

شاپا: ۱۷۳۵-۴۱۶۱

شماره پیاپی ۶۳

## عنوان مقالات

- ۳۴۳..... بررسی خواص حسی و اثر ضد میکروبی اسانس کندر و موسیر بر باکتری لیستریا مونوسییتوزنر در پنیر سفید آب نمکی  
فرناز صