپ فلورسنت کم‌مصرف با توان 20 وات با نور سفید استفاده گردید. توزیع نور درون جعبه کاملاً یکنواخت بود. عکس‌برداری به‌وسیله یک دوربین دیجیتالی (کنن A540) با فاصله 30 سانتی‌متر از نمونه و عمود بر آن درون جعبه انجام گردید. تصاویر به‌دست آمده به نرم‌افزار فتوشاپ منتقل و مولفه‌های رنگ (L^* , a^* , b^*) آن‌ها به‌دست آمد. مولفه رنگ L^* بیانگر روشنایی، مولفه رنگ a نشان‌دهنده میزان سبزی و قرمزی و مولفه رنگ b میزان آبی و زرد را نشان می‌دهد (Hosseini et al, 2019).

آزمون میکروبی

برای اندازه‌گیری ویژگی‌های میکروبی دسر لبنی، آزمون‌های شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها (با محیط کشت پلیت کانت آگار) طبق استاندارد ملی ایران شماره 5484 و کپک و مخمر (با محیط کشت محیط کشت‌های لوریل MPN آگار)،/شرشیاکلی (به روش YGC استافیلوکوکوس/اورئوس (محیط براث) و EC سولفات تریپتوز براث و طبق روش به‌کار گرفته شده توسط آگار پارکر د- بر انتخابی کشت ابراهیمی و همکاران (1397) انجام شد.

ارزیابی حسی

ویژگی‌های حسی محصول در روز اول نگهداری توسط 15 نفر از دانشجویان صنایع غذایی در دانشگاه سروس‌تان از نظر رنگ، عطر و طعم، شیرینی، سفتی و پذیرش کلی با مقیاس 5 نقطه‌ای هدونیک ارزیابی گردید. در این آزمون به نمونه عالی نمره 5، خوب 4 متوسط 3، بد 2 و خیلی بد 1 تعلق گرفت (فرحناکی و همکاران، 1390).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

تمامی آزمایشات در سه تکرار انجام شد. تجزیه و تحلیل آماری ویژگی‌های مورد بررسی، به‌صورت طرح فاکتوریل در قالب بلوک کاملاً تصادفی و با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال 5 درصد استفاده گردید. رسم نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار اکسل 2013 صورت گرفت.

نتایج و بحث

بررسی تغییرات ماده جامد کل

نتایج آنالیز داده‌های آزمون اندازه‌گیری مواد جامد کل در نمونه‌های دسر لبنی نشان داد تفاوت معنی‌داری ($P > 0/05$) بین ماده خشک نمونه‌ها وجود ندارد. به‌صورتی که نمونه شاهد دارای 19/88 و نمونه حاوی 5، 7/5 و 10 درصد شیره انگور به‌ترتیب دارای 19/76، 19/75 و 19/80 درصد ماده جامد کل است که دلیل آن یکسان‌سازی ماده خشک فرمولاسیون‌ها قبل از شروع کار می‌باشد این کار با دید بررسی بهتر سایر ویژگی‌های نمونه‌ها انجام شد. این نتایج با نتایج مقالات جهرمی و همکاران (1392)، در بررسی اثر انجیر خشک در دسر حاوی شیر کامل گاو، صادقی و باطبی (1392)، در بررسی تولید دسر لبنی با استفاده از جایگزینی کنسانتره کشمش، فرجی و همکاران (1393)، در بررسی امکان استفاده از شیره انگور به‌عنوان جایگزین شکر و اثرات آن بر ویژگی‌های فیزیکیوشیمیایی و حسی بستنی وانیلی و میلانی و همکاران (2011)؛ در بررسی اثر جایگزینی شیره خرما و گوار بر ویژگی‌های دسر بستنی ماستی کم‌چرب پرتقالی مشابه بود.

اسیدیته و pH

نتایج به‌دست آمده از آزمون اندازه‌گیری اسیدیته در شکل 1 قابل مشاهده است. جایگزینی شیره انگور در نمونه‌های دسر باعث افزایش معنی‌دار ($P < 0/05$) اسیدیته شده است. به‌صورتی که نمونه فاقد شیره انگور با 0/143 کمترین و نمونه دسر حاوی 10 درصد شیره انگور با 0/163 بیشترین میزان اسیدیته را به‌خود اختصاص داده است. اسیدیته فرآورده‌های شیری تحت تاثیر تعادل میان ترکیبات نیتروزنی محصولات ناشی از واکنش‌های پروتئولیتیک و اسید لاکتیک ناشی از فعالیت تخمیری باکتری‌های اسید لاکتیک قرار می‌گیرد (Basiri et al, 2018). همچنین شیره انگور به دلیل داشتن مقادیر قابل توجه اسیدهای آلی (اسید مالیک و اسید تارتاریک)، باعث افزایش میزان اسیدیته می‌شود. نتایج این پژوهش با فرجی و همکاران (1393) در

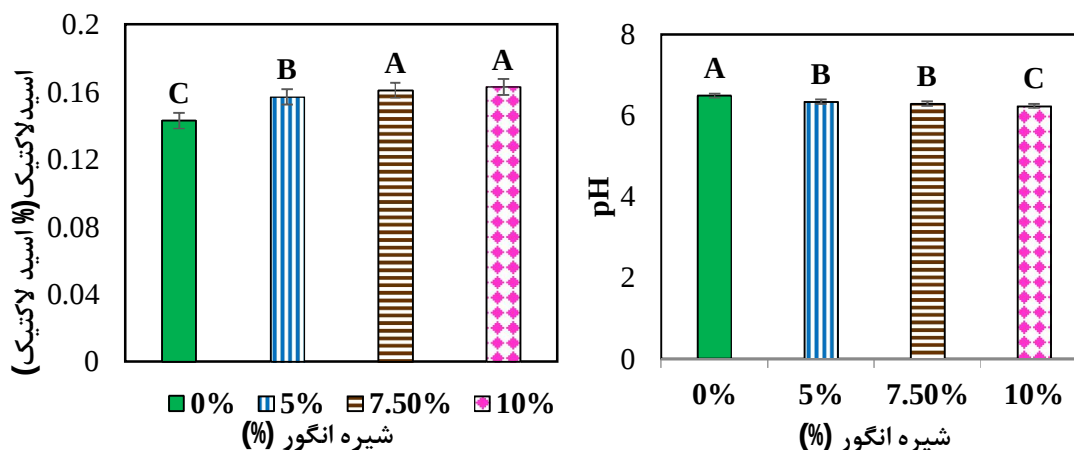
4 Chewiness
5 Cohesiveness
6 Springiness

1 Hardness
2 Guminess
3 Adhesiveness

پرتقالی را با گذشت مدت زمان ماندگاری گزارش کردند. فرجی و همکاران (1393) به بررسی امکان استفاده از شیر انگور به عنوان جایگزین شکر و اثرات آن بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی بستنی وانیلی پرداختند و اعلام کردند که افزودن شیر انگور به بستنی، به طور معنی داری pH را کاهش و اسیدیته را افزایش داده است ($P<0/05$). هوانگ و همکاران (2009) از مخلوط عصاره‌های حاصل از دانه، گوشت میوه، پوست و ساقه انگور در بستنی استفاده کرده و خواص رئولوژیکی آن را سنجیدند. طبق نتایج این محققان، افزودن مخلوطی از آن عصاره‌ها به بستنی، موجب کاهش pH شد ($P<0/05$). فرجی و همکاران (1393) به بررسی امکان استفاده از شیر انگور به عنوان جایگزین شکر و اثرات آن بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی بستنی وانیلی پرداختند. نتایج پژوهش نشان داد افزودن شیر انگور به بستنی، به طور معنی داری pH را کاهش و اسیدیته را افزایش داده است ($P<0/05$). صادقی و رهبری (1393) تأثیر شیر انگور بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، میکروبی، رئولوژیکی و حسی نوشیدنی کفیر را مورد بررسی قرار دادند که نتایج آن‌ها نشان داد که pH کاهش یافته است

بررسی امکان استفاده از شیر انگور به عنوان جایگزین شکر و اثرات آن بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی بستنی وانیلی مشابه بود؛ که گزارش کردند افزودن شیر انگور به بستنی، به طور معنی داری اسیدیته را افزایش داده است. همچنین با نتایج نجف‌پور و همکاران (1396) در بررسی جایگزینی شکر با قند مایع خرما، در تولید نوشیدنی لبنی میوه‌ای بر پایه شیر خرما، Da Silva و همکاران (2017) در بررسی عصاره دانه انگور در تهیه ماست مطابقت داشت.

نتایج آنالیز داده‌های آزمون pH در شکل 1 نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود جایگزینی شیر انگور باعث کاهش معنی دار pH نمونه‌های دسر لبنی شده است ($P<0/05$). به صورتی که نمونه دسر فاقد شیر انگور 6/49 بیشترین میزان pH و نمونه حاوی 10 درصد شیر انگور با 6/3 کمترین میزان pH را به خود اختصاص دادند. کاهش میزان pH می‌تواند به دلیل حضور اسیدهای آلی موجود در شیر انگور و پایین تر بودن pH شیر انگور افزوده شده نسبت به pH نمونه شاهد باشد. نتایج به دست آمده در پژوهش حاضر با تحقیق میلانی و همکاران (2011) مشابه بود. آن‌ها کاهش pH با افزایش درصد عسل خرما همراه با پایدارکننده گوار در دسر ماست کم‌چرب



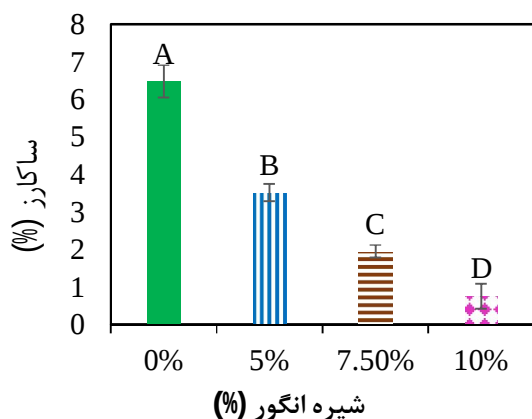
شکل 1- تغییرات اسیدیته و pH در نمونه‌های دسر حاوی غلظت‌های مختلف شیر انگور

آب بالا توصیه می‌شود به جای شکر استفاده گردد. نتایج پژوهش حاضر با نتایج صادقی و باطبی (1392)، در بررسی تولید دسر لبنی با استفاده از جایگزینی کنسانتره کشمش با شکر، فرجی و همکاران (1393) در بررسی امکان استفاده از شیر انگور به عنوان جایگزین شکر و اثرات آن بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی بستنی وانیلی، جهرمی و همکاران (1392) در بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی دسر لبنی بر پایه انجیر و نجف‌پور و همکاران (1396) در بررسی جایگزینی شکر با قند مایع خرما، در تهیه نوشیدنی لبنی میوه‌ای مطابقت داشت. نتایج آنالیز داده‌های اندازه‌گیری چربی در شکل 2 مشاهده می‌شود. جایگزینی شیر انگور باعث کاهش معنی دار میزان چربی در نمونه‌های

میزان ساکارز و چربی

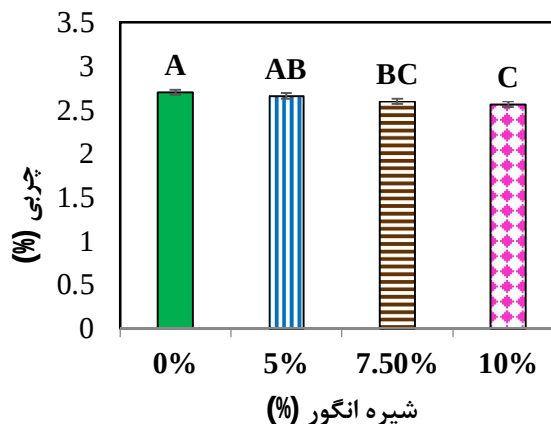
آنالیز داده‌های اندازه‌گیری قند ساکارز در شکل 2 نشان می‌دهد که با افزودن شیر انگور در نمونه‌های دسر لبنی، میزان ساکارز کاهش معنی داری داشته است ($P<0/05$). به صورتی که میزان ساکارز در نمونه بدون شیر انگور با 6/48 بیشترین و نمونه حاوی 10 درصد شیر انگور با 0/76 کمترین میزان را نشان دادند. در ضمن همه نمونه‌ها دارای اختلاف هستند. در نمونه شاهد شیرین کننده مصرفی شکر است بنابراین انتظار هم می‌رود که درصد ساکارز بالاتر باشد، اما در تیمارهای حاوی شیر انگور میزان ساکارز به شدت افت می‌کند. شیر انگور به دلیل داشتن تک قندی‌ها و شیرینی بالاتر نسبت به ساکارز و همچنین جذب

میوه، پوست و ساقه انگور در بستنی، Tajik و همکاران (2006)، در بررسی افزودن عسل و زنجبیل به خامه صبحانه، صادقی و رهبری (1393)، در بررسی تأثیر شیر انگور بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، میکروبی، رئولوژیکی و حسی نوشیدنی کفیر و گوهری اردبیلی و همکاران (1384)، در بررسی کاربرد شیر خرما در نسبت‌های مختلف به‌عنوان جایگزین شکر در فرمولاسیون بستنی بود.



شکل 2- تغییرات شکر و چربی نمونه‌های دسر حاوی غلظت‌های مختلف شیر انگور

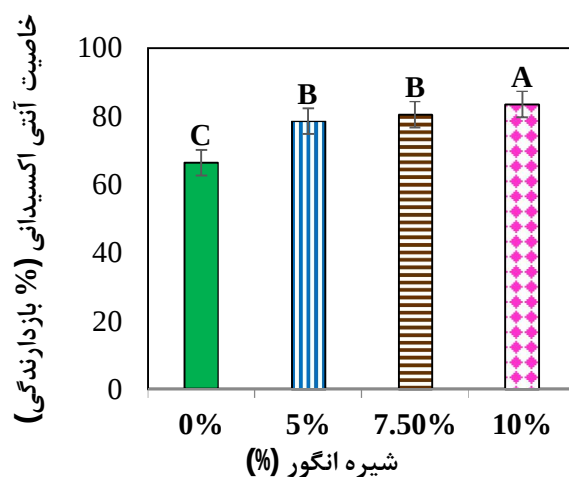
دسر لینی شده است ($P < 0/05$). به صورتی که میزان چربی از 2/70 در نمونه فاقد شیر انگور به 2/56 در نمونه دسر حاوی 10 درصد شیر انگور شده است. که علت آن را می‌توان به کاهش میزان چربی بر اساس وزن خشک نسبت داد، زیرا که چربی شیر انگور خیلی ناچیز است. نتایج به‌دست آمده از این آزمون مشابه نتایج Hwang و همکاران (2009)، در بررسی مخلوط عصاره‌های حاصل از دانه، گوشت



است که به‌صورت پایدار و تجاری در دسترس است (اصل و همکاران، 2018). این رادیکال بالاترین میزان جذب خود را در طول موج 517 نانومتر نشان می‌دهد. رادیکال DPPH در اثر جاذب هیدروژن از یک ضداکسایند به DPPH پایدار (غیررادیکالی) تبدیل می‌شود که در اثر این تبدیل رنگ آن به مرور از بنفش تیره به زرد روشن تبدیل می‌شود و در نتیجه میزان جذب در طول موج 517 نانومتر قابل محاسبه است (فیروزی و همکاران، 2019).

درصد بازدارندگی رادیکال‌های آزاد (DPPH)

استفاده از رادیکال پایدار DPPH جهت بررسی خاصیت ضداکسایشی حاصل از ضداکسایند‌های طبیعی به یکی از پرکاربردترین روش‌ها تبدیل شده است. علت این امر سادگی و حساسیت بالای این روش است. این آزمون بر مبنای این نظریه بنا شده که ماده دهنده هیدروژن در واقع یک ضداکسایند است. رادیکال DPPH چربی دوست بوده و یکی از معدود رادیکال‌های نیتروژنی آلی



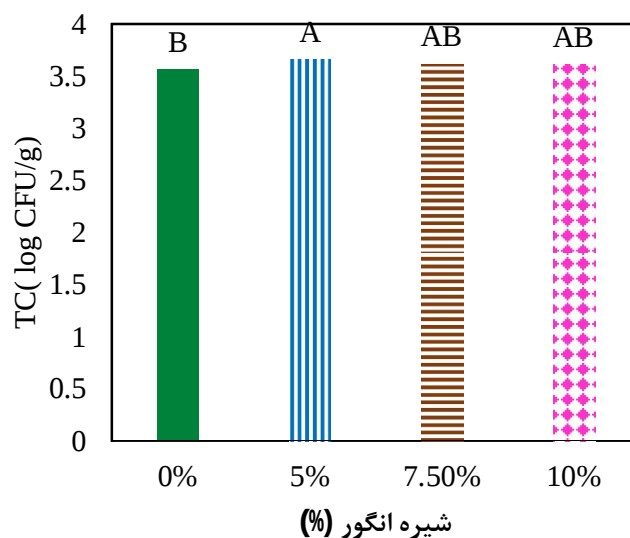
شکل 3- خاصیت آنتی‌اکسیدانی و نمونه‌های دسر حاوی غلظت‌های مختلف شیر انگور

دسر داشت و شیره انگور موجب افزایش آلودگی کلی شده است ولی بین درصدهای مختلف شیره انگور تفاوت معنی‌دار ($P>0/05$) مشاهده نگردید (شکل 4). نتایج کیفیت میکروبی نشان داد که همه نمونه‌ها فاقد *اشرشیاکلی*، *استافیلوکوکوس اورئوس* کوآگولاز مثبت و کپک و مخمر بوده و از نظر شمارش کلی میکروب‌های مزوفیل هوازی، بین نمونه کنترل و نمونه‌های آزمایشی اختلاف معنی‌داری ($P<0/05$) وجود داشت. خیرخواه و همکاران (1397)، به بررسی امکان جایگزینی شکر با عسل در فرمولاسیون دسر لبنی پرداختند. با افزایش غلظت عسل در فرمولاسیون دسر لبنی شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها کاهش یافت. Rosa و همکاران (2016) قابلیت رشد میکروارگانیسم پروبیوتیک *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* در دسر لبنی شکلاتی و رفتار آن در برابر پاتوژن‌ها را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آزمون کاهش پاتوژن‌ها در دسر لبنی با میکروارگانیسم پروبیوتیک *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* را نشان داد و همچنین افزایش کیفیت در دسر لبنی مشاهده شد.

مطابق نتایج به‌دست آمده از آزمون اندازه‌گیری خاصیت آنتی‌اکسیدانی در شکل 3 شیره انگور به‌دلیل داشتن خاصیت ضداکسایشی حاصل از ترکیبات فنولی، فلاونوئیدی و آنتوسیانینی باعث افزایش معنی‌دار میزان مهار رادیکال‌های آزاد شده است ($P<0/05$). به صورتی که دسر فاقد شیره انگور با 66/29 کمترین و نمونه حاوی 10 درصد شیره انگور با 83/49 بیشترین میزان را به‌خود اختصاص داده‌اند. که با نتایج خیرخواه و همکاران (1397)، در بررسی امکان جایگزینی شکر با عسل در فرمولاسیون دسر لبنی مطابقت داشت؛ آن‌ها گزارش کردند با افزایش غلظت عسل در فرمولاسیون دسر لبنی، محتوای ترکیبات فنلی تام و آنتی‌اکسیدانی افزایش می‌یابد. همچنین با نتایج پژوهش صادقی و باطنی (1392)، در بررسی تولید دسر لبنی با استفاده از جایگزینی کنسانتره کشمش مشابه بود.

ویژگی میکروبی

آنالیز آماری نشان داد افزودن شیره انگور در نمونه‌های دسر لبنی تاثیر معنی‌داری ($P<0/05$) بر شمارش کلی باکتری‌ها در نمونه‌های



شکل 4- شمارش کلی میکروبی نمونه‌های دسر حاوی غلظت‌های مختلف شیره انگور

اثری مشابه با شکر داشته است. نتایج آزمون سنجش رنگ در پژوهش حاضر مشابه تحقیقات صادقی و رهبری (1393)، در بررسی تاثیر شیره انگور بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، میکروبی، رئولوژیکی و حسی نوشیدنی کفیر و گوهری اردبیلی و همکاران (1384)، در بررسی کاربرد شیره خرما در نسبت‌های مختلف به‌عنوان جایگزین شکر در فرمولاسیون بستنی، میلانی و همکاران (2011) در بررسی اثر جایگزینی شیره خرما و گوار بر ویژگی‌های دسر بستنی ماستی کم‌چرب پرتقالی و فرجی و همکاران (1393)، در بررسی امکان استفاده از شیره

بافت

نتایج اندازه‌گیری خصوصیات بافتی نمونه‌های دسر لبنی در جدول 2 آورده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود استفاده از شیره انگور به‌جای شکر به میزان 5 الی 10% در حضور 0/5% ژلاتین و 4% نشاسته، تاثیر معنی‌داری ($P<0/05$) بر شاخص‌های بافتی ندارد و آنالیز آماری همه شاخص‌ها نشان داد که شیره انگور تاثیر معنی‌داری ($P>0/05$) بر بافت ندارد. بنابراین می‌توان گفت نقش نشاسته و ژلاتین در ایجاد بافت خیلی بیشتر از شکر و شیره انگور بوده و به‌عبارتی این میزان جایگزینی

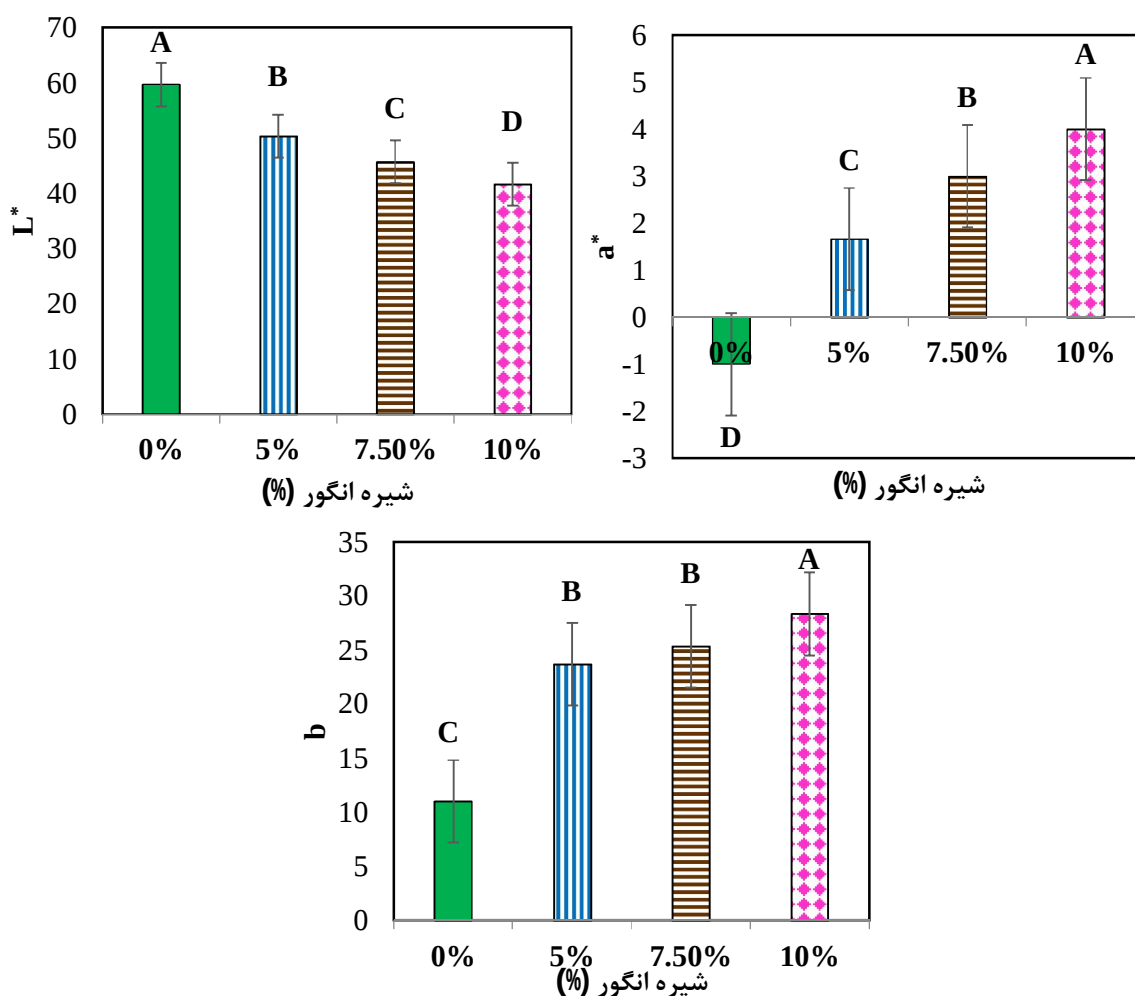
بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، میکروبی و حسی بستنی بررسی کردند.

انگور به عنوان جایگزین شکر و اثرات آن بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی بستنی وانیلی بود. ابراهیمی و همکاران (1397)، اثرات جایگزینی شکر با دو شیرین کننده طبیعی قند مایع خرما و شیر خرما

جدول 2- ویژگی‌های بافتی سفتی، صمغیت، قابلیت جویدن چسبندگی، انسجام و فنریت در نمونه‌های دسر حاوی غلظت‌های مختلف شیر انگور

نمونه (%)	سفتی (g)	صمغیت (g)	قابلیت جویدن (mj)	چسبندگی	انسجام	فنریت (mm)
0	765/83±347/59 ^a	-203/90±133/66 ^a	-5/66±3/92 ^a	21/04±2/95 ^a	-0/260±0/16 ^a	7/04±7/87 ^a
5	1108/83±609/44 ^a	-261/00±89/21 ^a	-6/03±2/02 ^a	18/34±3/09 ^a	-0/253±0/07 ^a	2/51±0/95 ^a
7/5	759/66±201/15 ^a	-271/66±67/38 ^a	-3/58±1/90 ^a	17/74±1/28 ^a	-0/386±0/19 ^a	4/47±4/88 ^a
10	991/66±173/40 ^a	-211/66±43/39 ^a	-5/61±1/18 ^a	19/81±1/72 ^a	-0/213±0/05 ^a	2/81±0/91 ^a

اعداد درون جدول میانگین سه تکرار و به صورت میانگین ± انحراف معیار می‌باشد. در هر ستون حروف لاتین متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی دار آماری در سطح 0/05 می‌باشد.



شکل 5- تغییرات شاخص L^* ، a^* و b^* سنجش رنگ نمونه‌های دسر حاوی غلظت‌های مختلف شیر انگور

ارزیابی رنگ

رنگ غذاها در سیستم $L^*a^*b^*$ اندازه‌گیری می‌شود. فضای رنگی $L^*a^*b^*$ یا CIE Lab یک استاندارد بین‌المللی برای اندازه‌گیری رنگ است که توسط کمیسیون بین‌المللی روشنایی (CIE) در سال 1976 ارائه گردید. L^* جز نشان‌دهنده روشنایی می‌باشد و بین صفر و 100 متغیر است و پارامترهای a^* (از سبز تا قرمز) و b^* (از آبی تا زرد) اجزای رنگی می‌باشند که بین 120- تا 120+ متغیر هستند. نتایج آنالیز داده‌های ارزیابی رنگ نمونه‌های دسر در شکل 5 آورده شده است. میانگین داده‌های ارزیابی شاخص L^* در شکل 5 آورده شده است، شاخص L^* که میزان روشنایی رنگ نمونه‌های دسر را نشان می‌دهد، با جایگزینی شیر انگور کاهش معنی‌داری را نشان داد ($P<0/05$). به‌صورتی که میزان شاخص روشنایی در نمونه فاقد شیر انگور با 59/66 بیشترین و نمونه حاوی 10 درصد شیر انگور با 41/66 کمترین میزان را از خود نشان دادند. شکل 5 نتایج فاکتور a^* رنگ‌سنجی را نشان می‌دهد. فاکتور a^* که میزان تمایل به رنگ قرمزی را نشان می‌دهد، با افزایش میزان شیر انگور در نمونه‌های دسر افزایش معنی‌داری را نشان داده است ($P<0/05$). به‌طوری که نمونه فاقد شیر انگور 1/00- و نمونه حاوی 10 درصد شیر انگور با 4/00 کمترین و بیشترین میزان فاکتور تمایل به قرمزی را نشان دادند. نتایج فاکتور b^* در آزمون سنجش رنگ در شکل 5 آورده شده است. شاخص b که تمایل به رنگ زردی را نشان می‌دهد، با جایگزینی شیر انگور در نمونه‌های دسر لینی افزایش معنی‌داری را گزارش نمودند ($P<0/05$). به‌صورتی که کمترین میزان تمایل به زردی در نمونه دسر فاقد شیر انگور با 11/00 گزارش شد و بیشترین میزان در نمونه حاوی 10 درصد شیر انگور با 28/33 بود.

ارزیابی حسی

آنالیز داده‌های به‌دست آمده از ارزیابی حسی نمونه‌های دسر لینی در جدول 3 آورده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود جایگزینی

شیره انگور در نمونه‌های دسر لینی باعث بهبود تمامی اکثر فاکتورهای حسی شده است ($P<0/05$). نتایج نشان داد که در فاکتور بو در نمونه حاوی 5 درصد شیر انگور و نمونه شاهد دارای کمترین امتیاز و نمونه حاوی 10 درصد شیر انگور با 4/30 بیشترین امتیاز را کسب کرد. فاکتور شیرینی که یکی از مهم‌ترین شاخص‌های ارزیابی حسی نمونه‌های دسر لینی می‌باشد با جایگزینی شیر انگور تغییرات معنی‌داری ($P<0/05$) در امتیاز مشاهده شد. در این فاکتور نمونه حاوی 5 درصد شیر انگور با 1/30 کمترین امتیاز و نمونه شاهد و نمونه 10% شیر انگور با هم بالاترین امتیاز را کسب نمودند. از آنجایی که بین نمونه 10% و شاهد تفاوتی مشاهده نشد می‌توان گفت که شیرینی مشابه و مطلوبی داشتند. در فاکتور بافت تفاوت معنی‌داری ($P>0/05$) در امتیازات ارزیابی حسی مشاهده نشد. در ضمن آنالیز دستگاهی بافت نیز این موضوع را تایید می‌کند زیرا که هیچ تفاوت معنی‌داری ($P>0/05$) در انواع شاخص‌های بافتی دیده نشد. در شاخص ارزیابی رنگ کمترین امتیاز به نمونه حاوی 5 درصد شیر انگور و بیشترین امتیاز به نمونه حاوی 10 درصد شیر انگور اختصاص یافت. در امتیازات پذیرش کلی نیز نمونه حاوی 10 در بالاترین امتیاز را کسب نمود. بنابراین رنگ فرآورده مورد قبول مصرف‌کننده است و از امتیاز خوبی برخوردار است. جمعا در پذیرش کلی ارزیاب‌ها بهترین امتیاز را به نمونه شاهد و نمونه 10 درصد شیر انگور دادند که نشان‌دهنده مقبولیت بالای دسر حاوی 10 درصد شیر انگور است. در نتیجه دسر حاوی 10 درصد شیر انگور در فاکتورهای بو، شیرینی، بافت، رنگ و مقبولیت کلی بالاترین امتیازات را به‌خود اختصاص داده است. در این میان نمونه حاوی 5 درصد شیر انگور کمترین امتیازات را کسب نمود. با توجه به نتایج ارزیاب‌ها و پذیرش کلی دسر لینی حاوی 10 درصد شیر انگور، به‌عنوان بهترین نمونه معرفی می‌شود.

جدول 3- نتایج ارزیابی حسی نمونه‌های دسر حاوی غلظت‌های مختلف شیر انگور

نمونه	بو	شیرینی	بافت	رنگ	پذیرش کلی
دسر شاهد	2/60±0/3 ^a	4/30±0/4 ^c	3/20±0/2 ^a	3/50±0/4 ^{bc}	3/50±0/8 ^{bc}
دسر حاوی 5% شیر انگور	2/40±0/7 ^a	1/30±0/0 ^a	3/30±0/2 ^a	2/70±0/1 ^a	1/90±0/3 ^a
دسر حاوی 7/5% شیر انگور	3/50±0/2 ^b	2/30±0/3 ^b	3/30±0/4 ^a	3/00±0/6 ^{ab}	2/70±0/4 ^{ab}
دسر حاوی 10% شیر انگور	4/30±0/4 ^c	4/00±0/1 ^c	3/60±0/7 ^a	3/70±0/0 ^c	3/90±0/2 ^c

اعداد درون جدول میانگین سه تکرار و به صورت میانگین $\pm$ انحراف معیار می‌باشد. در هر ستون حروف لاتین متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار آماری در سطح 0/05 می‌باشد.

نتیجه‌گیری

تولید دسرهای لبنی باعث ایجاد تنوع در سبد کالای مردم، توسعه محصولات لبنی و تولید محصولی لذت‌بخش است. هدف از انجام این پژوهش امکان‌سنجی تولید دسر لبنی حاوی شیر انگور و بررسی خواص فیزیکی‌وشیمیایی، میکروبی و حسی دسر لبنی شاهد و دسر حاوی غلظت‌های مختلف شیر انگور می‌باشد. نتایج به‌دست آمده نشان داد که جایگزینی شیر انگور در نمونه‌های دسر باعث افزایش میزان اسیدیته، مواد جامد کل، شاخص قرمزی (a) و زردی (b)، درصد بازدارندگی رادیکال‌های آزاد و کاهش ساکارز، چربی، pH، میزان روشنایی (L*) رنگ شد. شاخص‌های بافت در نمونه‌های دسر اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند. آنالیز نتایج آزمون میکروبی نشان داد که

شمارش کلی باکتری‌ها در نمونه‌های حاوی شیر انگور نسبت به شاهد افزایش داشته است ($p < 0/05$) اما نمونه‌ها فاقد *اشرشیاکلی*، *استافیلوکوکوس اورئوس* کوآگولاز مثبت و کپک و مخمر بودند. آنالیز داده‌های به‌دست آمده از ارزیابی حسی نمونه‌های دسر لبنی نشان داد که افزودن شیر انگور در نمونه‌های دسر لبنی باعث بهبود تمامی فاکتورهای حسی شده است ($P < 0/05$). به‌صورتی که دسر حاوی 10 درصد شیر انگور در فاکتورهای بو، شیرینی، بافت، رنگ و مقبولیت کلی بالاترین امتیازات را به‌خود اختصاص داده است. بنابراین در کل می‌توان گفت با افزودن 10% شیر انگور و حذف ساکارز می‌توان دسر لبنی حاوی ترکیبات فنولیک بیشتر و ساکارز و چربی کمتر تولید کرد، که قابلیت بازاریابی مطلوبی نیز خواهد داشت

منابع

- Aghazadeh Meshgi M. Mohammadi Kh. Totouchi S. and Farahaniyan Z. 2009. Production of non-fat yogurt using corn starch and gelatin. *Food Sci Nutr*. 3: 66-74.
- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis, 17th Edition. Association of Official Analytical Chemists Inc. Arlington, VA.
- Arslan E. Yener ME. and Esin A. 2004. Rheological characterization of tahin/pekmez (sesame paste/concentrated grape juice) blends. *J Food Eng*. 69:167-172.
- Asl RMZ. Niakousari M. Gahrue HH. Saharkhiz MJ. and Khaneghah AM. 2018. Study of two-stage ohmic hydro-extraction of essential oil from *Artemisia aucheri* Boiss.: Antioxidant and antimicrobial characteristics. *Food Res Int*. 107, 462-469.
- Barreveld WH. 2009. Date palm products. FAO Agricultural Services Bulletin 101. Rome. Italy.
- Basiri S. Haidary N. Shekarforoush SS. and Niakousari M. 2018. Flaxseed mucilage: A natural stabilizer in stirred yogurt. *Carbohydr Polym*. 187, 59-65.
- Da Silva DF. Junior NNT. Gomes RG. dos Santos Pozza MS. Britten M. and Matumoto-Pintro PT. 2017. Physical, microbiological and rheological properties of probiotic yogurt supplemented with grape extract. *J food sci technol*. 54(6), 1608-1615.
- Ebrahimi Sarai N. Javadi A. Pebdak P. 1397. Study of the effect of sugar substitution with two sweeteners of date and date liquorice sugar on physicochemical, microbial and sensory properties of low calorie and sucrose ice cream. *J Food Sci Technol*. 77, 303-306.
- Ehteshami F., Rezaei A. and Asadi L. 2005. Modified method for production of grape juice concentrate. *J Food Sci Technol Res*. 1: 11-17 (In Persian).
- Farahnaki AS. Safari Z. Ahmadi Gorji F and Mesbahi Gh. 2011. Application of gelatin as a fat substitute hydrocolloid in low fat cream production. *Q J Food Sci Technol*. 31: 45-52.
- Faraji Shoghari S. Fallah Shojaee M. and Akbarian Meymand MJ. 1393. The effect of sugar substitution with grape juice on the physico-chemical and sensory properties of vanilla ice cream. *Q J novel Food Technol*. 6: 85-93.
- Firuzi MR. Niakousari M. Eskandari MH. Keramat M. Gahrue HH. and Khaneghah AM. 2019. Incorporation of pomegranate juice concentrate and pomegranate rind powder extract to improve the oxidative stability of frankfurter during refrigerated storage. *LWT*, 102, 237-245.
- Gohari Ardebili A. Habibi Najafi MB. and Hadad Qaderast MH. 2005. Effect of substitution of sugar with palm soup on the physical and sensory properties of soft ice cream. *Res Food Sci Technol Iran*, 2: 23-32.
- Homayouni Rad AS. and Khosrowhahi Q. 1394. Study of the effect of replacing honey with date sugar on some physicochemical, rheological and sensory properties of pasteurized honey cream. Twenty-third congress of food industry, 216: 23-38.
- Hosseini SMH. Gahrue HH. Razmjooie M. Sepeidnameh M. Rastehmanfard M. Tatar M. Naghibalhossaini F. and Van der Meeren P. 2019. Effects of novel and conventional thermal treatments on the physicochemical properties of iron-loaded double emulsions. *Food Chem*. 270, 70-77.
- Hwang JY. Shyu YS. and Hsu ChK. 2009. Grape wine less improves the rheological and adds antioxidant properties to ice cream. *J Food Sci Technol*. 42; 312-318.

- Institute of Standards and Industrial Research of Iran. 1364, "Method for Measuring nonfat- Dry matter". National Iranian Standard, No. 367.
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran. 1371, "Fat Measurement Method". National Iranian Standard, No. 366.
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran. 2002, "Milk and its products by total counting of microorganisms in 30 degrees Celsius". *National Standard* No. 5484.
- Jahromi M. Niakousari M. Eskandari MA. and Nasiri SM. 1392. Formulation, preparation and evaluation of physicochemical and sensory properties of dairy dessert and fig-based dessert powder. Thesis. Shiraz University.
- Kamkar R. 2009. Production of dessert dessert with the replacement of natural stevia sweetener. Gorgan University of Science, Agriculture and Natural Resources.
- Kheyr khah L. Nateqi L. Shahab Lavasani AS. 1397. Effect of sugar substitution with natural honey on some physicochemical, sensory and microbial properties of dessert based on milk. *J Food Sci Technol*. 78, 141-154.
- Milani A. Bagayi H. and Mortazavi A. 2011. Effect alternative of date honey and guar on physicochemical, Texture, and viscosity characteristics and low-fat yoghurt orange dessert, *Iranian J Food Sci Technol*. 7(2): 115-120.
- Najafpour Z. Golmakani MT. Niakshari M. and Mesbahi, Gh. 1396. The Effect of Sugar Replacement with Palatable Sugar on the Sensory and Physicochemical Characteristics of Date Milk Drinks, Tarbiat Modares University Press, Iran Science and Technology, 68: 215-224.
- Rosa LJB. Esper LMR. Cabral JdPLG. Franco RM. and Cortez MAS. 2016. Viability of probiotic micro-organism *Lactobacillus acidophilus* in dairy chocolate dessert and its action against foodborne pathogens. *Ciência Rural*, 46(2), 368-374.
- Sadeghi Mahoonk AS. and Batebi R. 1392. Add raisin concentrate to dessert dessert and its impact on rheological, tissue and health aspects of the product. Third National Conference on Food Security, 3: 418-423.
- Sadeghi Mahoonk AS. and Leadership M. 1393. Effect of grape juice concentrate on rheological, physicochemical and microbiological properties of kefir beverage. *Food proces pres magazine*, 2: 35-49.
- Sengall P. 2005. Physico-chemical properties and estimation of mineral content in honey produced from different plants in northern India. *J Food Compos Anal*. 16(5): 613-619.
- Tajik H. Shokuhi sabete Jalali F. and Elahi S. 2006. Evaluation of Antimicrobial Potential of Commercial Honey Produced in Urmia. *J Food Sci Technol Iran*. 4(2): 39-44.
- Yougortchi S. and Kamish L. 2006. Initial study of honey adulteration by sugar solutions using midinfrared (MIR) spectroscop and chemometrics, *J Agricul Food Chem*. 52(1): 33-39

The feasibility of producing dessert containing grape juice concentrate, and evaluation of its physicochemical, microbial and sensory properties

L. Mahsouli¹, H. Lashkari^{2*}

Received: 2019.05.11

Accepted: 2019.09.15

Introduction: Milk-based dessert is one of the dairy products which in addition to the nutritional value, makes a variety in the consumer basket of goods. The most important property of desserts is their high energy and a pleasant feeling that is created by the consumer due to its ingredients. These products contain mainly milk, thickeners, sugar, flavoring compounds and colorant, and have a jelly structure. Sugar is used as a sweetener in the production of desserts. The grape juice concentrate is one of the traditional products of Iran's grapevine region, which accounts for about 5 to 20 percent of Iranian grapes used to make grape juice concentrate. Grape juice concentrate contains high levels of natural sugars, minerals, vitamins, organic acids and antioxidants. Therefore, grape juice concentrate can be used as a sugar replacer sweetener.

Materials and Methods: In order to reduce the amount of sucrose in dessert and its replacement with grape juice concentrate, different ratio of grape juice concentrate (0, 5, 7.5 and 10%) were used. To prepare dessert samples, wheat starch was first added to milk at 4%w/w, and then 0.5%w/w gelatin and sugar were added and mixed until all ingredients were completely dissolved in the milk. Then, it was heated to 95°C and stirred at 270 rpm for 15 minutes, then cooled to 40 °C, and grape juice concentrate and water were added. The mixture was finally fill into the dishes. Samples were subjected to physicochemical, microbial and sensory evaluation after 48 hours of storage at 4 °C. The AOAC (2000) methods were used for measuring the moisture content and fat. The amount of carbohydrate, acidity and pH were calculated based on method of Ebrahimi et al (2018). To measure the free radicals inhibition by DPPH, method Kamkar (2009) was followed. The color analysis was performed based on the method of Hosseini et al (2019). The parameters of color include L* (lightness), a* (redness) and b* (yellowness) were measured. Texture parameters include hardness (N), cohesiveness, springiness (cm), gumminess (N), chewiness (N.cm), adhesiveness were determined by texture analyzer as described by AOAC (2000). The sensory attributes were evaluated by 15 panelists. A five-point hedonic scale rating (1= very bad, 2=bad, 3= neither bad nor good, 4= good, 5= very good) was carried out. Data analyzed with SPSS software and means were compared with Duncan multiple range test.

Results and discussion: The results showed that the increase in the amount of grape juice concentrate in dessert samples caused a significant ($p < 0.05$) increase in acidity, hardness, total solid, a*, and b* value, and percentage antioxidant activity and a significant ($p < 0.05$) decrease in fat, sucrose, pH and L* index. Grape juice concentrate has no significant ($p > 0.05$) effect on the texture indexes, total count, mold and yeast. The results of microbial tests showed that the total bacterial count increased in samples of grape juice compared to control ($p < 0.05$) but mold and yeast counts were not significantly different in dessert dairy samples ($p > 0.05$). It should be noted that the microbial count of the samples is in accordance with the standard dairy dessert No. 14725. Sensory evaluation indicated that the addition of grape juice concentrate in the dessert samples did not have any significant effect on the textural characteristics but increased the score of other sensory factors. The sample containing 10% of grape concentrate juice obtained the highest score in odor, sweetness, color and acceptance, and since its other characteristics were standard, it was selected as the best treatment.

Keywords: Dairy Dessert, Grape Juice Concentrate, Physicochemical Properties, Sensorial properties.

1. MSc Student, Food Science and technology department, Sarvestan Branch, Islamic Azad University, Sarvestan, Iran.

2. Assistant Professor, Food Science and technology department, Zarindasht Branch, Islamic Azad University, Zarindasht, Iran.

(* - Corresponding Author Email: hlashkari@gmail.com)



درون پوشانی عصاره چغندر قرمز توسط حامل های مالتودکستری و ایزوله پروتئین آب پنیر با استفاده از خشک کن های پاششی و انجمادی

مهسا فریدنیا¹ - علی محمدی ثانی² - مسعود نجف نجفی^{3*}

تاریخ دریافت: 1398/04/22

تاریخ پذیرش: 1398/06/10

چکیده

هدف از این پژوهش تولید پودر عصاره چغندر قرمز به عنوان منبع ترکیبات زیست فعال و رنگی با استفاده از فرآیندهای خشک کردن انجمادی و پاششی بود. برای این منظور، ایزوله پروتئین آب پنیر (WPI) و مالتودکستری با DE برابر 18-20 در نسبت های مختلف (100:0، 75:25، 50:50، 25:75، 0:100) به عنوان مواد دیواره برای درون پوشانی عصاره مورد استفاده قرار گرفتند. در همه تیمارها بریکس محلول خوراک 10 درصد ثابت نگه داشته شد. پودرهای تولیدی از لحاظ کارایی درون پوشانی، محتوی رطوبت، حلالیت در آب و محتوی فنول کل مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که با افزایش WPI تا سطح 50 درصد (نسبت 50:50)، کارایی درون پوشانی به طور معنی داری ($p<0/05$) افزایش یافت. همچنین کارایی درون پوشانی روش خشک کردن پاششی بالاتر بود ($p<0/05$). در نمونه های خشک شده به روش انجمادی و پاششی، کمترین مقدار رطوبت در نمونه های تیمار شده با 100 درصد مالتودکستری مشاهده شد. افزایش نسبت مالتودکستری به طور معنی داری حلالیت پودرها در آب را افزایش داد ($p<0/05$). ارزیابی محتوی ترکیبات فنولی نشان داد که پودرهای عصاره چغندر قرمز تهیه شده با خشک کن انجمادی بالاترین میزان فنول کل را داشتند. همچنین پودرهای به دست آمده از نسبت 50:50 مالتودکستری به WPI از بیشترین محتوی فنول کل برخوردار بودند.

واژه های کلیدی: خشک کردن انجمادی، خشک کردن پاششی، چغندر قرمز، ایزوله پروتئین آب پنیر، مالتودکستری

مقدمه

در سال های اخیر توجه بیشتری به عملکرد سوم غذاها شده است. عملکرد سوم در غذاها، نقش ترکیبات غذایی در پیشگیری از بیماری ها توسط تعدیل سیستم های فیزیولوژیکی می باشد. فعالیت های آنتی اکسیدانی، ضدسرطانی، ضدجوش و ضد میکروبی، مثال هایی از نقش این ترکیبات غذایی می باشند. غذاها دارای عملکرد سوم که تحت عنوان غذا های فراسودمند نامیده می شوند به عنوان عامل مهمی در سالم ماندن افراد معرفی شده اند (Potter & Hotchkiss, 2012). مواد گیاهی سرشار از ترکیبات طبیعی و زیست فعالی هستند که قابلیت های فراوانی برای به کارگیری در مواد غذایی به عنوان آنتی اکسیدان، ضد میکروبی، رنگ طبیعی، طعم دهنده و غیره دارند. چغندر گیاهی است که از زمان های بسیار دور در بین مردم رواج

بسیاری داشته که یک نوع از این گیاه چغندر قرمز (لبویی) است که به دلیل رنگ قرمز تا بنفش تیره بسیار جذاب و قابل توجه بوده که اخیراً مطالعات زیادی را به خود معطوف ساخته است (Gliszczyńska Świągło et al., 2006). چغندر قرمز منبع خوبی برای پیگمان های قرمز بوده و به طور فزاینده ای برای تولید رنگ قرمز غذایی استفاده می شود. پیگمان های قرمز و زرد چغندر در مجموع تحت عنوان بتالائین شناخته شده و شامل بتاسیانین های قرمز و بتاگزانتین های زرد می باشند. پیگمان های چغندر قرمز تحت عنوان بتالائین به خوبی در آب حل می شوند و در الکل نامحلول هستند. پیگمان اصلی در چغندر قرمز بتالائین و به صورت گلوکوسید بتانیدین است که وزن مولکولی آن 550/48 گرم بر مول می باشد (Neelwarne & Halagur, 2013). بتاسیانین عمده و اصلی چغندر قرمز، بتانین بوده که 75 تا 95 درصد از کل پیگمان های چغندر را تشکیل می دهد. پیگمان های باقی مانده شامل ایزوبتالین، پربتائین و ایزوپربتائین می باشد (Azeredo, 2009). براین اساس، به دلیل غنی بودن چغندر قرمز از رنگدانه های طبیعی و به ویژه بتالائین ها، فراوانی آن در کشورمان و در دسترس بودن این گیاه، فواید ویژه برای سلامت انسان و نیز مقرون به صرفه بودن آن، این گیاه از پتانسیل بسیار

1 و 2- به ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد و دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد قوچان، دانشگاه آزاد اسلامی، قوچان، ایران
3- دانشیار، گروه صنایع غذایی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.
(*-نویسنده مسئول: Email: mnajafi.mhd@gmail.com)
DOI: 10.22067/iftstr.v16i2.81900

(Mani et al., 2002). از این رو، افزودن مواد حامل به پودرها سبب رقابت با پودر برای جذب رطوبت، عمل کردن به عنوان حامل فیزیکی بین ذرات و محافظ و افزایش دمای انتقال شیشه‌ای و در نتیجه افزایش پایداری محصول در طی خشک کردن و نگهداری آن می‌گردد (Sablani et al., 2008).

بر این اساس هدف از این پژوهش درون‌پوشانی عصاره چغندر قرمز به عنوان یک رنگ خوراکی طبیعی با استفاده از دو روش خشک کردن انجمادی و پاششی توسط دو ماده حامل مالتودکسترین و ایزوله پروتئین آب پنیر (WPI) و مقایسه خصوصیات پودرهای تولید شده بود.

مواد و روش‌ها

چغندر قرمز از بازار محلی مشهد تهیه گردید. ایزوله پروتئین آب پنیر (WPI)، مالتودکسترین (DE⁴ 18-20)، معرف فولین سیوکالتیو⁵، سدیم کرینات و اتانول همراه با دیگر مواد شیمیایی مورد نیاز از شرکت مرک آلمان خریداری شدند.

استخراج عصاره چغندر قرمز

طی این پژوهش ماده رنگی موجود در چغندر قرمز که حاوی بتالائین بود با استفاده از روش استخراج آبی - الکلی به دست آمد. برای این منظور، ابتدا چغندر قرمز آسیاب و درون یک فلاسک حاوی آب مقطر و اتانول اسیدی شده با نسبت 1:3 ریخته شد. فلاسک و کندانسور درون یک حمام آب به مدت 2 ساعت تحت دمای 50 درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس، فلاسک از سیستم مذکور جدا و به مدت 2 ساعت در تاریکی نگهداری گردید. در نهایت، محتویات فلاسک در خلأ به وسیله فیلتر واتمن شماره یک صاف و عصاره استخراج شده تا بریکس 10 درصد به وسیله یک تبخیرکننده تحت خلأ (Heidolph, Heizbad HB Contr, Germany) در دمای 40 درجه سانتی‌گراد تغلیظ گردید (Tiwar, & Cullen, 2013).

تهیه محلول‌های خوراک

پس از آماده‌سازی عصاره چغندر قرمز، محلول خوراک با بریکس 10 درصد و حاوی درصد‌های مختلف از حامل‌های مالتودکسترین و پروتئین آب پنیر تهیه شد. برای این منظور عصاره چغندر قرمز با نسبت‌های مختلف مالتودکسترین به WPI (50:50, 25:75, 0:100) خشک کردن (درصد) مخلوط شد و تحت هر کدام از فرآیندهای خشک کردن پاششی و خشک کردن انجمادی قرار گرفت.

بالایی برای استفاده به عنوان منبع بتالائین‌ها و افزودنی رنگی طبیعی در فرمولاسیون‌های غذایی، دارویی و بهداشتی برخوردار است. اما مهم‌ترین چالش در استفاده از رنگ‌های طبیعی خوراکی، عدم پایداری آنها در مراحل مختلف تولید و نگهداری محصولات می‌باشد. فرآیند درون‌پوشانی یکی از راهبردهای کارآمد در صنایع غذایی برای رفع این مشکل و حفظ ترکیبات زیست‌فعال در طی تولید و نگهداری محسوب می‌شود (یوسفی، 1397).

درون‌پوشانی، روشی است که ذرات و قطرات مایع، جامد و گاز درغشایی از جنس مواد غذایی با ماهیت‌های مختلف به دام می‌افتند. این فرآیند یکی از روش‌های رهایش کنترل شده نیز می‌باشد که ریزکپسول حاصل محتویات خود را تحت سرعت کنترل شده و با یک تحریک خاص و در یک زمان مشخص رها می‌کند (Lakkis, 2016). روش‌های متعددی جهت درون‌پوشانی ترکیبات زیست‌فعال وجود دارند که از جمله آنها می‌توان به روش‌های امولسیون، کواسترواسیون، به دام انداختن در لیپوزوم، اکستروژن و روش‌هایی بر پایه خشک کردن با استفاده از خشک‌کن‌های پاششی و انجمادی اشاره نمود (Rezaeina et al., 2019).

خشک کردن انجمادی (لیوفیلیزه کردن)¹ مناسب‌ترین روش برای خشک کردن مواد حساس به حرارت است. این سیستم حدود دو برابر، گران‌تر از سایر روش‌های خشک کردن می‌باشد. شرایط انبارداری و نگهداری پودرهای تولیدی نیز بسیار پرهزینه است و کاربرد تجاری آن به دلیل زمان بسیار طولانی محدود شده است. خشک کردن انجمادی از طریق انجماد مواد و سپس کاهش فشار اطراف و افزایش مناسب دما انجام می‌گیرد. در این صورت، آب منجمد در ماده به طور مستقیم از حالت جامد به گاز تصعید می‌شود. به طور کلی مواد هسته در ماتریس دیواره همگن شده و سپس به وسیله انجماد خشک می‌شود (Kaushik & Roos, 2007). خشک کردن پاششی یکی دیگر از روش‌های متداول درون‌پوشانی و تولید پودر از مواد غذایی مایع می‌باشد. این روش معمولاً برای تهیه پودر مواد غذایی، دارویی و میکروارگانیزم‌های حساس به حرارت در مقایسه با سایر روش‌های خشک کردن، به دلیل تأثیر نامطلوب کم و کارایی بالای فرآیند، ترجیح داده می‌شود. این روش دارای مزایای متعددی شامل خشک کردن سریع، توان عملیاتی بالا و عملیات مداوم دارد (Caparino et al., 2012). با این وجود، رخ دادن پدیده‌هایی نظیر چسبندگی² و فروریختن ساختار³ در طی فرآیندهای خشک کردن و همچنین در طی دوره نگهداری سبب شده که استفاده از مواد کمک خشک‌کن (حامل) به منظور افزایش پایداری عصاره میوه‌ها و سبزی‌ها گسترش یابد

1 Lyophilization

2 Stickiness

3 Collapse

4 Dextrose Equivalent

5 Folin-Ciocalteu

صاف شدند. استخراج بتالائین سطحی از کپسول‌ها با شستشوی سریع (10 ثانیه) توسط 10 میلی‌لیتر اتانول در حالت گردابی و سانتریفوژ کردن (Hettich, Universal 320. U.K) به مدت 3 دقیقه با سرعت 3000 دور در دقیقه انجام شد. محلول شفاف رویی جمع‌آوری گردید و با غشائی با اندازه ذرات 0/45 میکرومتر صاف شد و در نهایت کارایی درون‌پوشانی از رابطه زیر به دست آمد (Otálora et al., 2015):

$$\%EE = (TBC - SBC) / (TBC) \times 100 \quad (1)$$

محتوی رطوبت

محتوی رطوبت پودرهای تولیدی بر مبنای روش AOAC (AOAC, 2002) انجام گرفت. سه تکرار از هر نمونه وزن و در آن تحت خلأ در دمای 65 درجه سانتی‌گراد خشک شد. فرآیند خشک کردن و توزین نمونه‌ها تا زمان رسیدن به وزن ثابت ادامه یافت و در نهایت محتوی رطوبت از روی اختلاف وزن قبل و بعد از خشک کردن محاسبه و به صورت درصد بیان شد.

حلالیت

مقداری از نمونه‌های پودر (2 گرم) به آرامی به 100 میلی‌لیتر آب مقطر در یک مخلوط‌کن (Ultra Trux, IKA-T25, Germany) با سرعت 15000 دور در دقیقه افزوده و به مدت 5 دقیقه عملیات مخلوط کردن ادامه داده شد. مخلوط حاصل به مدت 5 دقیقه در سانتریفوژ با 3000 g سانتریفوژ شد و سپس بخشی از محلول رویی (25 میلی‌لیتر) در یک پلیت در آن با دمای 105 درجه سانتی‌گراد به مدت 4 ساعت خشک گردید. در نهایت میزان حلالیت پودر از طریق اختلاف وزن حاصل شده گزارش گردید (Fazaeli et al., 2012).

محتوی فنول تام

محتوای فنول تام با استفاده از روش فولین سیوکالتیو با کمی تغییر اندازه‌گیری شد (Bansal et al., 2014). برای این منظور، 0/5 گرم از نمونه پودر در داخل 25 میلی‌لیتر متانول حل شد و پس از گذشت زمان لازم به منظور استخراج ترکیبات فنولی از پودر، محلول به مدت 10 دقیقه سانتریفوژ شد. سپس 0/5 میلی‌لیتر از محلول رویی با 2/5 میلی‌لیتر معرف فولین سیوکالتیو 0/2 نرمال مخلوط و به مدت 5 دقیقه اجازه واکنش داده شد. در نهایت 2 میلی‌لیتر محلول سدیم کربنات (75 g/L) به مخلوط واکنش افزوده و با استفاده از آب مقطر به حجم 25 میلی‌لیتر رسانده شد. محلول حاصل به مدت 2 ساعت در دمای محیط قرار داده و پس از آن جذب به وسیله اسپکتروفتومتر UV-vis در طول موج 760 نانومتر خوانده شد. از غلظت‌های مختلف اسید گالیک (0-100 mg/L) برای رسم نمودار

فرآیند خشک کردن پاششی به منظور درون‌پوشانی عصاره چغندر قرمز

هر کدام از محلول‌های خوراک تهیه شده با نسبت‌های مختلف توسط پمپ پریستالتیک با توان 75 درصد به داخل دستگاه خشک‌کن پاششی (Büchi Mini Spray Dryer B-191, Switzerland) تزریق گردید. براساس پیش‌تیمارهای انجام شده مشخص شد که تحت شرایط دبی خوراک بالاتر از 5 میلی‌لیتر بر دقیقه، دمای هوای خشک کردن بالاتر از 140 درجه سانتی‌گراد و دبی هوای بیشتر از 3/5 متر مکعب بر ساعت منجر به چسبیدن بیش از اندازه ذرات به دیواره خشک‌کن و در نتیجه سوختگی مواد ورودی شد. به همین خاطر دامنه پارامترهای متغیر در دستگاه خشک‌کن پاششی به صورت دمای هوای ورودی 140 درجه سانتی‌گراد، دمای هوای خروجی 65-70 درجه سانتی‌گراد، دبی خوراک 5 میلی‌لیتر بر دقیقه و دبی هوای فشرده 3/5 متر مکعب بر ساعت تعیین گردید. پودر تولیدی در محفظه زیر سیکلون در انتهای مسیر جمع‌آوری شد و بلافاصله برای سرد شدن به دسیکاتور جهت انجام آزمایشات بعدی منتقل گردید.

فرآیند خشک کردن انجمادی به منظور درون‌پوشانی عصاره چغندر قرمز

نمونه‌های مختلف خوراک به مدت 3 ساعت در 18- درجه سانتی‌گراد منجمد شدند. این نمونه‌ها سپس تحت فرآیند خشک کردن انجمادی (Freeze drier Alfa-Christ, Germany) در دمای 84- درجه سانتی‌گراد در فشار محفظه 0/04 میلی بار به مدت 48 ساعت به منظور اطمینان از خشک شدن کامل، قرار گرفتند. محصول نهایی به صورت پودر خشک جمع‌آوری شدند و در ظروف درزبندی شده تیره تا زمان آزمون‌های بعدی نگهداری گردیدند.

محاسبه کارایی درون‌پوشانی

کارایی درون‌پوشانی (EE^1) عامل مهمی برای ذرات تولید شده می‌باشد و نشان‌دهنده پتانسیل ماده پسته برای نگهداری هسته درون ریزکپسول است. به منظور ارزیابی کارایی درون‌پوشانی، باید محتوی کل بتالائین (TBC^2) و محتوی سطحی بتالائین (SBC^3) محاسبه شوند. برای اندازه‌گیری TBC، 100 میلی‌گرم از نمونه‌ها وزن شد و یک میلی‌لیتر آب مقطر به آن افزوده شد. سپس این نمونه‌ها هم‌زده شدند تا غشاء ریزکپسول تخریب گردد. در ادامه 10 میلی‌لیتر اتانول به نمونه‌ها افزوده و به مدت 5 دقیقه استخراج صورت گرفت و در نهایت

1 Encapsulation efficiency

2 Total Betalain Content

3 Surface Betalain Content

استاندارد استفاده شد. محتوی فنول تام به صورت معادل میلی گرم اسید گالیک در گرم پودر (GAE/g powder) بیان شد. همه اندازه گیری ها در سه تکرار انجام گرفت.

تجزیه و تحلیل آماری داده ها

در این پژوهش به منظور بررسی تأثیر متغیرهای فرآیند درون پوشانی یعنی نوع خشک کن (پاششی و انجمادی) و نوع و نسبت حامل (مالتودکستری و WPI) روی خواص فیزیکی شیمیایی پودر

عصاره چغندر قرمز، از تحلیل واریانس یک طرفه (one-way analysis of variance) با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه 22 استفاده شد. به منظور بررسی اختلاف بین نمونه ها از آزمون چنددامنه ای دانکن در سطح 95% استفاده شد. همه اندازه گیری ها در سه تکرار انجام گرفت. تیمارهای مورد مطالعه در این پژوهش در جدول 1 نشان داده شده است.

جدول 1- تیمارهای مورد مطالعه در این پژوهش

تیمار	مالتودکستری (%)	ایزوله پروتئین آب پنیر (%)
1	100	0
2	75	25
3	50	50
4	25	75
5	0	100

بارگذاری شده تا چه حدی توسط مواد حامل و کمک خشک کن در مقابل شرایط نامساعد محیطی محافظت می گردند (Liu et al., 2015). اصولاً پروتئین ها به دلیل ماهیت آمفی فیلک و قابلیت فعالیت سطحی که دارند توانایی مهاجرت به سطح مشترک قطره و هوا را دارند و در نتیجه اطراف قطرات محصول قبل از خشک کردن قرار می گیرند و این امر سبب به دام اندازی ترکیبات بارگذاری شده به شکل مؤثری می گردد که از آنها در مقابل شرایط نامطلوب خشک کردن محافظت می نماید. از طرفی مالتودکستری فاقد قابلیت فعالیت سطحی و خاصیت امولسیفایری می باشد (Liu et al., 2016) که این امر احتمالاً سبب می شود که افزایش مقدار مالتودکستری کارایی درون پوشانی را کاهش دهد. با این وجود در طی فرآیند خشک کردن انجمادی احتمالاً آب زدایی بیش از پروتئین که خاصیت امولسیفایری دارد سبب شکست قطرات ریز و بهم پیوستن آنها شده است که این امر منجر به تشکیل قطرات درشت خواهد شد که پایداری آنها را کاهش خواهد داد و کارایی درون پوشانی را کمتر می نماید (Choi et al., 2007). نتایج این پژوهش با یافته های دیگر محققین نیز مطابقت داشت. Chen و همکاران (2013) به مطالعه درون پوشانی روغن ماهی با استفاده از دو روش خشک کردن پاششی و انجمادی پرداختند. این محققین مشاهده کردند که نمونه های تهیه شده با روش خشک کردن پاششی از کارایی درون پوشانی بیشتری برخوردار بودند. Karaca و همکاران (2013) با درون پوشانی روغن بزرک توسط ایزوله پروتئین نخود، ایزوله پروتئین عدس و همچنین مالتودکستری مشاهده کردند که نمونه های درون پوشانی شده با

نتایج و بحث

کارایی درون پوشانی

جدول 2 نتایج مربوط به مقایسه میانگین داده ها از لحاظ کارایی فرآیند خشک کردن پاششی و انجمادی عصاره چغندر قرمز براساس آزمون چنددامنه ای دانکن با استفاده از نسبت های مختلف WPI و مالتودکستری را نشان می دهد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که کارایی درون پوشانی عصاره چغندر قرمز به طور معنی داری ($p < 0/05$) وابسته به نوع فرآیند خشک کردن، نوع و مقدار ماده کمک خشک کن در ماده خوراک پیش از خشک کردن محلول می باشد. نتایج به دست آمده نشان داد که در سطح ماده حامل ثابت، نمونه هایی که توسط فرآیند خشک کردن پاششی خشک شده بودند به طور معنی داری ($p < 0/05$) دارای کارایی درون پوشانی بیشتری نسبت به نمونه های متناظر خشک کن انجمادی بودند (جدول 2). همان طور که جدول 2 نشان داده شده است با افزایش نسبت WPI در دیواره از صفر تا 50 درصد به طور معنی داری ($p < 0/05$) کارایی درون پوشانی افزایش یافت. براساس این نتایج مشخص شد که بالاترین (89/73) درصد برای خشک کن پاششی و 81/51 درصد برای خشک کن انجمادی) کارایی درون پوشانی مربوط به تیمار تهیه شده با 50 درصد WPI و 50 درصد مالتودکستری به عنوان ماده کمک خشک کن و کمترین کارایی درون پوشانی (68/09) درصد برای خشک کن پاششی و 55/99 درصد برای خشک کن انجمادی) مربوط به تیمار تهیه شده با 100 درصد مالتودکستری به عنوان ماده حامل بود. کارایی درون پوشانی از این جهت اهمیت دارد که ترکیبات

پروتئین دارای کارایی درون پوشانی بیشتری نسبت به مالتودکسترین بودند.

جدول 2- تغییرات کارایی درون پوشانی عصاره چغندر قرمز

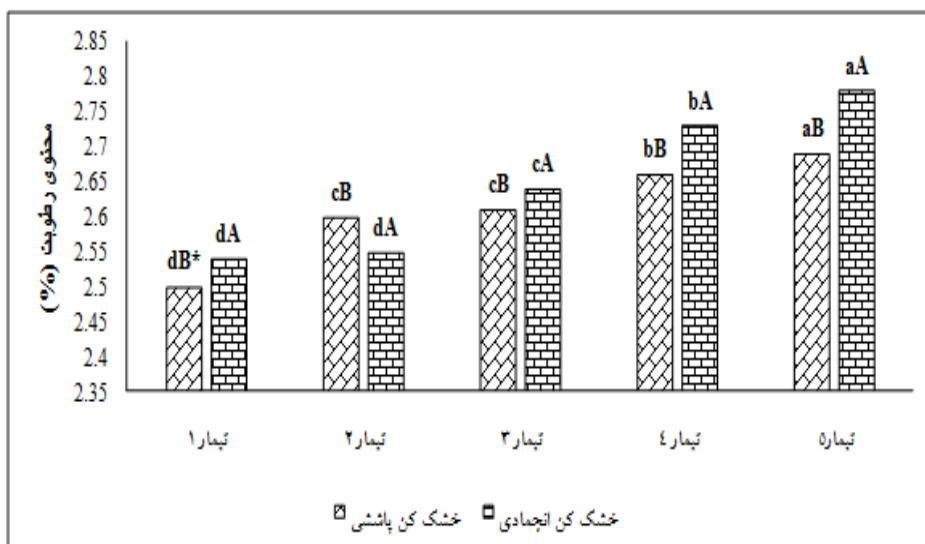
تیما	مالتودکسترین (%)	WPI (%)	خشک کن پاششی	خشک کن انجمادی
1	100	0	68/09 ± 0/19 ^{eA*}	55/99 ± 0/15 ^{eB}
2	75	25	78/67 ± 0/12 ^{cA}	74/96 ± 0/18 ^{cB}
3	50	50	89/73 ± 0/16 ^{aA}	81/51 ± 0/14 ^{aB}
4	25	75	84/58 ± 0/14 ^{bA}	77/09 ± 0/15 ^{bB}
5	0	100	76/52 ± 0/10 ^{dA}	66/30 ± 0/17 ^{dB}

* حروف بزرگ متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی دار در هر ردیف و حروف کوچک متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی دار در هر ستون می باشد (p<0/05).

محتوی رطوبت

نتایج حاصل از تغییرات میزان رطوبت نمونه های خشک شده عصاره چغندر قرمز با استفاده از دو خشک کن پاششی و انجمادی و مقایسه میانگین داده ها براساس آزمون چنددامنه ای دانکن در شکل 1 نشان داده شده است. نتایج به دست آمده در این پژوهش مشخص نمود که تغییرات میزان رطوبت نمونه ها به طور معنی داری (p<0/05) وابسته به نوع خشک کن و نوع و درصد ماده کمک خشک کن می باشد. همان طور که در شکل 1 نشان داده شده است با افزایش مقدار مالتودکسترین در فرمولاسیون محلول اولیه محتوی رطوبت هر

کدام از نمونه ها به طور معنی داری (p<0/05) کاهش یافت به طوری که نمونه های خشک شده با 100 درصد مالتودکسترین در هر دو خشک کن دارای کمترین محتوی رطوبت نسبت به سایر تیمارها بودند. از طرفی هم مقایسه تأثیر دو نوع خشک کن در مقدار ماده حامل ثابت روی محتوی رطوبت پودرها مشخص نمود که نمونه های تهیه شده با خشک کن پاششی به طور معنی داری (p<0/05) دارای محتوی رطوبت پایین تری نسبت به نمونه های خشک شده با خشک کن انجمادی بودند (شکل 1).



شکل 1- تغییرات محتوی رطوبت پودر عصاره چغندر قرمز

(*حروف بزرگ متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی دار بین روش های خشک کردن و حروف کوچک متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی دار بین تیمارهای مورد آزمایش می باشند (p<0/05)).

این رفتار احتمالاً به دلیل ماهیت آب دوستی پروتئین ها می باشد. پروتئین ها به دلیل گروه های عاملی فعالی که در ساختار خود دارند از قابلیت جذب و نگهداری آب خوبی برخوردار هستند (Du et al., 2011; Jayasundera et al., 2014) که این امر احتمالاً سبب شده تا با افزایش نسبت WPI به مالتودکسترین در فرمولاسیون عصاره های خشک شده محتوی رطوبت پودر عصاره چغندر قرمز نیز

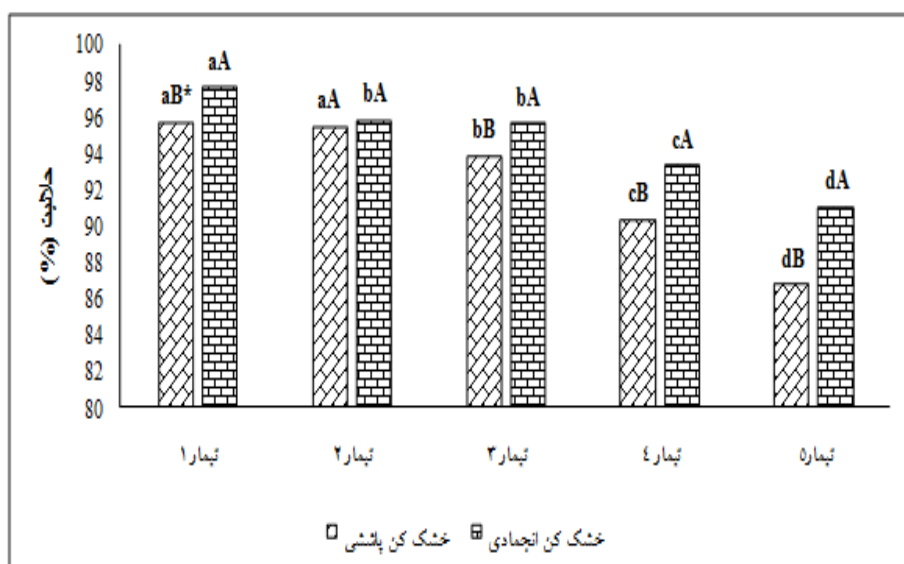
این رفتار احتمالاً به دلیل ماهیت آب دوستی پروتئین ها می باشد. پروتئین ها به دلیل گروه های عاملی فعالی که در ساختار خود دارند از قابلیت جذب و نگهداری آب خوبی برخوردار هستند (Du et al., 2011; Jayasundera et al., 2014) که این امر احتمالاً سبب شده تا با افزایش نسبت WPI به مالتودکسترین در فرمولاسیون عصاره های خشک شده محتوی رطوبت پودر عصاره چغندر قرمز نیز

دادند. براساس نتایج به دست آمده توسط این محققین مشخص شد که نمونه‌های تهیه شده با ترکیبات پروتئینی به دلیل ماهیت آب دوستی بیشتر پروتئین‌ها از محتوی رطوبت بالاتری نسبت به نمونه‌های تهیه شده با ترکیبات کربوهیدراتی برخوردار بودند.

حلالیت

قابلیت فوری بودن پودرها معمولاً توسط حلالیت آنها در آب ارزیابی می‌شود و به طور معمول این شاخص با کاهش حلالیت کاهش می‌یابد (Nadeem et al., 2011). شکل 2 نتایج مربوط به تغییرات میزان حلالیت پودرهای عصاره چغندر قرمز تهیه شده با دو سیستم خشک کن پاششی و انجمادی و مقایسه تأثیر نوع و مقدار حامل‌های WPI و مالتودکسترین روی این شاخص براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن را نشان می‌دهد.

افزایش یابد. نتایج این پژوهش با یافته‌های دیگر محققین نیز مطابقت داشت. نجف نجفی و همکاران (2011) تأثیر استفاده از فرآیند خشک کردن انجمادی و پاششی و همچنین دو نوع ماده کمک خشک کن (پودر شیر بدون چربی و نشاسته اصلاح شده) را روی محتوی رطوبت پودر اسانس هل مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج حاصل از مطالعه این محققین نشان داد که استفاده از خشک کن پاششی در مقایسه با خشک کن انجمادی منجر به افت بیشتر رطوبت شد و همچنین استفاده از نشاسته اصلاح شده به دلیل قابلیت نگهداری آب کمتر در ساختار پودر محتوی رطوبت کمتری نسبت به پودر چربی شیر بدون چربی را به دنبال داشت. Du و همکاران (2014) تأثیر استفاده از 5 حامل مختلف مالتودکسترین، صمغ عربی، نشاسته اصلاح شده، کنسانتره پروتئین آب پنیر و آلبومین تخم مرغ روی محتوی رطوبت پودر خرمالو در طی فرآیند خشک کردن را مورد ارزیابی قرار



شکل 2- تغییرات حلالیت پودر عصاره چغندر قرمز

(*) حروف بزرگ متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین روش‌های خشک کردن و حروف کوچک متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مورد آزمایش می‌باشند ($p < 0/05$).

پودرهایی بود که حاوی 100 درصد مالتودکسترین بودند. از طرف دیگر مقایسه تأثیر دو نوع خشک کن روی شاخص حلالیت پودر در آب نشان داد که پودرهای تهیه شده با خشک کن انجمادی به طور معنی‌داری ($p < 0/05$) از حلالیت بیشتری نسبت به پودر عصاره چغندر قرمز تهیه شده با خشک کن پاششی برخوردار بودند (شکل 2). بنابراین همان‌طور که مشاهده می‌شود هر دو نمونه‌های پودر عصاره چغندر به دست آمده از خشک کن پاششی و انجمادی از حلالیت قابل قبولی برخوردار هستند. مالتودکسترین از جمله مواد حامل متداول

نتایج تحلیل واریانس داده‌ها نشان داد که تغییرات میزان حلالیت به طور معنی‌داری ($p < 0/05$) وابسته به نوع و مقدار حامل و همچنین نوع فرآیند خشک کردن بود. براین اساس تغییر نوع حامل و نسبت آن در دیواره ذرات خشک شده عصاره چغندر قرمز به طور معنی‌داری ($p < 0/05$) میزان حلالیت پودرهای تولیدی را تغییر داد به طوری که پودرهای تهیه شده با درصد بالاتر مالتودکسترین حلالیت بیشتری نسبت به پودرهای تهیه شده با WPI داشتند ($p < 0/05$). از این رو، بالاترین میزان حلالیت پودرهای عصاره چغندر قرمز مربوط به

برخوردار بودند. همچنین Chen و همکاران (2015)، دریافتند که پودر روغن ماهی تهیه شده با خشک‌کن انجمادی حلالیت بالاتری نسبت به پودرهای تهیه شده با خشک‌کن پاششی داشتند.

محتوی ترکیبات فنولی

جدول 3 نتایج مربوط به تغییرات محتوی ترکیبات فنولی و مقایسه میانگین داده‌های مربوط به تغییرات محتوی ترکیبات فنولی عصاره چغندر قرمز تهیه شده با دو خشک‌کن پاششی و انجمادی و نیز دو ماده حامل WPI و مالتودکسترین با نسبت‌های مختلف را نشان می‌دهد. براساس نتایج تحلیل واریانس به‌دست آمده در این پژوهش مشخص شد که تغییرات محتوی ترکیبات فنولی عصاره چغندر قرمز درون‌پوشانی شده به‌طور معنی‌داری ($p < 0/05$) وابسته به نوع خشک‌کن و نوع و نسبت حامل به‌کار رفته جهت درون‌پوشانی بود. از این‌رو همان‌طور که در جدول 3 نشان داده شده است با افزایش مقدار WPI در ساختار دیواره ذرات تهیه شده تا سطح 50 درصد به‌طور معنی‌داری ($p < 0/05$) محتوی ترکیبات فنولی در هر دو خشک‌کن بهتر حفظ شد و بالاتر از سایر تیمارها بود.

برای تهیه پودرهای فوری می‌باشد زیرا حلالیت بالایی نسبت به پروتئین‌ها دارد. این رفتار احتمالاً به‌دلیل این واقعیت است که مالتودکسترین با DE بالا دارای حلالیت زیادی در آب است (Santhalakshmy et al., 2015; Du et al., 2014). علاوه بر این در فرآیند خشک‌کردن انجمادی به‌دلیل ایجاد ساختار متخلخل و پر از خلل و فرج، نمونه‌های تولید شده مانند یک اسفنج آب جذب می‌نمایند. همچنین بخشی از آب غیرمنجمد از طریق پیوند هیدروژنی به پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها متصل می‌باشد که در طول فرآیند خشک‌کردن انجمادی این بخش از آب تبخیر می‌گردد که با قرارگیری این نمونه‌ها در معرض آب، سبب جذب سریع آب توسط آنها برای جبران پیوندهای هیدروژنی از دست رفته خواهد شد. لذا این فرآیند سبب ایجاد ساختار باز و سطح بالا برای جذب آب می‌گردد. از طرف دیگر در طی فرآیند خشک‌کردن پاششی حذف سریع آب باعث ایجاد چروکیدگی و همچنین لایه سفت روی سطح ذرات خواهد شد که نفوذ آب را به داخل ذره کندتر و سخت می‌نماید (Shefer & Shefer, 2003). نتایج این پژوهش با یافته‌های محققین دیگر نیز مطابقت داشت. Manickavasagan و همکاران (2015) مشاهده کردند که پودر شیر خرمای تهیه شده با استفاده از صمغ عربی و مالتودکسترین به‌دلیل ماهیت آب‌دوستی که دارند از حلالیت بالایی

جدول 3- تغییرات محتوی ترکیبات فنولی کل (GAE/g of powder) پودر عصاره چغندر قرمز

تیمار	مالتودکسترین (%)	WPI (%)	خشک‌کن پاششی	خشک‌کن انجمادی
1	100	0	52/52 ± 0/05 ^{eB}	65/41 ± 0/06 ^{eA*}
2	75	25	73/47 ± 0/03 ^{cB}	78/34 ± 0/04 ^{cA}
3	50	50	87/26 ± 0/01 ^{aB}	92/45 ± 0/08 ^{aA}
4	25	75	79/39 ± 0/04 ^{bB}	84/52 ± 0/03 ^{bA}
5	0	100	62/80 ± 0/04 ^{dB}	72/37 ± 0/05 ^{dA}

* حروف بزرگ متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در هر ردیف و حروف کوچک متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در هر ستون می‌باشد ($p < 0/05$).

نمونه‌های تهیه شده با درصد مالتودکسترین بالاتر، بیشتر بود. از طرفی فرآیند خشک‌کردن انجمادی به‌دلیل اعمال دماهای پایین یکی از راه‌های موثر و پرکاربرد جهت درون‌پوشانی ترکیبات زیست فعال و ترکیبات حساس به حرارت محسوب می‌شود. استفاده از دماهای پایین در این فرآیند نسبت به دماهای بالای 100 درجه سانتی‌گراد در طی خشک‌کردن پاششی مواد بارگذاری شده از تخریب حرارتی آنها جلوگیری خواهد نمود و در نتیجه محتوی ترکیبات فنولی بیشتر خواهد بود (Sogi et al., 2013). در تأیید نتایج حاصل از این پژوهش، Jiménez-Aguilar و همکاران (2011) مشاهده کردند که استفاده از فرآیند خشک‌کردن انجمادی جهت درون‌پوشانی نسبت به خشک‌کردن پاششی سبب حفظ بهتر ترکیبات فنولی شد و محتوی

همچنین مقایسه بین دو خشک‌کن و تأثیر آنها روی حفظ ترکیبات فنولی نشان داد که خشک‌کن انجمادی به‌طور معنی‌داری ($p < 0/05$) سبب حفظ بهتر این ترکیبات نسبت به نمونه‌های مشابه در خشک‌کن پاششی شد. پروتئین‌ها و به‌خصوص WPI به‌دلیل قابلیت امولسیفایری مناسب قابلیت درون‌پوشانی بالایی برای ترکیبات فعال و به‌خصوص ترکیبات حساس به حرارت دارند. پروتئین‌ها از طریق تشکیل فیلم مناسب اطراف قطرات محلول آنها را از شرایط نامطلوب محیطی محافظت می‌نمایند و این امر سبب حفظ فعالیت بیولوژیکی ترکیبات بارگذاری شده خواهد شد (Tavares et al., 2014). همان‌طور که قبلاً نیز نشان داده شد با افزایش نسبت WPI به مالتودکسترین در ساختار دیواره پودر عصاره چغندر قرمز، کارایی درون‌پوشانی افزایش یافت لذا محتوی ترکیبات فنولی نسبت به

ترکیبات فنولی و آنتوسیانینی در نمونه‌های خشک شده توسط خشک‌کن انجمادی بیشتر از دیگر نمونه‌ها بود

نتیجه‌گیری

امروزه به‌منظور نگهداری و افزایش پایداری ترکیبات زیست‌فعال عصاره میوه‌ها و سبزی‌ها در طی فرآیندهای مختلف و در طی دوره نگهداری از روش‌های متعددی جهت درون‌پوشانی استفاده می‌شود. استفاده از روش‌های خشک‌کردن انجمادی و پاششی از متداول‌ترین روش‌های خشک‌کردن مواد غذایی مایع می‌باشد. بنابراین هدف از

این پژوهش استفاده از فرآیندهای خشک‌کردن پاششی و انجمادی با بکارگیری نسبت‌های مختلف مالتودکسترین و WPI به‌عنوان مواد دیواره جهت خشک‌کردن عصاره چغندر قرمز بود. براساس نتایج به دست آمده در این پژوهش مشخص شد که استفاده از نسبت 50:50 مالتودکسترین و WPI منجر به خصوصیات فیزیکی‌شیمیایی مطلوب در پودرهای به‌دست آمده توسط هر دو روش خشک‌کردن گردید. کارایی درون‌پوشانی روش خشک‌کردن پاششی بالاتر بود ولی پودرهای عصاره چغندر قرمز تهیه شده با خشک‌کن انجمادی میزان فنول کل بالاتری داشتند.

منابع

- یوسفی، ش. (1397). بهینه‌سازی فرآیند خشک‌کردن پاششی جهت تولید پودرهایریزدرونپوشانی شده عصاره فراسودمنداستخراجی از چغندرلبوبی. مجله علوم غذایی و تغذیه. سال پانزدهم، شماره 2، 31-44.
- AOAC. (2002). Official Methods of Analysis AOAC International, 17th End. AOAC International Maryland.
- Azeredo, H. (2009). Betalains: properties, sources, applications, and stability—a review. *International journal of food science & technology*, 44(12), 2365-2376.
- Bansal, V., Sharma, H.K., & Nanda, V. (2014). Optimisation of spray drying process parameters for low-fat honey-based milk powder with antioxidant activity. *International Journal of Food Science & Technology*, 49(4), 1196-1202. doi:10.1111/ijfs.12416
- Caparino, O. A., Tang, J., Nindo, C. I., Sablani, S. S., Powers, J. R., & Fellman, J. K. (2012). Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (Philippine 'Carabao' var.) powder. *Journal of Food Engineering*, 111(1), 135-148.
- Chen, Q., Zhong, F., Wen, J., McGillivray, D., & Quek, S. Y. (2013). Properties and stability of spray-dried and freeze-dried microcapsules co-encapsulated with fish oil, phytosterol esters, and limonene. *Drying Technology*, 31(6), 707-716.
- Choi, M. J., Briançon, S., Bazile, D., Royere, A., Min, S. G., & Fessi, H. (2007). Effect of cryoprotectant and freeze-drying process on the stability of W/O/W emulsions. *Drying technology*, 25(5), 809-819.
- Du, J., Ge, Z.-Z., Xu, Z., Zou, B., Zhang, Y., & Li, C.-M. (2014). Comparison of the efficiency of five different drying carriers on the spray drying of persimmon pulp powders. *Drying Technology*, 32.10, 1157-1166.
- Fazaali, 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(4), 667-675. doi:10.1016/j.fbp.2012.04.006.
- Gliszczynska-Swiglo, A., Szymusiak, H., & Malinowska, P. (2006). Betanin, the main pigment of red beet: molecular origin of its exceptionally high free radical-scavenging activity. *Food additives and contaminants*, 23(11), 1079-1087.
- Jayasundera, M., Adhikari, B., Howes, T., & Aldred, P. (2011). Surface protein coverage and its implications on spray-drying of model sugar-rich foods: solubility, powder production and characterization. *Food Chemistry*, 128.4, 1003-1016.
- Jiménez-Aguilar, D. M., Ortega-Regules, A. E., Lozada-Ramírez, J. D., Pérez-Pérez, M. C. I., Vernon-Carter, E. J., & Welti-Chanes, J. (2011). Color and chemical stability of spray-dried blueberry extract using mesquite gum as wall material. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(6), 889-894.
- Karaca, A. C., Nickerson, M., & Low, N. H. (2013). Microcapsule production employing chickpea or lentil protein isolates and maltodextrin: Physicochemical properties and oxidative protection of encapsulated flaxseed oil. *Food Chemistry*, 139(1-4), 448-457.
- Kaushik, V., & Roos, Y. H. (2007). Limonene encapsulation in freeze-drying of gum Arabic-sucrose-gelatin systems. *LWT-Food Science and Technology*, 40(8), 1381-1391.
- Lakkis, J. M. (2016). *Encapsulation and controlled release technologies in food systems*. John Wiley & Sons.
- Liu, D., Cito, S., Zhang, Y., Wang, C. F., Sikanen, T. M., & Santos, H. A. (2015). A versatile and robust microfluidic platform toward high throughput synthesis of homogeneous nanoparticles with tunable properties. *Advanced Materials*, 27(14), 2298-2304.

- Liu, W., Chen, X. D., Cheng, Z., & Selomulya, C. (2016). On enhancing the solubility of curcumin by microencapsulation in whey protein isolate via spray drying. *Journal of Food Engineering*, 169, 189-195.
- Mani, S., Jaya, S., & Das, H. (2002). Sticky issues on spray drying of fruit juices. Paper presented at the ASAE/CSAEC North Central Intersectional Meeting, Parktown Hotel, Saskatoon, Saskatchewan, Canada, September pp. 27-28
- Manickavasagan, A., Thangavel, K., Dev, S. R. S., Delfiya, D. A., Nambi, E., Orsat, V., & Raghavan, G. S. V. (2015). Physicochemical characteristics of date powder produced in a pilot-scale spray dryer. *Drying Technology*, 33(9), 1114-1123.
- Nadeem, H. Ş., Torun, M., & Özdemir, F. (2011). Spray drying of the mountain tea (*Sideritis stricta*) water extract by using different hydrocolloid carriers. *LWT-Food Science and Technology*, 44(7), 1626-1635.
- Najaf Najafi, M., Kadhodae, R., & Mortazavi, S. A. (2011). Effect of drying process and wall material on the properties of encapsulated cardamom oil. *Food biophysics*, 6(1), 68-76.
- Neelwarne, B., & Rudrappa, T. (2013). Peroxidases and Other Enzymes from Red Beet Hairy Roots. In *Red Beet Biotechnology* (pp. 283-333). Springer US.
- Otalora, M. C., Carriazo, J. G., turriaga, L. I., Nazareno, M. A. & osorio, C. (2015). Microencapsulation of betalains obtained from cactus fruit (*Opuntia ficus-indica*) by spray drying using cactus cladode mucilage and maltodextrin as encapsulating agents. *Food Chemistry*, 187, 174-181.
- Potter, N. N., & Hotchkiss, J. H. (2012). *Food science*. Springer Science & Business Media.
- Rezaeina, H., Ghorani, B., Emadzadeh, B., & Tucker, N. (2019). Electrohydrodynamic atomization of Balangu (*Lallemantia royleana*) seed gum for the fast-release of *Mentha longifolia* L. essential oil: Characterization of nanocapsules and modeling the kinetics of release. *Food Hydrocolloids*, 93, 374-385.
- Sablani, S. S., Shrestha, A. K., & Bhandari, B. R. (2008). A new method of producing date powder granules: Physicochemical characteristics of powder. *Journal of Food Engineering*, 87(3), 416-421.
- Santhakshmy, S., Bosco, S. J. D., Francis, S., & Sabeena, M. (2015). Effect of inlet temperature on physicochemical properties of spray-dried jamun fruit juice powder. *Powder Technology*, 274, 37-43.
- Shefer, A., & Shefer, S. (2003). Novel encapsulation system provides controlled release of ingredients. *Food Technology*.
- Sogi, D. S., Siddiq, M., Greiby, I., & Dolan, K. D. (2013). Total phenolics, antioxidant activity, and functional properties of 'Tommy Atkins' mango peel and kernel as affected by drying methods. *Food chemistry*, 141(3), 2649-2655.
- Tavares, G. M., Croguennec, T., Carvalho, A. F., & Bouhallab, S. (2014). Milk proteins as encapsulation devices and delivery vehicles: applications and trends. *Trends in Food Science & Technology*, 37.1, 5-20.

Encapsulation of red beetroot extract using spray drying and freeze drying by malto-dextrin and whey protein isolate carriers

M. Faridnia¹, A. Mohammadi-Sani², M. Najaf Najafi^{3*}

Received: 2019.07.13

Accepted: 2019.09.01

Introduction: Natural substances with plant sources are rich in bioactive and useful compounds that promote health and improve the physicochemical properties of food products. Compounds such as antioxidants, polyphenols, pigments, flavors and etc. are among the most important bioactive plant-based compounds. Red beetroot is one of the unique plants that are rich in antioxidants, anthocyanins, and red pigmentation. The red pigment of the red beetroot is known as betacyanin, and betanin is the major betacyanin compound in red beetroot. Therefore, due to the red beetroot rich in natural pigments, especially betalains, this plant product has a high potential for use as a natural colorant in food, pharmaceutical, and cosmetic products. However, the restrictions on the use of natural and edible pigments are unstable during processing and preservation. The encapsulation process is one of the effective strategies in the food industry to resolve this problem and to protect bioactive compounds during production and storage. Different methods have been used for encapsulation of bioactive compounds, among which the most prominent ones are freeze drying, emulsion, spray drying, liposomal, niosome, coacervation, and so on. Freeze drying and spray drying are two of the most widely used and industrial methods for the encapsulation of bioactive compounds, pigments, extracts, pharmaceuticals, and microorganisms. So, the aim of this study was to produce red beetroot pulp powder as a source of bioactive and colorant compounds using spray and freeze-drying processes.

Materials and methods: Whey protein isolate (WPI) and maltodextrin with a DE 18-20 in different ratios (100: 0, 75:25, 50:50, 25:70 and 0: 100) as wall materials were used to the beetroot extract encapsulation. The spray drying process of the extracts was carried out at an inlet air temperature of 140 °C and outlet air temperature of 65-70 °C with a pump power of 75%, a compressed air flow of 3.5 m³/h, and a feed flow rate of 5 mL/min. To dry the freeze-dried extracts, each sample was first kept at a temperature of -18°C for 3 h, and then the drying operation was performed in a freeze dryer for 24 h. In all treatments, the brix feed solution was kept constant at 10%. The produced powders were evaluated in terms of encapsulation efficiency, moisture content, water solubility, and total phenol content.

Results & discussion: The results showed that by increasing the amount of WPI to 50% (50:50 ratio), encapsulation efficiency significantly increased ($p < 0.05$). In the spray and freeze-dried samples, the lowest moisture content was observed in the sample treated with 100% maltodextrin. Increasing the maltodextrin ratio significantly ($p < 0.05$) increased the solubility of the powders in water. The evaluation of total phenol content showed that the red beetroot extract powders prepared with freeze dryer had the total phenol content. Also, the powder samples obtained from the ratio of 50:50 maltodextrin to WPI had the highest total phenolic content. Based on the results obtained in this study, it was found that the use of the 50:50 ratio for maltodextrin and WPI resulted in desirable physicochemical properties in the powders obtained by both drying methods. Therefore, due to the high costs of freeze drying and the results of the present study, it can be concluded that the spray drying method with the conditions applied during this study can be used as an effective and promising method for the production of natural pigments based on red beetroot extract for use in food, pharmaceutical, and cosmetic industries. Hence, using a 50:50 ratio for maltodextrin and WPI as wall materials and drying aid is recommended for the production of red beetroot pulp powder.

Keywords: Freeze drying, Spray drying, Red beetroot, WPI, Maltodextrin.

1. MSc student, Department in Food Science & Technology, Quchan Branch, Islamic Azad University, Quchan, Iran.

2. Associate Professor, Department of Food Science & Technology, Quchan Branch, Islamic Azad University, Quchan, Iran.

3. Associate professor, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran.

(*Corresponding author's email: mnajafi.mhd@gmail.com)

کوتاه پژوهشی

هدایت الکتریکی شیر بازساخته تحت تاثیر دما و درصد ترکیبات

حیدر ناصری¹ - عیسی حزباوی^{2*} - فیض اله شهبازی³

تاریخ دریافت: 1398/03/28

تاریخ پذیرش: 1398/06/05

چکیده

شیر بازساخته یک محصول جایگزین شیر است. اجزای شیر بازساخته به راحتی قابل تنظیم تر از شیر است. نسبت اجزای شیر به طور مستقیم بر کیفیت محصول تاثیر می گذارد. با استفاده از هدایت الکتریکی می توان اطلاعات ارزشمندی در مورد کیفیت مواد مختلف از جمله مواد غذایی به دست آورد و به وسیله این روش، به عنوان یک ابزار ساده و کاربردی، کیفیت بسیاری از مواد غذایی را کنترل نمود. هدف از انجام این تحقیق بررسی هدایت الکتریکی شیر بازساخته تحت تاثیر دما، درصد پروتئین و درصد لاکتوز است. برای بررسی اثر درصد پروتئین (1، 2 و 3 درصد)، درصد لاکتوز یا قند (4، 6 و 8 درصد) بر هدایت الکتریکی شیر از پودر شیر خشک که خالص و بدون مکمل غذایی می باشد، در این تحقیق استفاده شد. برای افزایش درصد لاکتوز پودر شیر خشک از پودر لاکتوز، برای افزایش پروتئین از پودر کازئینات سدیم و برای به حجم رساندن نمونه ها از آب مقطر استفاده شد. کل آزمایشات در 3 سطح دمایی (50، 55 و 60 درجه سلسیوس) صورت گرفت. نتایج نشان داد که متغیرهای دما، درصد پروتئین و درصد لاکتوز بر هدایت الکتریکی شیر بازساخته تاثیر معنی داری داشتند. با افزایش درصد پروتئین و دمای شیر بازساخته، هدایت الکتریکی آن به طور معنی دار افزایش یافت. با افزایش درصد لاکتوز، هدایت الکتریکی شیر بازساخته به طور معنی دار کاهش یافت. بیشترین و کمترین مقدار هدایت الکتریکی شیر بازساخته به ترتیب 5/7 mS/cm در دمای 60 درجه سلسیوس، لاکتوز 4 درصد و پروتئین 3 درصد و 2/31 mS/cm در دمای 50 درجه سلسیوس، لاکتوز 8 درصد و پروتئین 1 درصد حاصل شد.

واژه های کلیدی: درصد پروتئین، درصد لاکتوز، شیر بازساخته، هدایت الکتریکی

مقدمه

شیر یک منبع مهم مواد مغذی مورد نیاز برای رشد در نوزادان و کودکان و همچنین برای حفظ سلامتی و نگهداری بافت در بزرگسالان است. همچنین شیر یک غذای کامل است و به آسانی قابل هضم و جذب می باشد (Luck and Screed, 2002). شیر بازساخته یک محصول جایگزین شیر مایع است. اجزای شیر بازساخته به راحتی قابل تنظیم تر از شیرهای مایع است. نسبت اجزای شیر به طور مستقیم بر کیفیت محصول تاثیر می گذارد. بنابراین شیر بازساخته به طور گسترده ای در تولید برخی از محصولات لبنی مانند پنیر، شیر پاستوریزه، بستنی و غیره استفاده می شود (Loveland, 1986; Mabrook and Petty, 2002). به رسانایی یک ماده خالص در برابر جریان الکتریکی، هدایت الکتریکی گفته می شود که با واحد میکروزیمنس بر سانتی متر (ms/cm) بیان می شود. هدایت الکتریکی یک ویژگی است که شامل حرکت آیون به آند و کاتدی به کاند و انتقال الکترون برای تکمیل مسیر است.

هدایت الکتریکی شیر عمدتاً مربوط به املاح موجود در آن به ویژه یون های سدیم، پتاسیم و کلر است (Maatje et al., 2002). عوامل موثر بر حرکت یون ها عبارتند از: غلظت، ولتاژ، دما و همزدن مکانیکی (Crow, 1994). ساختار شیمیایی یک ماده نیز بر هدایت الکتریکی آن تاثیر می گذارد. پروتئین اثر مثبت بر هدایت الکتریکی دارد (Gelais et al., 1995). در حالی که چربی و لاکتوز نمی توانند جریان را کنترل کنند. هدایت الکتریکی شیر با افزایش لاکتوز و چربی، کاهش می یابد (Prentice, 1962). با افزایش میزان آب شیر، هدایت الکتریکی کاهش خطی و با کاهش چربی شیر، هدایت الکتریکی افزایش پیدا می کند (Mabrook and Petty, 2003). در مایعاتی مانند شیر، هدایت الکتریکی را بر مبنای جابجایی یون ها و حرکت الکترون ها در مسیرهای خاص محاسبه می کنند، به این ترتیب که با فرو بردن دو الکترود در محلول و اعمال یک ولتاژ خاص، میزان مقاومت محلول اندازه گیری می گردد. به دلیل آنکه استفاده از جریان مستقیم ممکن است منجر به

خشک با درصد ترکیبات مشخص (درصد لاکتوز، درصد چربی و درصد پروتئین) از کارخانه شیر پگاه خرم آباد در سال 1396 تهیه شد (جدول 1). تیمارهای مورد استفاده در این تحقیق شامل درصد پروتئین (1، 2 و 3 درصد)، درصد لاکتوز یا قند (4 و 6 و 8 درصد) و درصد چربی (3 درصد) می‌باشد. برای افزایش درصد لاکتوز پودر شیر خشک از پودر لاکتوز، برای افزایش پروتئین از پودر کازئینات سدیم، برای افزایش درصد چربی پودر شیر خشک از کره حیوانی (شامل 83/5 درصد چربی و حدود 16 درصد رطوبت) و برای به حجم رساندن نمونه‌ها از آب مقطر استفاده شد (Shin et al., 2012). در تمامی آزمایشات، جرم نمونه شیر بازساخته برابر با 100 گرم در نظر گرفته شد. مواد آزمایشگاهی از شرکت مرک آلمان تهیه شده است. برای تاثیر متغیر دما، کل آزمایشات در 3 سطح دمایی (50، 55 و 60 درجه سلسیوس) صورت گرفت.

جدول 1- درصد ترکیبات پودر شیر خشک

ترکیب	درصد
پروتئین	33
چربی	0/1
رطوبت	3/6
لاکتوز	55

به‌منظور اندازه‌گیری میزان مواد آزمایشگاهی مورد نیاز برای تهیه نمونه‌های شیر بازساخته و همچنین جرم نهایی نمونه‌ها، از یک ترازوی دیجیتال (AND GF-6000، ژاپن) با دقت 0/1 گرم استفاده شد. برای رساندن دمای نمونه‌ها به دمای مورد نظر (50، 55 و 60 درجه سلسیوس)، ظرف نمونه‌ها در دستگاه بن‌ماری (Memmert، آلمان) قرار داده شد (Therdthai and Zhou, 2001). این دستگاه برای گرم کردن تدریجی و یکنواخت به محلول‌ها در یک بازه زمانی خاص استفاده می‌شود. محدوده دمایی دستگاه بن‌ماری که به‌طور معمول و بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد از دمای اتاق تا 100 درجه سانتی گراد است. همچنین برای مخلوط نمودن ترکیبات مختلف شیر از مخلوط‌کن دور بالا (همگن ساز) استفاده شد.

برای اندازه‌گیری هدایت الکتریکی شیر بازساخته از دستگاه هدایت الکتریکی سنج مدل DC14 با الکترودهایی از جنس پلاتین و ساخت شرکت هاریبوی ژاپن (Haribo Company, Japan) استفاده گردید. در این پژوهش با انجام آزمون پایه در قالب طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار اثر ترکیبات شیر بازساخته بر هدایت الکتریکی آن مورد مطالعه قرار گرفت. متغیرهای مستقل شامل درصد پروتئین (1، 2 و 3 درصد)، درصد لاکتوز (4 و 6 و 8 درصد) و دمای شیر (50، 55 و 60 درجه سلسیوس) و متغیر وابسته نیز هدایت الکتریکی شیر بازساخته بود. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS 16 و Excel 2007 انجام شد. کلیه میانگین‌ها توسط آزمون چنددامنه‌ای دانکن و در

پلاریزاسیون الکترودها شود، معمولاً از یک ولتاژ متناوب استفاده می‌شود و در پالسی از زمان جریان عبورکننده به مدار صفر می‌رسد و در محدوده فرکانس اعمال شده میزان مقاومت محاسبه می‌گردد، در اینجا نمک موجود در یک محلول می‌تواند روی پلاریزاسیون الکترودها موثر باشد و بدیهی است به‌کارگیری فرکانسی که در آن پلاریزاسیون الکترودها انجام نشود و حساسیت به حداکثر برسد مدنظر است (Lampert, 1978). به‌طور معمول هدایت الکتریکی شیر در دمای 25 درجه سلسیوس در محدوده 4 تا 5/5 ms/cm است (Nielen et al., 1992). هدایت الکتریکی با درجه حرارت افزایش می‌یابد (Loveland, 1986). در شرایط آزمایشگاه ارتباط خطی بین دما و هدایت الکتریکی وجود دارد به‌طوری‌که در دمای بین 15 تا 40 درجه سلسیوس به ازاء افزایش هر درجه دما به میزان 0/113 ms/cm افزایش هدایت الکتریکی دیده می‌شود (Mabrook and Petty, 2003). هدایت الکتریکی به‌طور گسترده‌ای در صنایع لبنی مورد استفاده قرار گرفته است. اندازه‌گیری هدایت الکتریکی یکی از روشهای تست برای تعیین مقداری از جمله نمک‌های محلول (Crow, 1994; Petzer et al., 2008)، تعیین میزان یون‌های آزاد در شیر (Mabrook and Petty, 2003)، میزان پروتئین پودر آب پنیر (Zhuang et al., 1997; Norberg et al., 2004)، تعیین میزان کازئین در فرآیند رسیدن پنیر چربی آن (Prentice, 1962; Paquet et al., 2000) می‌باشد. همچنین از هدایت الکتریکی برای تعیین میزان اسیدی شدن در فرآیندهای تخمیری و عمل آغازگرها (Paquet, 2000)، تشخیص استرپتوکوکوس ترموفیلوس (Carminati, 1991)، تعیین مراحل رشد لاکتوباسیلوس پاراکازئی در یک نوع پنیر بلغاری (Curda, 1995) و آلودگی آب به /شیریشیالکی (Colquhoun and Fricher, 1995) استفاده شده است. با توجه به اینکه در مورد هدایت الکتریکی شیر بازساخته تحت تاثیر همزمان چند عامل و نیز مدل‌سازی آن تحقیقی صورت نگرفته است، هدف از این پژوهش بررسی همزمان اثر دما، درصد لاکتوز و درصد پروتئین بر هدایت الکتریکی شیر بازساخته بومی ایران و همچنین مدل‌سازی آن می‌باشد. نتایج این تحقیق می‌تواند در تشخیص تقلب‌هایی که در صنعت شیر صورت می‌گیرد کاربرد داشته باشد.

مواد و روش‌ها

به دلیل اینکه نژاد گاوهای شیرده و نوع تغذیه این گاوها متفاوت است و همچنین تغییر و کنترل درصد ترکیبات شیر، دقیق و یا راحت نیست (مقدار آب و مواد افزودنی موجود در شیر مشخص نیست)، بنابراین از پودر شیر خشک که خالص و بدون مکمل غذایی می‌باشد، در این تحقیق استفاده شد (Therdthai and Zhou, 2001). پودر شیر

متقابل متغیرها بر هدایت الکتریکی شیر بازساخته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود ($P < 0.01$).

تغییرات میانگین هدایت الکتریکی شیر بازساخته تحت تاثیر متغیرهای مستقل دما، درصد پروتئین و درصد لاکتوز در شکل 1 نشان داده شده است. مطابق این شکل، هدایت الکتریکی شیر بازساخته از 2/31 تا 5/7 mS/cm به ترتیب در دمای 50 درجه سلسیوس، لاکتوز 8 درصد و پروتئین 1 درصد و دمای 60 درجه سلسیوس، لاکتوز 4 درصد و پروتئین 3 درصد تغییر یافته است. همانطور که مشاهده می‌شود بیشترین و کمترین تاثیر بر هدایت الکتریکی شیر بازساخته به ترتیب مربوط به اثر درصد پروتئین و درصد لاکتوز است.

سطح اطمینان 95 درصد با یکدیگر مقایسه شدند. برای مدل‌سازی شیر بازساخته از روش سطح پاسخ (RSM) و نرم‌افزار Design Expert 7 استفاده شد.

نتایج و بحث

اثر متقابل متغیرهای مستقل بر هدایت الکتریکی شیر بازساخته

نتایج تجزیه واریانس هدایت الکتریکی شیر بازساخته تحت تاثیر متغیرهای مستقل (درصد پروتئین، درصد لاکتوز و دما) در جدول 2 نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود اثرهای اصلی و

جدول 2- تجزیه واریانس هدایت الکتریکی شیر بازساخته

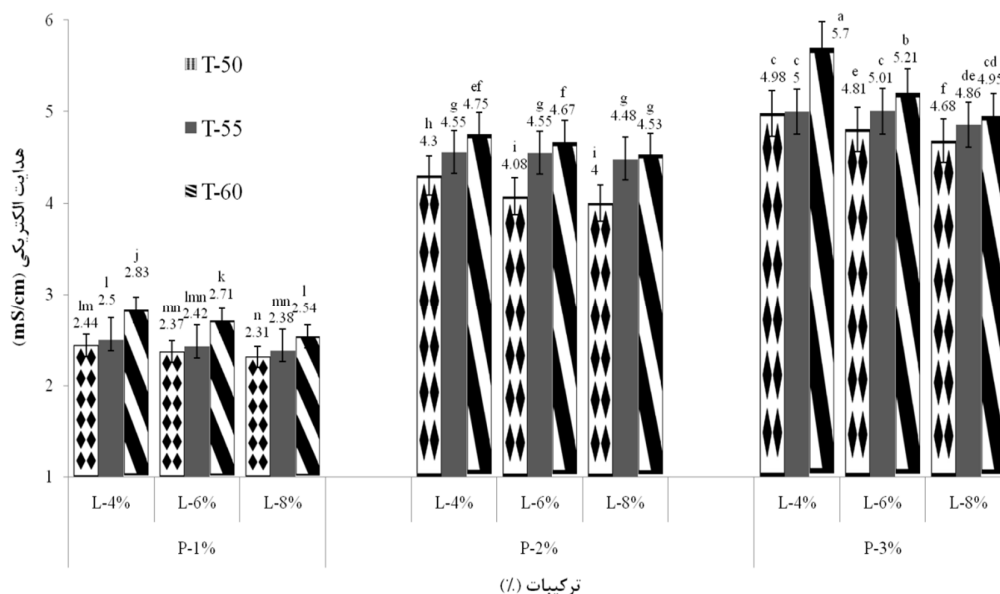
منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F
درصد پروتئین (P)	2	94/08	47/02	1099**
درصد لاکتوز (L)	2	0/91	0/45	105/9**
دما (T)	2	2/56	1/28	300/2**
P×L	4	0/13	0/03	7/8**
P×T	4	0/32	0/08	18/9**
L×T	4	0/22	0/06	13/1**
P×L×T	8	0/19	0/02	5/57**
خطا	54	0/23	0/01	

** معنی‌دار در سطوح احتمال 1 درصد

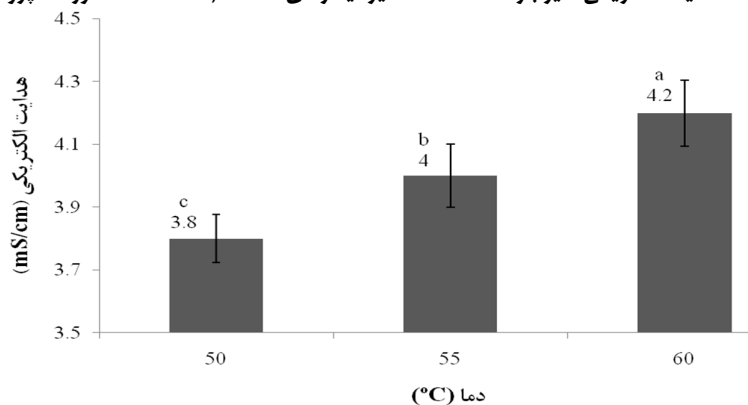
در شکل 2 تغییرات میانگین هدایت الکتریکی شیر بازساخته تحت تاثیر متغیر دما نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود بیشترین و کمترین مقدار هدایت الکتریکی شیر به ترتیب در سطوح 60 و 50 درجه سلسیوس بوده است. با افزایش دما از 50 تا 60 درجه سلسیوس، هدایت الکتریکی شیر از 3/8 تا 4/2 mS/cm به طور معنی‌دار افزایش یافته است. نتایج مشابهی در مورد اثر دما بر هدایت الکتریکی شیر توسط محققان دیگر نیز گزارش شده است (Sharma & Roy, 1976; Gelais et al., 1995). مقدار هدایت الکتریکی شیر بازساخته در دمای 55 درجه سلسیوس برابر با 4 mS/cm به دست آمد که اختلاف معنی‌داری با مقادیر در دماهای 50 و 60 درجه سلسیوس داشت. با افزایش دما، تحرک مولکول‌های مایع (شیر) افزایش می‌یابد و در نتیجه رسانایی و همچنین هدایت الکتریکی آن افزایش می‌یابد.

اثر متغیر دما بر هدایت الکتریکی شیر بازساخته

همانطور که در جدول 2 نشان داده شده است اثر دما بر هدایت الکتریکی شیر بازساخته معنی‌دار بود ($P < 0.01$). در شکل 1 نیز معنی‌دار بودن اثر دما بر هدایت الکتریکی شیر بازساخته در تمام سطوح درصد لاکتوز و درصد پروتئین قابل مشاهده است. با افزایش دما، هدایت الکتریکی شیر بازساخته به طور معنی‌دار افزایش یافته است. بیشترین تغییرات هدایت الکتریکی (16%) شیر بازساخته تحت تاثیر متغیر دما در پروتئین 1 درصد و لاکتوز 4 درصد رخ داده و مقدار آن از 2/44 تا 2/83 mS/cm به طور معنی‌دار افزایش یافته است. همچنین کمترین تغییرات هدایت الکتریکی (6%) شیر بازساخته تحت تاثیر متغیر دما در پروتئین 3 درصد و لاکتوز 8 درصد حاصل شده و مقدار آن از 4/68 تا 4/95 mS/cm به طور معنی‌دار افزایش یافته است.



شکل 1- هدایت الکتریکی شیر بازساخته تحت تاثیر تیمارهای مختلف (T: دما، L: لاکتوز، P: پروتئین)



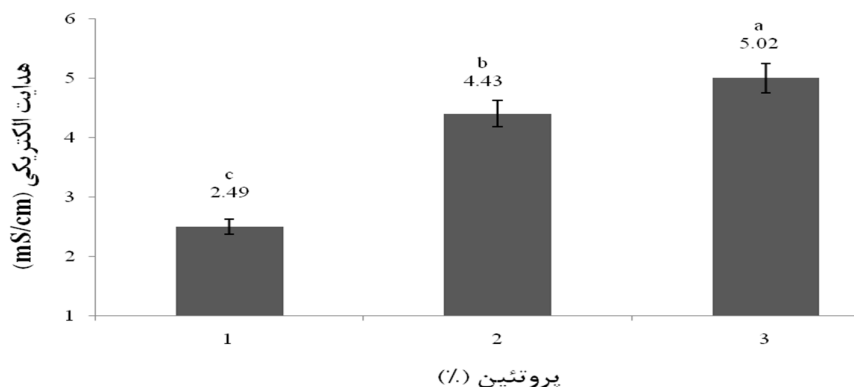
شکل 2- تاثیر دما بر هدایت الکتریکی شیر بازساخته

لاکتوز 4 درصد رخ داده و مقدار آن از 2/5 تا 5 mS/cm به طور معنی دار افزایش یافته است.

در شکل 3 تغییرات میانگین هدایت الکتریکی شیر بازساخته تحت تاثیر درصد پروتئین نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود بیشترین و کمترین مقدار هدایت الکتریکی شیر بازساخته به ترتیب در سطوح 3 و 1 درصد بوده است. با افزایش پروتئین از 1 تا 3 درصد، هدایت الکتریکی شیر بازساخته از 2/49 تا 5/02 mS/cm به طور معنی دار افزایش یافته است. نتایج مشابهی در مورد اثر دما بر هدایت الکتریکی شیر توسط محققان دیگر نیز گزارش شده است (Gelais et al., 1995). هدایت الکتریکی شیر بازساخته در سطح پروتئین 2 درصد برابر با 4/43 mS/cm بوده است که اختلاف معنی داری با مقادیر سطوح پروتئین 1 و 3 درصد داشت.

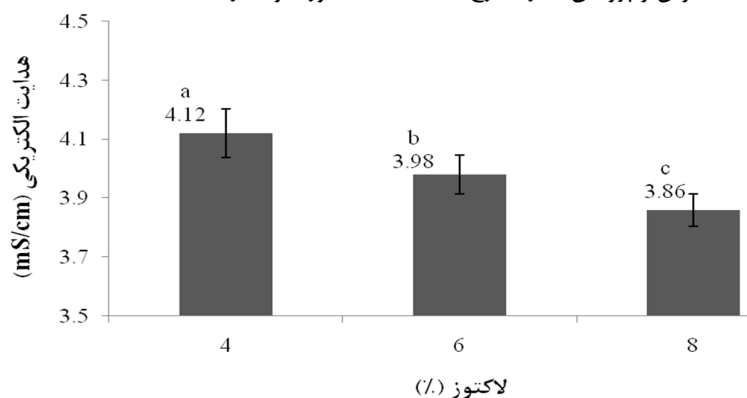
اثر درصد پروتئین بر هدایت الکتریکی شیر بازساخته

در جدول 2 نشان داده شد که اثر درصد پروتئین بر هدایت الکتریکی شیر بازساخته معنی دار بود ($P < 0.01$). در شکل 1 نیز معنی دار بودن اثر درصد پروتئین بر هدایت الکتریکی شیر بازساخته در تمام سطوح درصد لاکتوز و دما قابل مشاهده است. با افزایش درصد پروتئین، هدایت الکتریکی شیر بازساخته به طور معنی دار افزایش یافته است. بیشترین تغییرات هدایت الکتریکی (107%) شیر بازساخته تحت تاثیر درصد پروتئین در دمای 55 درجه سلسیوس و لاکتوز 6 درصد رخ داده و مقدار آن از 2/49 تا 5/01 mS/cm به طور معنی دار افزایش یافته است. همچنین کمترین تغییرات هدایت الکتریکی (100%) شیر بازساخته تحت تاثیر درصد پروتئین در دمای 55 درجه سلسیوس و



شکل 3- تاثیر پروتئین بر هدایت الکتریکی شیر بازساخته

و مقدار آن از 5/55 تا 4/48 mS/cm به طور معنی دار کاهش یافته است. در شکل 4 تغییرات میانگین هدایت الکتریکی شیر بازساخته تحت تاثیر درصد لاکتوز نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود بیشترین و کمترین مقدار هدایت الکتریکی شیر بازساخته به ترتیب در سطوح 4 و 8 درصد بوده است. با افزایش لاکتوز از 4 تا 8 درصد، هدایت الکتریکی شیر بازساخته از 4/12 تا 3/86 mS/cm به طور معنی دار کاهش یافته است. نتایج مشابهی در مورد اثر دما بر هدایت الکتریکی شیر توسط محققان دیگر نیز گزارش شده است (Mabrook & Petty, 2003). هدایت الکتریکی شیر بازساخته در سطح لاکتوز 6 درصد برابر با 3/98 mS/cm بوده است که اختلاف معنی داری با مقادیر سطوح لاکتوز 4 و 8 درصد داشت.



شکل 4- تاثیر لاکتوز بر هدایت الکتریکی شیر بازساخته

سطح پاسخ برای شبیه سازی هدایت الکتریکی شیر بازساخته با توجه به متغیرهای مستقل مورد نظر ارائه شده است. همانطور که در این رابطه مشخص است بیشترین تاثیر در شبیه سازی هدایت الکتریکی شیر مربوط به عبارات خطی متغیرهای مستقل است. در بین عبارات خطی متغیرهای مستقل، متغیر درصد پروتئین دارای بیشترین تاثیر بر شبیه سازی هدایت الکتریکی شیر بازساخته بوده است. بعد از متغیر

اثر درصد لاکتوز بر هدایت الکتریکی شیر بازساخته

در جدول 2 نشان داده شد که اثر درصد لاکتوز بر هدایت الکتریکی شیر بازساخته معنی دار بود ($P < 0.01$). در شکل 1 نیز معنی دار بودن اثر درصد لاکتوز بر هدایت الکتریکی شیر بازساخته در تمام سطوح درصد پروتئین و دما قابل مشاهده است. با افزایش درصد لاکتوز، هدایت الکتریکی شیر بازساخته به طور معنی دار کاهش یافته است. بیشترین تغییرات هدایت الکتریکی (13%) شیر بازساخته تحت تاثیر درصد لاکتوز در دمای 60 درجه سلسیوس و پروتئین 3 درصد رخ داده و مقدار آن از 5/7 تا 4/95 mS/cm به طور معنی دار کاهش یافته است. همچنین کمترین تغییرات هدایت الکتریکی (1/5%) شیر بازساخته تحت تاثیر درصد لاکتوز در دمای 55 درجه سلسیوس و پروتئین 2 درصد رخ داده

مدل سازی هدایت الکتریکی شیر بازساخته به روش سطح

پاسخ

برای مدل سازی هدایت الکتریکی شیر بازساخته به روش سطح پاسخ از نرم افزار Design Expert7 استفاده شد. مدل پیشنهادی روش سطح پاسخ برای هدایت الکتریکی شیر بازساخته، مدل درجه دوم با ضریب تبیین 0/93 بود. در رابطه (1) مدل رگرسیونی درجه دوم روش

بازساخته معنی‌دار بود. با افزایش دما از 50 تا 60 درجه سلسیوس، هدایت الکتریکی شیر بازساخته از 3/8 تا 4/2 mS/cm به‌طور معنی‌دار افزایش یافت. با افزایش درصد پروتئین از 1 تا 3٪، هدایت الکتریکی شیر بازساخته از 2/49 تا 5/02 mS/cm به‌طور معنی‌دار افزایش یافت. با افزایش درصد لاکتوز از 4 تا 8 درصد، هدایت الکتریکی شیر بازساخته از 4/12 تا 3/86 mS/cm به‌طور معنی‌دار کاهش یافت. بیشترین و کمترین مقدار هدایت الکتریکی شیر بازساخته به‌ترتیب 5/7 mS/cm در دمای 60 درجه سلسیوس، لاکتوز 4 درصد و پروتئین 3 درصد و 2/31 mS/cm در دمای 50 درجه سلسیوس، لاکتوز 8 درصد و پروتئین 1 درصد حاصل شد. متغیر درصد پروتئین دارای بیشترین تاثیر بر شبیه‌سازی هدایت الکتریکی شیر بازساخته بوده است.

درصد پروتئین، بیشترین تاثیر در مدل شبیه‌سازی هدایت الکتریکی شیر بازساخته به‌ترتیب مربوط به درصد لاکتوز و دما بوده است.

$$EC = 4.87 + 0.69 P - 0.21 L + 0.17 T - 0.08 P \times L + 0.03 P \times T + 0.01 L \times T - 0.15 P^2 + 0.04 L^2 + 0.02 T^2 \quad (1)$$

که در این رابطه، P درصد پروتئین، L درصد لاکتوز و T دما می‌باشد.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق، اثر دما، درصد پروتئین و درصد لاکتوز بر هدایت الکتریکی شیر بازساخته بررسی شد. تجزیه واریانس نشان داد که متغیرهای دما، درصد پروتئین و درصد لاکتوز بر هدایت الکتریکی شیر

منابع

- Carminati, C. & Neviani, E. 1991. Application of the conductance measurement technique for detection of *Streptococcus salivarius* spp. thermophilus. *J Dairy Sci*, 74: 1472-1476.
- Colquhoun, K.O. & Fricher CR. 1995. Detection of *Echerichia coli* in potable water using direct impedance technology. *J Appl Bacteriol*, 79: 635-639.
- Crow, D.R 1994. Principles and application of electro chemistry. 4th ed. Glasgow: Blackie Academic and Professional. Glasgow, UK.
- Curda, I. 1995. Plckova M. Impedance measurement of growth of lactic acid bacteria in dairy cultures with Honey Addition. *Int Dairy J*, 5: 727-733.
- Dejmek, P. 1989. Precision conductometry in milk renneting. *J Dairy Res*, 56 (1): 69-78.
- Gelais, D. 1995. Champagne, CP, Erepmoc F, Audet P. The use of electrical conductivity to follow acidification of dairy blends. *Int Dairy J*, 5: 427 438.
- Lampert, I.M. 1978. Modern Dairy Products. 3th ed. CRC.USA, p. 92- 132.
- Loveland, J.W. 1986. Conductance and oscillometry. 2nd ed., USA: Allyn and Bacon, p. 122-43.
- Luck, H & Screed, D. (2002) The use of hydrogenperoxide in milk and Dairy products. *Ger Res Inst Food Chem*, 3: 423-452 .
- Maatje, K., Huijsmans, P.J.M., Rossing, W. & Hogewerf, P.H. 2002. The efficacy of in-line measurement of quarter milk electrical conductivity, milk yield and milk temperature for the detection of clinical and subclinical mastitis. *Livest Prod Sci*, 30: 239-249.
- Mabrook, M. & Petty, M. 2003. Effect of composition on the electrical conductivity of milk. *Journal of Food Engineering*, 69 (3): 321-325.
- Mabrook, M. F., & Petty, M. C. 2002. Application of electrical admittance measurements to the quality control of milk. *Sensors and Actuators B*, 84, 136-141.
- Nielen, M., Deluyker, H., Schukken, Y.H. & Brand, A. 1992. Electrical conductivity of milk: measurement, modifiers, and meta analysis of mastitis detection performance. *J Dairy Sci*, 75 (2): 606 614.
- Norberg, E., Hogeveen, H., Korsgaard, I.R., Friggens, N.C. & Lbvendahl, P. 2004. Electrical conductivity of milk: ability to predict mastitis status. *J. Dairy Sci*, 87, 1099-1107.
- Paquet, J., Lacroix, C., Audet, P. & Thibault, J. 2000: Electrical conductivity as a tool for analysing fermentation processes for production of cheese starters. *International Dairy Journal* 10, 391-399.
- Paqurt, Y. 2000. Electrical conductivity as a tool for analyzing fermentation processes for production of cheese starters. *Int Dairy J*, 10: 391-399.
- Petzer, I.M., Donkin, E.F., Du Preez, E., Karzis, J., Van der Schans, T.J., Watermeyer, J.C. & Reenen, R., 2008. Value of tests for evaluating udder health in dairy goats: somatic cell counts, California Milk Cell Test and electrical conductivity. Onderstepoort. *J Vet Res*, 75, 279- 287.
- Prentice, J.H. 1962. The conductivity of milk the efect of the volume and degree of dispersion of the fat. *J Dairy Res*, 2: 131 139.
- Sharma, G.S. & Roy, D.N.K. 1976. Influence of temperature on the electrical conductivity of buffalo milk. *J Dairy Res*, 43: 321-323.
- Shin, J., Yang, D., Gan, L., Hong, S., Lee, E., Park, S. & Lee, K. 2012. Preparation of recombined milk using modified butterfats containing α -linolenic acid. *Journal of Food Science*, 78(1). 17-24.

- Therdthai, N. & Zhou, W. 2001. Artificial neural network modelling of the electrical conductivity property of recombined milk. *Journal of Food Engineering*, 50 (2), 107–111.
- Zhuang, W., Zhou, W., Nguyen, M.H. & Hourigan, J.A. 1997. Determination of protein content of whey powder using electrical conductivity measurement. *Int Dairy J*, 7(10): 647 653.

Electrical conductivity of reconstituted milk affected by temperature and composition

H. Naseri¹, I. Hazbavi^{2*}, F. Shahbazi³

Received: 2019.06.18

Accepted: 2019.08.27

Introduction: Among the foods consumed on a daily basis, milk has the most appropriate and balanced ingredients, that is the reason milk called whole food. Milk is the only known substance in nature that can provide human body with complete and balanced nutrition. Recombined milk is a milk replacement product. Recombined milk components are more easily adjustable than milk components. The electrical conductivity is referred to as conductivity of a specific material against electric current, which is expressed in micro Siemens units per cm (mS/cm). Using electrical conductivity, valuable information is available about the quality of different materials, including food. In addition, by this method, as a simple and practical tool, the quality of many foods can be controlled. The aim of this study was to investigate the electrical conductivity of recombined milk affected by temperature, protein percentage and lactose content.

Materials and methods: In order to investigate the effect of protein percentage (1, 2 and 3%) and percentage of lactose or sugar content (4, 6 and 8%) on the electrical conductivity of milk, pure dry milk powder without dietary supplementation was used. Lactose powder was used to increase the lactose content of dry milk powder. Sodium caseinate was used to increase the protein content of dry milk powder. Distilled water was used to increase the volume of samples. Total experiments were carried out at three temperature levels (50, 55 and 60 °C). Data analysis was also done using SPSS 16 software.

Results and discussion: The results showed that temperature, protein percentage and lactose percentage had a significant effect on the electrical conductivity of recombined milk. The electrical conductivity of the recombined milk ranged from 2.31 to 5.7 mS/cm at 50°C, 8% lactose, 1% protein and 60°C, 4% lactose, 3% protein, respectively. The greatest and least effect on the electrical conductivity of recombined milk was related to the effect of protein percentage and lactose percentage, respectively. By increasing the temperature, the electrical conductivity of the reconstituted milk has increased significantly. The greatest changes in electrical conductivity (16%) of recombined milk occurred by the influence of temperature factor in protein 1% and lactose 4% and its value ranged from 2.44 to 2.83 mS/cm. In addition, the lowest changes in electrical conductivity (6%) of recombined milk were obtained by the temperature factor of 3% protein and 8% lactose, and it was increased from 4.68 to 4.95 mS/cm. By increasing protein content, the electrical conductivity of recombined milk has increased significantly. The most changes in electrical conductivity (107%) of recombined milk occurred by the influence of protein percentage at 55 °C and 6% lactose, and its value ranged from 2.42 to 5.6 mS/cm. In addition, the lowest changes in the electrical conductivity (100%) of reconstituted milk occurred by the influence of protein percentage at 55 °C and 4% lactose, and its content increased from 2.5 to 5 mS/cm. These results indicate that protein percentage factor has the most effect on the electrical conductivity of recombined milk (compared to two temperature factors and lactose percentage). By increasing lactose content, the electrical conductivity of recombined milk has decreased significantly. The greatest changes in electrical conductivity (13%) of recombined milk occurred by the influence of lactose percentage at 60 °C and protein 3%, and its content decreased from 5.7 to 4.95 mS/cm. Also, the smallest changes in electrical conductivity (1.5%) of reconstituted milk occurred by the influence of lactose percentage at 55 °C and 2% protein, and its content decreased from 5.55 to 4.48 mS/cm. The maximum and minimum amount of electrical conductivity of reconstituted milk was 5.7 mS/cm at 60°C, 4% lactose and 3% protein, and 2.31 mS/cm at 50°C, 8% lactose and 1% protein, respectively.

Keywords: Electrical conductivity, Lactose, Protein, Reconstituted milk

1, 2 and 3. Graduate Master, Assistant Professor and Associate Professor, Department of Biosystem Engineering, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khoramabad, Iran.

(* - Corresponding Author Email: hazbavi.i@lu.ac.ir)

کوتاه پژوهشی

مطالعه تجربی و بررسی عملکرد شبکه‌های عصبی MLP و RBF برای مدل‌سازی فرآیند خشک شدن شلتوک در خشک‌کن مایکروویو

محمد ابراهیم محمدپور میر¹ - سارا ناناوکناری² - کامیار موقرنژاد^{3*}

تاریخ دریافت: 1398/02/27

تاریخ پذیرش: 1398/06/05

چکیده

برنج یکی از گیاهان مهم تیره غلات است و غذای اصلی اکثر مردم دنیا به‌شمار می‌آید. خشک کردن برنج بعد از برداشت، به جهت غیرفعال کردن عاملین فساد، امری مهم و ضروری است. در این تحقیق به‌منظور بررسی اثر توان مایکروویو بر روی سینتیک خشک شدن شلتوک، ضریب نفوذ مؤثر رطوبت، درصد برنج سالم و کیفیت برنج از یک خشک‌کن مایکروویو استفاده شده است. به‌منظور خشک کردن شلتوک از رطوبت اولیه 21 درصد تا رطوبت نهایی 11 درصد از 3 توان 270، 360 و 450 وات استفاده شد. همچنین مدل‌سازی سینتیک خشک شدن شلتوک در خشک‌کن مایکروویو با استفاده از 2 شبکه عصبی MLP و RBF انجام شد. نتایج حاصل از این بررسی بدین صورت بوده که حداکثر و حداقل زمان خشک شدن به‌ترتیب در توان 270 و 450 وات و برابر با 42 و 20 دقیقه بوده است. با افزایش توان مایکروویو میزان شکستگی افزایش یافته و درصد برنج سالم کاهش می‌یابد. و همچنین خشک کردن برنج توسط خشک‌کن مایکروویو تأثیری بر روی کیفیت برنج نداشته است. از نتایج مدل‌سازی انجام شده می‌توان دریافت که شبکه RBF با تابع انتقال گوسی با شاخص پراکندگی و تعداد نورون بالا بهترین عملکرد را در قیاس با سایر حالات طراحی شده در شبکه RBF داشته است و شبکه MLP با الگوریتم آموزش لونیگ مارکوارت و تابع انتقال تانژانت سیگموئید با تعداد نورون پایین قادر بوده مدل‌سازی سینتیک خشک شدن را به‌خوبی انجام دهد. به‌طور کلی شبکه عصبی MLP عملکرد بهتری نسبت به شبکه عصبی RBF داشته است و میزان خطا و ضریب همبستگی آن به‌ترتیب کمتر و بیشتر از شبکه عصبی RBF بوده است.

واژه‌های کلیدی: خشک‌کن مایکروویو، درصد برنج سالم، سینتیک خشک کردن شلتوک، شبکه عصبی، ضریب نفوذ مؤثر رطوبت، کیفیت برنج.

مقدمه

ارزش غذایی برنج سبب شده که این ماده به‌عنوان غذای اصلی در اکثر کشورها مورد استفاده قرار گیرد و نقش چشمگیری در تغذیه مردم دنیا داشته باشد. در کشور ایران نیز قسمت عمده‌ای از زمین‌های کشاورزی به کشت این محصول تخصیص یافته است (کلیکانلو و همکاران، 1396). شلتوک برداشت شده رطوبت بالایی دارد که این رطوبت، زمینه ساز فعالیت باکتری‌ها در محصول می‌شود که به سبب آن محصول فاسد می‌گردد. به‌جهت ممانعت از فساد می‌بایست رطوبت شلتوک برداشت شده را تا رطوبت مطلوب (10-13 درصد) کاهش داد (Scala et al., 2013). اخیراً برای برطرف کردن مشکلات ناشی از هدایت حرارتی پایین در محصولات غذایی و دست یافتن به فرایند تأثیرگذار، استفاده از مایکروویو برای خشک کردن مواد غذایی افزایش یافته است (Kouchakzadeh & Shafeei, 2010). در فرایند خشک

کردن توسط مایکروویو به علت تمرکز بهتر انرژی، رطوبت با سرعت بیشتری خارج شده و مدت زمان خشک شدن نیز کاهش می‌یابد (Maskan, 2000). در این خشک‌کن‌ها، از تابش امواج مایکروویو که محدوده فرکانس آن بین 300 تا 300000 مگاهرتز و طول موج آن بین 1 میلی‌متر تا 1 متر می‌باشد، برای خشک کردن محصولات استفاده می‌شود (Hemis et al., 2012). عملکرد امواج مایکروویو وابسته به حضور مولکول‌های قطبی همانند آب در مواد غذایی بوده است. زمانی که یک میدان الکتریکی بر یک ماده غذایی اعمال می‌شود، مولکول‌های قطبی هم راستا با میدان چرخش نموده و با آن هم جهت می‌شوند و این امر باعث برخوردهای تصادفی با مولکول‌های همسایه می‌شود. هنگامی که جهت میدان عکس شود، مولکول‌های قطبی دوباره برای هم جهت شدن با میدان تلاش می‌کنند که باعث برخوردهای زیادی در ماده غذایی می‌شود (Therdthai & Zhou,

(Email: k-movaghar@nit.ac.ir

*)-نویسنده مسئول:

DOI: 10.22067/ifstrj.v16i2.80737

1. 2 و 3- به‌ترتیب کارشناس ارشد، دانشجوی دکتری و استاد، گروه مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل.

و بررسی کیفی خشک شدن شلتوک در خشک کن مایکروویو پرداختند، در این بررسی آزمایش‌ها در 3 سطح توان ۲۷۰، ۹۰ و 450 و دارای سرعت 0/24 متر بر دقیقه و در ضخامت شلتوک 6، 12 و 18 میلی‌متر انجام شده است. نتایج بدست آمده بدین گونه بوده که ماکزیمم بازده انرژی، ماکزیمم بازده گرمایی و کمترین مصرف ویژه انرژی و کمترین شکستگی برنج در توان 90 و عمق 18 میلی‌متر اتفاق افتاد.

مطالعات انجام شده در زمینه مدل‌سازی فرآیند خشک کردن مواد غذایی توسط شبکه عصبی بدین گونه بوده که Salehi و همکاران (2015)، به‌منظور کاهش آب و جذب مواد جامد، در طی خشک کردن اسمزی زرد آلو، از مدل‌سازی الگوریتم ژنتیک - شبکه عصبی استفاده نمودند. نتایج این محققان نشان داد که بهترین مدل برای پیشگویی پارامترهای فوق دارای 1 لایه پنهان و 14 نرون می‌باشد. خوش تقاضا و همکاران (1395) به بررسی خشک شدن لایه نازک قارچ خوراکی پرداختند. در این تحقیق از خشک کن هوای داغ در 3 سطح دما 40، 50 و 60 درجه‌ی سانتی‌گراد و 3 سطح سرعت جریان باد 0/5، 0/75 و 1 متر بر ثانیه استفاده شده تا محتوای رطوبتی آن به 10% (بر پایه وزن خشک) برسد. نتایج نشان داد که مدل رگرسیونی درجه دوم و شبکه عصبی با ساختار 1-18-20-3 با توابع آستانه سیگموئید و لگاریتمی عملکرد بهتری داشتند و از دقت قابل قبولی در تخمین رطوبت لایه نازک قارچ در هنگام خشک شدن دارا می باشند. یوسفی و همکاران (1396)، به مدل‌سازی سینتیک خشک کردن برش‌های لیموترش به روش تابش مادون قرمز توسط شبکه عصبی هیبریدی و 7 مدل رایج ریاضی پرداختند. این بررسی در 2 ضخامت 5 و 10 میلی‌متر و 4 دما 100، 125، 150 و 175 درجه سانتی‌گراد انجام شد. نتایج نشان داد که شبکه عصبی هیبریدی دقت بالایی نسبت به 7 مدل رایج داشته است. Rad و همکاران (2018) به بررسی و مدل‌سازی خشک شدن توت سفید در خشک کن مادون قرمز پرداختند. در این تحقیق از 3 متغیر سرعت، دما و توان استفاده شد و مدل‌سازی آن توسط مدل ریاضی، مدل فازی و شبکه عصبی انجام گرفت. نتایج نشان داد در میان مدل‌های ریاضی، مدل میدلی بهترین عملکرد را داشته است و در مجموع مدل فازی توانسته مدل‌سازی بهتری را انجام دهد. در تحقیق دیگری که توسط Zhang و همکاران (2002) انجام شده، برای پیش‌بینی شاخص‌های انرژی مصرفی، ترک دانه، رطوبت نهایی، آهنگ دفع رطوبت، شدت خشک شدن و آهنگ دفع جرم آب برای فرآیند خشک شدن شلتوک به‌وسیله چهار متغیر ورودی که ضخامت لایه برنج، دبی هوای گرم، دما هوا و زمان خشک شدن بوده از شبکه عصبی مصنوعی استفاده کردند. بعد از چند پیش‌بینی بوسیله الگوریتم‌های آموزش شبکه عصبی مصنوعی، مدل بهینه آن توسط یک شبکه چهار لایه با الگوریتم پس انتشار خطا به‌دست آمد که به‌ترتیب 8 و 5 نرون در لایه اول پنهان و دوم پنهان داشتند. میزان دقت مدل پیشنهادی یاد

(2009)، پژوهشگران بسیاری همچون (Alibas, 2014)، (Darvishi et al., 2013)، (Karaaslan & Tuncer, 2008) و (Motevali et al., 2014) به بررسی رفتار خشک‌شدن محصولات کشاورزی توسط خشک‌کن‌های مایکروویو پرداختند. نتایج مطالعات آنها حاکی از این بوده که با افزایش سطح توان مایکروویو، رطوبت محصولات با سرعت بیشتری خارج می‌شود و شیب نمودار رطوبت بر حسب زمان نیز در انتهای فرآیند کم می‌شود.

روابط پیچیده‌ای بین پارامترهای ورودی و خروجی در فرآیند خشک کردن حاکم است. از این رو، برگزیدن مدلی که بتواند رفتار خشک شدن محصولات را با حداقل خطا تخمین بزند، امری سخت بوده است (Cao & Wang, 2002). روش عمومی برای ارزیابی پارامترهای کیفی محصولات کشاورزی، روش آماری و حل معادلات دیفرانسیل حاکم بر فرآیند بوده است. مدل‌های آماری یا معادلات رگرسیونی تابعی از فرضیات بوده است. در این روش، پدیده به‌وسیله یک معادله جبری بیان می‌شود سپس فرضیات مسأله در آن لحاظ می‌گردد. تحلیل آماری این نوع مسائل به ارائه تعدادی روابط ریاضی نیازمند بوده است که معمولاً برای استفاده و تفسیر دشوار می‌باشد (Farkas et al., 2000). با توجه به پیچیده بودن روابط بین پارامترهای مستقل و وابسته، به‌کارگیری روش‌های مدل‌سازی هوشمند، بهترین انتخاب است. یکی از این روش‌ها، شبکه‌های عصبی مصنوعی بوده که شامل مجموعه‌ای از عناصر محاسباتی متصل به همدیگر می‌باشد که شبیه به نرون‌های زیستی بوده که توانایی این را دارد که بدون هیچ دانش قبلی ارتباط ذاتی بین داده‌های مسأله را به‌دست آورد (مختاریان و کوشکی 1391; Kamali et al., 2015).

مطالعات انجام شده در زمینه خشک کردن برنج بدین گونه بوده که مینایی و همکاران (2003)، به بررسی اثر دمای هوا 40 و 60 درجه سانتی‌گراد و رطوبت تبدیل دانه 12 و 14 درصد بر ضایعات تبدیل دو رقم متداول شلتوک (بینام و علی کاظمی) پرداختند. نتایج حاصل شده از بررسی آنها این بوده که دمای 40 درجه سانتی‌گراد و محتوای رطوبت دانه 14 درصد کمترین شکستگی را در هر دو رقم داشته ولی رقم علی کاظمی دارای ضایعات بیشتری بوده است. فیروزی و علیزاده (2013)، به بررسی اثر زمان برداشت و محتوای رطوبت شلتوک (رقم هاشمی) بر میزان ترک و شکستگی برنج تبدیل شده پرداختند. آنها دریافتند که زمان برداشت 30 روز پس از 50 درصد گل‌دهی محصول و رطوبت 8-9 درصد بر مبنای خشک باعث کمترین میزان شکستگی و ترک خوردگی می‌شود. حسن جعفری و همکاران (1394)، به بررسی نرخ تغییر رطوبت و درصد شکستگی دانه‌های شلتوک با استفاده از خشک‌کن مایکروویو پرداخته، آنها دریافتند که به با بالابردن توان از 90 تا 450 میزان شکستگی افزایش یافته و زمان خشک شدن نیز کاهش می‌یابد و توان بالاتر از 450 به‌دلیل سوختگی توصیه نمی‌شود. در تحقیقی دیگر، Jafari و همکاران (2018)، به بررسی انرژی مصرفی

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از شلتوک رقم شیرودی که یکی از ارقام پرمصرف در کشور بوده استفاده شد. ابتدا برای تعیین میزان محتوی رطوبتی شلتوک، نمونه‌های 300 گرمی شلتوک به مدت 24 ساعت در آون آزمایشگاهی با دمای 103 درجه سلسیوس قرار داده شد. رطوبت اولیه نمونه‌ها از طریق وزنی و بر اساس استاندارد ASAE، شماره S 352.1 تعیین گردید (ASAE Standards, 1999). که میزان رطوبت اولیه شلتوک 21 درصد (بر مبنای خشک) بوده است. دستگاه خشک‌کن میکروویو خانگی (دوو، DEM-281QOT-PW) برای خشک کردن نمونه‌ها مورد استفاده قرار گرفت (شکل 1). دامنه تغییرات سطوح توان میکروویو خانگی دارای 10 سطح (10 تا 100 درصد با گام 10 درصد) و حداکثر توان میکروویو 900 وات بوده است. وزن شلتوک در هر لحظه از زمان به‌وسیله ترازوی دیجیتال با دقت ± 0.1 g که از طریق کابل به کامپیوتر متصل بود اندازه‌گیری و ثبت می‌شد. با توجه به اینکه در توان‌های بالاتر از 50 درصد (توان بالاتر از 450)، دانه‌های شلتوک از هم جدا و باز می‌شوند (کلانتری و جعفری، 1395)، لذا در این بررسی از سه سطح توان 270، 360 و 450 استفاده گردید و دانه‌ها تا سطح رطوبتی 11 درصد خشک شدند. هر نمونه بعد از خشک شدن و رسیدن به رطوبت مورد نظر، در دستگاه پوست‌کن غلطک لاستیکی قرار داده و لایه اول شلتوک برداشته شده و تبدیل به برنج قهوه‌ای شده و سپس با دستگاه سفیدکن مالشی لایه دوم آن برداشته شده و به برنج سفید تبدیل شد. و برای تعیین میزان درصد برنج سالم، مقدار معینی برنج سفید را در دستگاه سپراتور قرار داده تا میزان برنج سالم به‌دست آید. به‌منظور بررسی کیفیت و رنگ برنج خشک شده، 4 تست شیمیایی از قبیل آمیلوز، غلظت ژل، دمای ژلاتینه شدن و درجه سفیدی برنج در موسسه تحقیقات برنج آمل انجام شد.

سینتیک خشک شدن

می‌توان رطوبت (بر مبنای خشک) نمونه را از رابطه ذیل به‌دست آورد (Rabha, 2017). در این رابطه W_0 و W_d به‌ترتیب وزن اولیه نمونه و وزن نمونه خشک بوده است.

$$M = (W_0 - W_d) / W_d \quad (1)$$

برای بیان سینتیک خشک شدن از نمودار نسبت رطوبت بر حسب زمان استفاده می‌شود که نسبت رطوبت را می‌توان از رابطه 2 به‌دست آورد (Rabha, 2017). در این رابطه MR نسبت رطوبت، M_t رطوبت در هر لحظه از زمان t ، M_0 رطوبت اولیه و M_e بیانگر رطوبت تعادلی بوده است.

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_0 - M_e} \quad (2)$$

شده به‌وسیله داده‌های آزمایش تعیین گشت، که خطای نسبی میانگین از 2 تا 8/3 درصد برای شش پیش‌بینی گوناگون با میانگین 4/4 درصد تغییر می‌کرد. به‌وسیله یک برنامه‌نویسی چندمنظوره‌ای برای بهینه‌سازی پارامترهای خشک کردن در محدوده آزمایش‌ها، مقادیر بهینه ضخامت لایه برنج، سرعت هوای ورودی، دمای هوای ورودی و زمان خشک کردن به‌ترتیب برابر 66 سانتی‌متر، 0/3 متر بر ثانیه، 93 درجه‌ی سانتی‌گراد و 23 دقیقه به‌دست آمد. در این آزمایش‌ها، مقادیر بهینه مصرف انرژی 2719/5 کیلوژول برکیلوگرم، ترک دانه 2/86 درصد، میزان رطوبت نهایی 14 درصد بر مبنای خشک، آهنگ دفع رطوبت 2/17 درصد بر ساعت، شدت خشک شدن 24/45 کیلوگرم بر ساعت متر مربع و آهنگ دفع جرم آب 2/23 کیلوگرم بر ساعت به‌دست آمد. امیری چایچان و همکاران (1388)، در تخمین ضریب تبدیل شلتوک با استفاده از شبکه‌های عصبی در خشک کردن بسترسیال به این نتیجه رسیدند که شبکه پس انتشار پیشرو با توپولوژی 7-13-1 و الگوریتم آموزش لونیبرگ-ماکوارت و تابع انتقال تانژانت سیگموئید قادر است بازده تبدیل شلتوک را به برنج سفید به‌خوبی تخمین بزند و همچنین آنها به این نتیجه رسیدند که دمای هوای ورودی و میزان رطوبت نهایی شلتوک، بیشترین اثر را بر ضریب تبدیل شلتوک به برنج سفید در خشک کردن بسترسیال دارند. Momenzadeh و همکاران (2011) نیز مطالعاتی بر روی خشک کردن پوست ذرت توسط میکروویو بستر سیال به‌وسیله شبکه عصبی مصنوعی انجام دادند. نتایج نشان داد که شبکه عصبی با تابع انتقال تانژانت سیگموئید و پس انتشار بالاترین دقت و کمترین خطا را در پیش‌بینی خشک کردن پوست ذرت داشته است.

فرآیند خشک کردن در بین عملیات تبدیل بسیار مهم بوده و رعایت اصول فنی و علمی در فرآیند خشک کردن شلتوک، سبب افزایش کیفیت و بازده تبدیل می‌شود (Yadollahnia, 2006). ارزیابی و بررسی سینتیک خشک شدن شلتوک و مدل‌سازی آن در حالت‌های متفاوت منجر به شناخت چگونگی خشک شدن محصول می‌شود و از آن می‌توان در طراحی و بهینه‌سازی فرآیند خشک کردن استفاده نمود. در این تحقیق به بررسی اثر توان میکروویو بر روی سینتیک خشک شدن شلتوک، ضریب نفوذ مؤثر رطوبت، درصد برنج سالم و کیفیت برنج پرداختیم. سپس برای مدل‌سازی رفتار خشک شدن شلتوک تحت توان‌های مختلف در خشک‌کن میکروویو از 2 شبکه عصبی MLP و RBF استفاده شد و در نهایت عملکرد این دو شبکه عصبی در پیش‌بینی سینتیک خشک شدن شلتوک در خشک‌کن میکروویو مورد ارزیابی و بررسی قرار گرفت.



شکل 1- خشک کن مایکروویو

درصد برنج سالم (HRY)

دانه‌هایی که طول آن از 0/75 طول دانه کامل کمتر بود به عنوان دانه شکسته در نظر گرفته شد. برای بررسی میزان درصد برنج سالم برای هر نمونه، مقدار 20 گرم از برنج سفید را برداشته و در دستگاه سپراتور قرار داده تا دانه‌های سالم از شکسته جدا شود (Aquerreta et al., 2016). درصد برنج سالم از رابطه (7) محاسبه می‌شود:

$$100 * (\text{وزن کل برنج} / \text{وزن برنج سالم}) = \text{درصد برنج سالم} \quad (7)$$

مدل‌سازی توسط شبکه‌های عصبی

در این تحقیق از نرم‌افزار (MATLAB R2017) برای ایجاد دو شبکه عصبی MLP و RBF برای مدل‌سازی و پیش‌بینی سینتیک خشک شدن شلتوک در خشک کن مایکروویو استفاده شد. این دو شبکه دارای 3 لایه، ورودی، پنهان و خروجی می‌باشد. لایه ورودی شامل 2 نرون بوده که برابر با تعداد متغیرهای ورودی بوده که در این بررسی زمان خشک شدن و توان مایکروویو متغیر ورودی بوده‌اند. لایه خروجی شامل یک نرون بوده که برابر با تعداد متغیرهای خروجی بوده که در این بررسی شامل مقدار رطوبت شلتوک بر حسب نسبت رطوبت (MR) بوده است. به طور کلی در این تحقیق، 70 و 30 درصد داده‌ها به ترتیب برای آموزش و آزمایش شبکه اختصاص یافت.

شبکه عصبی MLP

شبکه‌های چندلایه پیشخور یکی از مهم‌ترین و پرکاربردترین شبکه‌های عصبی مصنوعی بوده است. به طور معمول این شبکه‌ها شامل مجموعه‌ای از واحدهای حسی (نرون‌های پایه) می‌باشند که متشکل از لایه ورودی، یک یا چند لایه پنهان و یک لایه خروجی

تعیین ضریب نفوذ مؤثر رطوبت

مکانیزم‌های انتقال رطوبت، معمولاً پیچیده و دشوار است. پدیده‌های انتقال بر حسب نفوذ فشاری، نفوذ اجباری و نفوذ معمولی طبقه‌بندی می‌شود. قانون دوم فیک قادر بوده برای حالت ناپایدار انتقال رطوبت در بخش نزولی فرآیند خشک کردن را بیان کند:

$$\frac{\partial X}{\partial t} = D_{eff} \frac{\partial^2 X}{\partial x^2} \quad (3)$$

در رابطه (3)، X مقدار رطوبت موضعی در مبنای خشک، t زمان و x شاخص فضایی بوده است. برای استفاده از قانون فیک فرض می‌شود که فرآورده غذایی تک بعدی است و رطوبت اولیه یکنواختی داشته و دارای حرکت درونی رطوبت مانند مقاومت عمده در برابر انتقال رطوبت می‌باشد. حل معادله فیک برای یک تیغه به شکل زیر بوده:

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_0 - M_e} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp\left(- (2n+1)^2 \frac{\pi^2 D_{eff} t}{4l^2}\right) \quad (4)$$

در رابطه (4)، l نصف ضخامت تیغه (بر حسب متر)، n تعداد عبارات در نظر گرفته شده، t زمان خشک شدن (s) و D_{eff} ضریب نفوذ مؤثر (m^2/s) می‌باشند. ضریب نفوذ مؤثر توسط محاسبه شیب و از طریق رابطه (5) به دست می‌آید.

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_0 - M_e} = \frac{8}{\pi^2} \exp\left(- \frac{\pi^2 D_{eff} t}{4l^2}\right) \quad (5)$$

ضریب نفوذ معمولاً با رسم داده‌های تجربی خشک کردن Ln MR نسبت به زمان به دست می‌آید. هنگامی که نمودار مقدار Ln MR نسبت به زمان رسم شود، شیب خط حاصل شده (k_0) را در رابطه (6) قرار داده تا ضریب نفوذ مؤثر به دست آید (Zhao et al., 2016).

$$k_0 = \frac{\pi^2 D_{eff}}{4l^2} \quad (6)$$

در شبکه RBF دو پارامتر حد اکثر تعداد نورون و شاخص گستردگی توسط کاربر تغییر داده می‌شود تا بهترین عملکرد شبکه RBF برای مدل سازی محقق شود. با توجه به مطالعات انجام شده، دامنه مناسب تعداد نورون در شبکه RBF 20 تا 30 درصد کل داده‌ها پیشنهاد شده است (Kalra et al., 2005). لذا در این بررسی حد اکثر نورون تا 30 نورون و شاخص گستردگی نیز (0/5- 1-1/2-5-2/5-3-3/5-4) در نظر گرفته شد.

سنجش عملکرد شبکه‌های عصبی طراحی شده

برای ارزیابی توانایی شبکه‌ی طراحی شده در پیش بینی رفتار خشک شدن شلتوک، از دو پارامتر حداقل مربعات خطا (MSE) و ضریب همبستگی (R^2) استفاده شد تا بهترین مدل برای سینتیک خشک شدن که در واقع کمترین خطا و بالاترین ضریب همبستگی را دارد بدست آید. حداقل مربعات خطا و مقدار ضریب همبستگی به ترتیب از روابط (12) و (13) به دست می‌آید.

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{n} \quad (12)$$

$$R^2 = 1 - \frac{(\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2)}{(P_i - O_i)^2} \quad (13)$$

که P_i مقدار پیش‌بینی شده توسط شبکه عصبی، O_i مقدار واقعی و O میانگین داده‌ها بوده است (Azadbakht et al., 2016).

نتایج و بحث

اثر توان مایکروویو بر سینتیک خشک شدن

با توجه به شکل 2، بیشترین زمان خشک شدن مربوط بوده به توان 270 وات بوده که برابر با 42 دقیقه بوده است و کمترین زمان خشک شدن مربوط بوده به توان 450 وات بوده که برابر با 20 دقیقه بوده است. به‌طور کلی با افزایش توان مایکروویو، زمان خشک شدن کاهش می‌یابد و علت آن این بوده است که با افزایش توان، قدرت نفوذ امواج به داخل دانه‌ها افزایش می‌یابد و در این وضعیت برخورد بین مولکول‌های آب درون دانه‌ها افزایش یافته و در نهایت سرعت از دست دادن رطوبت افزایش می‌یابد و در مدت زمان کمتری به رطوبت مطلوب می‌رسد. با توجه به نمودار، هر چه فرآیند به سمت انتها می‌رود شیب نمودار کاهش می‌یابد و در مدت زمان زیادی رطوبت کمی خارج می‌شود.

اثر توان مایکروویو بر ضریب نفوذ مؤثر رطوبت

با توجه به جدول 1، حداکثر ضریب نفوذ مؤثر رطوبت در توان 450 وات بوده که برابر با $4/17 \times 10^{-9}$ متر مربع بر ثانیه بوده است و حداقل ضریب نفوذ مؤثر رطوبت مربوط به توان 270 وات بوده که برابر

می‌باشند. سیگنال ورودی در خلال شبکه و در مسیری رو به جلو به شکل لایه به لایه منتشر می‌شود.

در این بررسی، برای آموزش شبکه از الگوریتم لونبرگ مارکوارت استفاده شد که این الگوریتم در قیاس با سایر الگوریتم‌ها دارای سرعت بیشتر و در مقابل حجم محاسباتی بالاتری می‌باشد. به‌طور کلی این الگوریتم برای مسائل پیش‌بینی و یا تخمین، عملکرد قابل قبولی دارد. همچنین از توابع انتقال تانژانت سیگموئید و تابع خطی به ترتیب به عنوان تابع محرک در لایه پنهان و در لایه خروجی استفاده شد. تعداد نرون‌های لایه پنهان نیز از 5 تا 10 متغیر بوده و به روش آزمون و خطا بهترین توپولوژی (کمترین خطا و بالاترین ضریب همبستگی) انتخاب شد. معادله (8) تابع انتقال تانژانت سیگموئید را بیان می‌کند (Niamnuay et al., 2012).

$$F(x) = 2 / ((1 + \exp(-2x)) - 1) \quad (8)$$

شبکه عصبی RBF

شبکه عصبی RBF نیز همانند شبکه عصبی MLP دارای 3 لایه بوده است. لایه ورودی، اطلاعات را دریافت و جمع آوری کرده و بردار ورودی X را فرمول بندی می‌کند. لایه پنهان متشکل از L گره بوده، که تبدیلات غیر خطی را به روی بردار ورودی اعمال می‌کنند و لایه خروجی پاسخ نهایی را دریافت می‌کند. خروجی شبکه RBF توسط یک ترکیب خطی از پاسخ‌های لایه پنهان شکل می‌گیرد که به صورت رابطه ذیل تعیین می‌شود (Ghritlahre and Prasad, 2018).

$$y_j(x^p) = \sum_{i=1}^k w_{ji} \phi_i(\|x^p - c^i\|), i=1,2,...,S \quad (9)$$

که $\|x^p - c^i\|$ نورم فاصله اقلیدسی، k تعداد نورون لایه پنهان، ϕ_i پاسخ نورون لایه پنهان، w_{ji} وزن خروجی، x^p بردار ورودی، y_j خروجی زمین گره خروجی، C^i مرکز و s تعداد نورون‌های خروجی است. در این شبکه، در لایه پنهان از تابع انتقال شعاعی گوسی که یکی از پرکاربردترین توابع شعاعی در مسائل مهندسی است استفاده شده و در لایه خروجی نیز از تابع انتقال خطی استفاده شد. تابع انتقال شعاعی گوسی به صورت رابطه (10) تعریف می‌شود (Ghritlahre and Prasad, 2018).

$$\phi_j(\|x^p - c^i\|) = \exp\left(-\frac{\|x^p - c^i\|^2}{2\sigma_i^2}\right), i=1,2,...,k \quad (10)$$

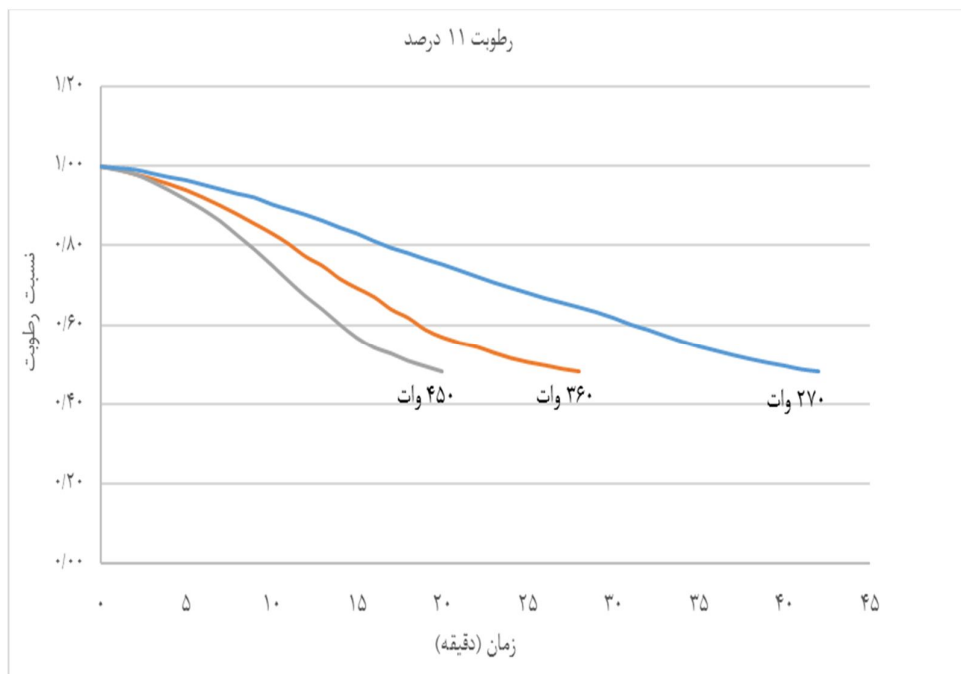
در رابطه (9)، σ_i پهنای (پراکندگی) i مین گره در لایه پنهان می‌باشد. پراکندگی σ به صورت زیر تعریف می‌شود (تهوری، 1395):

$$\sigma_i = 2 * \sum_{i=1}^p |c_{i-1} - c_i| / p \quad (11)$$

در رابطه (11) C_i و C_{i-1} مراکز توابع شعاعی و p تعداد مرکز RBF هستند.

محفظه مایکروویو زیاد می شود که باعث ایجاد جنبش مولکولی می شود و در نتیجه ضریب نفوذ مؤثر افزایش می یابد.

با $1/82 \times 10^{-9}$ متر مربع بر ثانیه بوده است. با توجه به جدول 1، با افزایش توان مایکروویو ضریب نفوذ مؤثر رطوبت، روند افزایشی دارد. دلیل وقوع این مسأله این بوده که با افزایش توان مایکروویو، دمای



شکل 2- نمودار نسبت رطوبت بر حسب زمان

جدول 1- ضریب نفوذ مؤثر رطوبت در توان های مختلف

توان (w)	270	360	450
ضریب نفوذ مؤثر رطوبت (m^2/s)	$1/82 \times 10^{-9}$	$3/0 \times 10^{-9}$	$4/2 \times 10^{-9}$

افزایش توان قدرت نفوذ امواج به داخل دانه ها افزایش یافته در نتیجه تنش وارده به دانه ها افزایش پیدا می کند. علت این است که با افزایش توان، برخورد بین مولکول های آب داخل دانه ها بیشتر شده و در نتیجه سرعت از دست دادن رطوبت بالا رفته و در نهایت، شکستگی نیز در دانه ها افزایش پیدا می کند.

اثر توان مایکروویو بر درصد برنج سالم

با توجه به جدول 2 می توان دریافت که در توان 270 بیشترین درصد برنج سالم (کمترین شکستگی) را داشته و در توان 450 وات کمترین درصد برنج سالم (بیشترین میزان شکستگی) را داشته است. با افزایش توان مایکروویو میزان شکستگی برنج افزایش یافته که با

جدول 2- درصد برنج سالم در توان های مختلف

ردیف	توان	برنج سالم (%)
1	270	46
2	360	25
3	450	10

گرفته شد و نتایج حاصل از آن در جدول 3 آورده شده است. با توجه به نتایج تست‌ها می‌توان دریافت که خشک کردن تحت توان‌های مختلف تأثیری بر کیفیت برنج نداشته است و برنج تحت وضعیت مختلف خشک شدن کیفیت خود را از دست نداده است.

اثر توان مایکروویو بر کیفیت و رنگ برنج

به‌منظور بررسی خواص کیفی برنج، از نمونه‌ها تست‌های شیمیایی از قبیل آمیلوز، غلظت ژل و دمای ژلاتینه شدن گرفته شد که حد مطلوب آمیلوز، غلظت ژل و دمای ژلاتینه شدن به‌ترتیب 20-25، 40-60 و 4-5 بوده است. همچنین از نمونه‌ها تست درجه سفیدی نیز

جدول 3- کیفیت و درجه سفیدی برنج در توان‌های مختلف

ردیف	توان	آمیلوز (%)	غلظت ژل (mm)	دمای ژلاتینه شدن	درجه سفیدی برنج
1	270	23/3	43	3/6	53/1
2	360	23/1	43	3/5	52/9
3	450	23/2	42	3/5	52/6

شبکه مربوط بوده به توپولوژی 1-24-2 با شاخص پراکندگی 3/5، که میزان خطا کم و ضریب همبستگی آن بالا بوده است. از مقایسه عملکرد 2 شبکه عصبی MLP و RBF در مدل‌سازی سینتیک خشک شدن می‌توان دریافت که شبکه MLP نسبت به شبکه RBF عملکرد بهتری داشته و میزان خطا آن کمتر بوده است. همچنین شبکه MLP توانسته است با تعداد نوروں پایین در لایه پنهان مدل‌سازی سینتیک خشک شدن را به‌خوبی انجام دهد. در شکل‌های 3 و 4 مقادیر خروجی شبکه عصبی و خروجی واقعی همه داده‌ها به‌ترتیب برای بهترین آرایش شبکه عصبی MLP و RBF برای سینتیک خشک شدن رسم شده است. به‌طور کلی با توجه به تحلیل‌های انجام شده بر روی نتایج به‌دست آمده دریافتیم که پارامتر زمان نسبت به توان مایکروویو تأثیر بیشتری بر روی نسبت رطوبت داشته است و وابستگی نسبت رطوبت به زمان بیشتر بوده است.

مدل‌سازی سینتیک خشک شدن توسط شبکه عصبی

نتایج مدل‌سازی سینتیک خشک شدن شلتوک توسط شبکه عصبی MLP و RBF به‌ترتیب در جدول‌های 4 و 5 آورده شده است. با توجه جدول 2، توپولوژی‌های مختلف شبکه عصبی MLP عملکرد قابل قبولی در مدل‌سازی سینتیک خشک شدن داشته است. اما به‌طور کلی شبکه با توپولوژی 1-6-2 بهترین عملکرد را داشته است و میزان خطای داده‌های تست آن کمتر از سایر حالات بوده است. از نتایج مربوط به شبکه عصبی RBF که در جدول 3 آورده شده در می‌یابیم که در شاخص پراکندگی پایین (0/5 و 1)، شبکه عملکرد خوبی نداشته است و میزان خطای آن بالا بوده است اما هرچه شاخص پراکندگی افزایش یافت، توانایی شبکه برای مدل‌سازی بهبود یافت. با توجه به جدول 3، بهترین عملکرد در هر شاخص پراکندگی در تعداد نوروں بالا محقق شد و این بدان معناست که عملاً شبکه RBF در تعداد نوروں پایین عملکرد خوبی ندارد. به‌طور کلی بهترین عملکرد

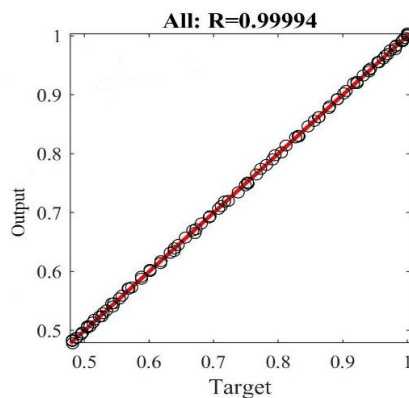
جدول 4- نتایج مدل‌سازی سینتیک خشک شدن شلتوک توسط شبکه عصبی MLP

توپولوژی	میانگین مربعات خطا داده‌های آموزش	میانگین مربعات خطا تست	میانگین خطای نسبی داده آموزش	میانگین خطای مطلق داده آموزش	میانگین خطای نسبی داده تست	میانگین خطای مطلق داده تست	R ² آموزش	R ² تست
2-5-1	$3/44 \times 10^{-6}$	$1/54 \times 10^{-5}$	0/0103	0/0102	0/0033	0/0325	0/999	0/999
2-6-1	$1/71 \times 10^{-6}$	$5/1 \times 10^{-6}$	0/0078	0/0071	0/0101	0/0095	0/999	0/999
2-7-1	$1/37 \times 10^{-6}$	$6/58 \times 10^{-6}$	0/006	0/0058	0/0109	0/0107	0/999	0/999
2-8-1	$1/29 \times 10^{-6}$	$8/00 \times 10^{-6}$	0/0058	0/005	0/012	0/0118	0/999	0/999
2-9-1	$1/49 \times 10^{-6}$	$6/74 \times 10^{-6}$	0/0064	0/0061	0/0112	0/0108	0/999	0/999
2-10-1	$7/07 \times 10^{-7}$	$1/89 \times 10^{-5}$	0/0016	0/0011	0/041	0/038	0/999	0/999

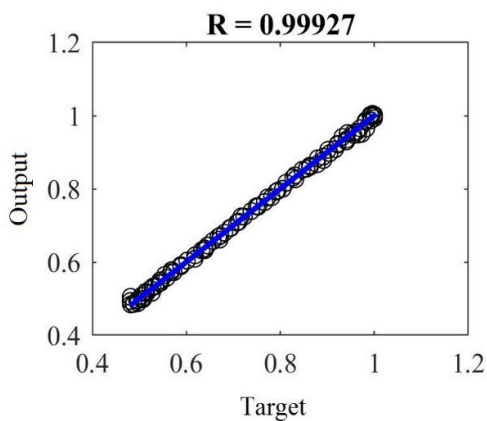
جدول 5- نتایج مدل سازی سینتیک خشک شدن شلتوک توسط شبکه عصبی RBF

توپولوژی	شاخص پراکندگی	میانگین مربعات خطا داده آموزش	میانگین مربعات خطا داده تست	میانگین خطای نسبی داده آموزش	میانگین خطای نسبی داده تست	میانگین خطای مطلق داده آموزش	میانگین خطای مطلق داده تست	R^2 آموزش	R^2 تست
2-27-1	0/5	0/0037	0/0108	0/0859	0/0851	0/0851	0/1078	0/88	0/68
2-25-1	1	0/0037	0/0149	0/0859	0/0851	0/0851	0/1206	0/88	0/56
2-27-1	1/5	0/00073	0/0057	0/078	0/075	0/075	0/0923	0/974	0/861
2-27-1	2	0/00063	0/05148	0/071	0/069	0/069	0/1561	0/978	0/95
2-23-1	2/5	0/00013	0/00032	0/0543	0/0518	0/0518	0/063	/994	0/988
2-24-1	3	$4/26 \times 10^{-5}$	0/00012	0/0275	0/027	0/027	0/0529	0/998	0/994
2-24-1	3/5	$2/9 \times 10^{-5}$	$8/76 \times 10^{-5}$	0/0252	0/0245	0/0245	0/0428	0/998	0/996
2-25-1	4	$7/73 \times 10^{-6}$	$9/38 \times 10^{-5}$	0/019	0/0181	0/0181	0/0446	0/998	0/996

شکل 3- مقادیر خروجی شبکه عصبی و خروجی واقعی همه داده ها برای بهترین آرایش شبکه عصبی MLP



شکل 4- مقادیر خروجی شبکه عصبی و خروجی واقعی همه داده ها برای بهترین آرایش شبکه عصبی RBF



نتیجه‌گیری

به‌طور کلی با افزایش توان مایکروویو، زمان خشک شدن، درصد برنج سالم و ضریب نفوذ مؤثر رطوبت به ترتیب کاهش، کاهش و افزایش می‌یابد. همچنین خشک کردن در توان‌های مختلف اثری بر روی کیفیت و رنگ برنج نداشته است. از نتایج مربوط به مدل‌سازی سینتیک خشک شدن شلتوک در خشک‌کن مایکروویو توسط 2 شبکه

عصبی MLP و RBF می‌توان دریافت که شبکه MLP با الگوریتم آموزش لونیگ مارکووارت و تابع انتقال تانژانت سیگموئید عملکرد بهتری نسبت به شبکه عصبی RBF با تابع انتقال گوسی داشته است و همچنین شبکه MLP قادر بوده که مدل‌سازی خشک شدن را در تعداد نورون پایین (5-10) نسبت به RBF (20-30) انجام دهد که میزان خطا و ضریب همبستگی آن به ترتیب کمتر و بیشتر از شبکه RBF بوده است

منابع

- امیری چایچان، ر.، خوش تقاضا، م.، منتظر، غ.، مینایی، س. و علیزاده، م. 1388. تخمین ضریب تبدیل شلتوک با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی در خشک‌کردن بستر سیال. *مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی*، 13 (48): 285-298.
- تهوری، ع. 1395. پیش‌بینی خواص مختلف آب‌های طبیعی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل.
- جعفری، ج.، کلانتری، د. و آزادبخت، م. 1394. بررسی نرخ تغییر رطوبت و درصد شکستگی دانه‌های شلتوک با استفاده از خشک‌کن مایکروویو. *فناوری‌های نوین غذایی*، 2 (4): 63-74.
- خوش تقاضا، م.، حسین زاده سامانی، ب.، فیاضی، ا. و امیر نجات، ح. 1395. پیش‌بینی محتوای رطوبتی خشک شدن لایه نازک قارچ خوراکی به کمک شبکه‌های عصبی مصنوعی پس انتشار. *علوم و صنایع غذایی*، 13 (50): 171-182.
- کلانتری، د.، جعفری، ج. 1395. مقایسه پارامترهای خشک شدن و خصوصیات کیفی شلتوک طارم هاشمی با استفاده از مایکروویو جریان مداوم و مایکروویو خانگی. *فناوری‌های نوین غذایی*، 3 (12): 77-88.
- کلیکانلو، و.، رحمتی، محمد هاشم، علیزاده، محمدرضا، و پورباقر، رقیه. 1396. اثر دبی و دمای هوای ورودی بر ویژگی‌های تبدیل و زمان خشک شدن سه رقم شلتوک در خشک‌کن بسترسیال با چرخه بسته. *تحقیقات غلات*، 6 (3): 385-395.
- مختاریان، م.، کوشکی، ف. 1391. تخمین پارامترهای خشک کردن گوجه فرنگی با کمک شبکه‌های عصبی مصنوعی. *پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی*، 1 (1): 61-74.
- یوسفی، ع.، قاسمیان، ن. و سالاری، ا. 1396. مدل‌سازی سینتیک خشک‌کردن برش‌های لیموترش به‌روش تابش مادون قرمز با استفاده از شبکه عصبی هیبریدی. *فناوری‌های نوین غذایی*، 5 (1): 91-105.
- Akin, D. & Akba, B. 2010. A neural network (NN) model to predict intersection crashes based upon driver, vehicle and roadway surface characteristics. *Sci. Res. Essays*, 5(19): 2837-2847.
- Alibas, I. 2014. Mathematical modeling of microwave dried celery leaves and determination of the effective moisture diffusivities and activation energy. *Food Science and Technology*, 34(2): 394-401.
- Aquerreta, J., Iguaz, A., Arroqui, C., & Virseda, P. 2007. Effect of high temperature intermittent drying and tempering on rough rice quality. *J. of Food Engineering*, 80: 611-618.
- ASAE Standards. 1999. D245.5. Moisture relationship of plant based agricultural products (46th Ed.). St. Joseph, Mich.: ASAE.
- Azadbakht, M., Aghili, H., Ziaratban, A. & Torshizi, M.V. 2017. Application of artificial neural network method to exergy and energy analyses of fluidized bed dryer for potato cubes. *Energy*, 120: 947-958.
- Cao, C. & Wang, X.B. 2002. Automatic control of grain driers. *Modernizing Agric*, 2: 40-44.
- Darvishi, H., Khoshtaghaza, M.H., Najafi, G. & Zarein, M. 2013. Characteristics of sunflower seed drying and microwave energy consumption. *International Agrophysics*, 27(2): 127-132.
- Firouzi, F. & Alizadeh, M.R. 2013. An investigation of the effects of harvesting time and milling moisture content of paddy on the quality of milled rice. *International Journal of Biosciences*, 3 (10): 133-138.
- Jafari, H., Kalantari, D. & Azadbakht, M. 2018. Energy consumption and qualitative evaluation of a continuous band microwave dryer for rice paddy drying. *Energy*, 142: 647-654.
- Scala, K.D., Meschino, G., Vega-Galvez, A., Lemus-Mondaca, R., Roura, S. & Mascheroni, R. 2013. An artificial neural network model for prediction of quality characteristics of apples during convective dehydration. *Food Science and Technology*, 33(3): 411-416.
- Ghritlahre, H.K. & Prasad, R.K. 2018. Exergetic performance prediction of solar air heater using MLP, GRNN and RBF models of artificial neural network technique. *Journal of environmental management*, 223: 566-575.

- Hemis, M., Choudhary, R. & Watson, D.G., 2012. A coupled mathematical model for simultaneous microwave and convective drying of wheat seeds. *Biosystems engineering*, 112(3): 202-209.
- Kalra, R., Deo, M.C., Kumar, R. and Agarwal, V.K. 2005. RBF network for spatial mapping of wave heights. *Marine Structures*, 18(3): 289-300.
- Karaaslan, S.N. & Tuncer, I.K. 2008. Development of a drying model for combined microwave-fan-assisted convection drying of spinach. *Biosystems Engineering*, 100(1): 44-52.
- Kouchakzadeh, A. & Shafeei, S., 2010. Modeling of microwave-convective drying of pistachios. *Energy Conversion and Management*, 51(10): 2012-2015.
- Maskan, M. 2000. Microwave/air and microwave finish drying of banana. *Journal of food engineering*, 44(2): 71-78.
- Minaei, S., Rohi, G.R., & Alizadeh, M.R. 2003. Effect of rice crop parameters and dryer on paddy milling waste and hardness. In *Second national symposium on losses of agricultural products. Tehran*.
- Momenzadeh, L., Zomorodian, A., & Mowla, D. 2011. Experimental and theoretical investigation of shelled corn drying in a microwave-assisted fluidized bed dryer using Artificial Neural Network. *Food and bioproducts processing*, 89(1), 15-21.
- Motevali, A., Minaei, S., Banakar, A., Ghobadian, B. & Khoshtaghaza, M.H. 2014. Comparison of energy parameters in various dryers. *Energy Conversion and Management*, 87:711-725.
- Niamnuy, C., Kerdpiroon, S. & Devahastin, S. 2012. Artificial neural network modeling of physicochemical changes of shrimp during boiling. *LWT-Food Science and Technology*, 45(1):110-116.
- Rabha, D.K., Muthukumar, P. and Somayaji, C. 2017. Experimental investigation of thin layer drying kinetics of ghost chilli pepper (*Capsicum Chinense* Jacq.) dried in a forced convection solar tunnel dryer. *Renewable energy*, 105: 583-589.
- Rad, S.J., Kaveh, M., Sharabiani, V.R. & Taghinezhad, E. 2018. Fuzzy logic, artificial neural network and mathematical model for prediction of white mulberry drying kinetics. *Heat and Mass Transfer*, 1-14.
- Salehi, F., Abbasi Shahkoh, Z. & Godarzi, M. 2015. Apricot osmotic drying modeling using genetic algorithm-artificial neural network. *Journal of Innovation in food Science and Technology*, 7: 65-76.
- Therdthai, N. & Zhou, W. 2009. Characterization of microwave vacuum drying and hot air drying of mint leaves (*Mentha cordifolia* Opiz ex Fresen). *Journal of Food Engineering*, 91(3): 482-489.
- Yadollahnia, A. R. 2006. A thin layer drying model for paddy dryer, Msc thesis, University of Tehran, Karaj, Iran. (In Farsi)
- Zhao, P., Zhong, L., Zhu, R., Zhao, Y., Luo, Z. & Yang, X. 2016. Drying characteristics and kinetics of Shengli lignite using different drying methods. *Energy Conversion and Management*, 120: 330-337.



Modeling and investigation of the performance of *MLP* and *RBF* during the paddy rice drying in microwave dryer

M. E. Mohammad Pour Mir, S. Nanvakenari, K. Movagharnejad*

Received: 2019.05.17

Accepted: 2019.08.27

Introduction: Rice is one of the most important cereals and is the second-highest worldwide production after wheat and also is a good source of nutrients for human. It plays an important role in the feeding of the many parts of the world including Iran. The harvested paddy rice has the high initial moisture content nearly 25-28% (wet basis) that caused corruption. Therefore, in order to prevent corruption and safe storage, it must be dried to 10-13% moisture content. Drying is one of the oldest methods of preserving food and agricultural products that used to increase the food's storage time. There are several methods for drying paddy rice that none of them are ideal and have several advantages and disadvantages that one of them that recently the use of it has been increased is microwave drying. Microwave drying uses electromagnetic radiations with the frequency range of 300 MHz to 300 GHz and the wavelengths of 1-0.01m. In microwave drying due to better energy concentration, moisture is removed more quickly so the drying time decreases. Due to the complex relationship between input and output variables in the drying process, selection of the model that can estimate the drying behavior of the products is difficult. Hence, the use of intelligent modeling method such as neural network is the best choice.

Materials and methods: In this research, in order to investigate the effect of microwave power on kinetics of rice drying, head rice yield and effective diffusivity coefficient of moisture, a continuous type of domestic microwave dryer (DEM-281 QOT-PW) was used. This dryer has a microwave radiation chamber where the samples are put on it on the tray that was placed on a digital balance. The experiments were performed at three microwave power levels designated as 270, 360 and 450 W. Also, Shirudi paddy rice was used as the raw material and the drying rice process from the initial moisture content of 21% to the final moisture content of 11% is examined. In this study the neural network toolbox of MATLAB 2017R was used to model the kinetics of rice drying in microwave dryer. RBF and MLP have 3 layers including input, hidden and output layers. Input layer has two neurons that show the number of input variables that were time and microwave power and output layer has one neuron that show the number of output variables that was MR in this study. 70% and 30% of the data was used for training and testing the network, respectively. To estimate the ANN performance, mean square error (MSE) and the coefficient of determination (R^2) was used.

Results and discussion: The maximum and minimum drying time was 42 and 20 minutes in 270 and 450 watts, respectively. Also, the maximum and minimum effective diffusivity coefficient of moisture was 4.17×10^{-9} and 1.82×10^{-9} in 450 and 270 watts, respectively. RBF network with Gaussian transfer function and high neurons number and MLP network with Levenberg-Marquardt (LM) learning algorithm and tan-sigmoid (tansig) transfer function with low neurons number were able to model the kinetics of drying as well as. In general, the drying time and head rice yield decreased but the effective diffusivity coefficient of moisture increased by increasing the microwave power. Also drying at different microwave power did not effect on rice color and quality. The results of the modeling of rice drying by using two different neural networks including MLP and RBF demonstrated that the MLP network with Levenberg-Marquardt (LM) learning algorithm and tan-sigmoid (tansig) transfer function has the better performance than the RBF network with Gaussian transfer function and the error and the correlation coefficient in MLP are less and higher than the RBF, respectively.

Keywords: Microwave dryer, Head rice yield, Kinetics of rice drying, Neural network, Effective diffusivity coefficient of moisture, Rice quality.

Contents

Estimation of the total acceptance of banana fruit using digital image processing and Gaussian process regression model during the storage period	190
Sh. Nasiri, S. Abdanan Mehdizadeh, M. Nadafzadeh	
Physicochemical, microbial and sensory characteristics of fish fingers made from treated silver carp fillet by salt and sugar solutions during refrigerated storage	204
M. Zolfaghari, E. Zakipour Rahimabadi, M. Rigi, M. Alipour Eskandani	
Investigation of the effect of different <i>Spirulina platensis</i> levels on nutritional, physicochemical and sensory properties of sponge cake	220
N. Zanganeh, H. Barzegar, B. Alizadeh Behbahani, M. A. Mehrnia	
Determination of chemical composition, antioxidant properties and antimicrobial activity of coriander seed essential oil on a number of pathogenic microorganisms	233
M. Omid Mirzaei, M. Hojjati, B. Alizadeh Behbahani, M. Noshad	
Effect of Nitric oxide and storage temperature on maintenance quality of malas pomegranate arils	248
M. Mandegari, A. Mirzaalian dasgerdi, L. Moshref, M. Tatari	
Investigation the effect of formulation and condition of packaging on the Ham syneresis during Shelf Life	268
E. khazaiy pool, M. Piruzifard, F.Zynali, M. Alizade khaledabadi	
The effect of hydrothermal processing on rheological properties of oat β-glucan	285
A. Sattari, J. Mohammadzadeh Milani, Z. Raftani Amiri, A. Pakdin Parizi	
Effect of Ginger extract, citric Acid and ultrasound on physicochemical properties of Camel meat	298
F. Jafari, N. Zamindar, M. Goli, Z. Ghorbani	
The feasibility of producing dessert containing grape juice concentrate, and evaluation of its physicochemical, microbial and sensory properties	310
L. Mahsouli, H. Lashkari	
Encapsulation of red beetroot extract using spray drying and freeze drying by malto-dextrin and whey protein isolate carriers	322
M. Faridnia, A. Mohammadi-Sani, M. Najaf Najafi	
Electrical conductivity of reconstituted milk affected by temperature and composition	330
H. Naseri, I. Hazbavi, F. Shahbazi	
Modeling and investigation of the performance of MLP and RBF during the paddy rice drying in microwave dryer	341
M. E. Mohammad Pour Mir, S. Nanvakenari, K. Movagharnejad	

Iranian Food Science and Technology Research Journal

Vol. 16

No. 2

2020

Published by: Ferdowsi University of Mashhad

Executive Manager: Shahnoushi, N.

Editor-in-Chief: Tabatabaei yazdi, F

Editorial Board:

Mortazavi, Seyed A.	Prof. in Food Microbiology and
Shahidi, F.	Prof. in Food Microbiology
Habibi najafi, M.	Prof. in Food Microbiology
Razavi, Seyed M. A.	Prof. in Food Engineering
Kashaninejad, M.	Prof. in Food Engineering
Khomeiri, M.	Assoc. Prof. in Food Microbiology
Farhoosh, R.	Prof. in Food Chemistry
Fazli Bazzaz, S.	Prof. in Food Microbiology
Koocheki, A.	Prof. in Food Technology
Mohebbi, M.	Prof. in Food Engineering
Ghanbarzadeh, B.	Prof. in Food Engineering
Alemzadeh, I.	Prof. in Food Biotechnology
Rajabzadeh, GH.	Assoc. Prof. in Nanotechnology
Heydarpour, M.	Assoc. Prof. in Food Microbiology
Ghoddusi, H. B.	Assoc. Prof. in Food Microbiology
Khosravidarani, K.	Prof. in Food Biotechnology
Abbaszadegan, M.	Prof. in Food Microbiology
Mohammadifar, M. A.	Assoc. Prof. in Food Engineering
Vosoughi, M.	Prof. in Food Biotechnology

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.



Ferdowsi University
of Mashhad

Vol.16

No.2

2020

Iranian Food Science and Technology Research Journal



ISSN:1735-4161

Contents

- Estimation of the total acceptance of banana fruit using digital image processing and Gaussian process regression model during the storage period 190**
Sh. Nasiri, S. Abdanan Mehdizadeh, M. Nadafzadeh
- Physicochemical, microbial and sensory characteristics of fish fingers made from treated silver carp fillet by salt and sugar solutions during refrigerated storage 204**
M. Zolfaghari, E. Zakipour Rahimabadi, M. Rigi, M. Alipour Eskandani
- Investigation of the effect of different *Spirulina platensis* levels on nutritional, physicochemical and sensory properties of sponge cake 220**
N. Zanganeh, H. Barzegar, B. Alizadeh Behbahani, M. A. Mehrnia
- Determination of chemical composition, antioxidant properties and antimicrobial activity of coriander seed essential oil on a number of pathogenic microorganisms 233**
M. Omid Mirzaei, M. Hojjati, B. Alizadeh Behbahani, M. Noshad
- Effect of Nitric oxide and storage temperature on maintenance quality of malas pomegranate arils..... 248**
M. Mandegari, A. Mirzaalian dasgerdi, L. Moshref, M. Tatari
- Investigation the effect of formulation and condition of packaging on the Ham syneresis during Shelf Life 268**
E. khazaiy pool, M. Piruzifard, F.Zynali, M. Alizade khaledabadi
- The effect of hydrothermal processing on rheological properties of oat β -glucan 285**
A. Sattari, J. Mohammadzadeh Milani, Z. Raftani Amiri, A. Pakdin Parizi
- Effect of Ginger extract, citric Acid and ultrasound on physicochemical properties of Camel meat..... 298**
F. Jafari, N. Zamindar, M. Goli, Z. Ghorbani
- The feasibility of producing dessert containing grape juice concentrate, and evaluation of its physicochemical, microbial and sensory properties..... 310**
L. Mahsouli, H. Lashkari
- Encapsulation of red beetroot extract using spray drying and freeze drying by malto-dextrin and whey protein isolate carriers 322**
M. Faridnia, A. Mohammadi-Sani, M. Najaf Najafi

Continue Content in cover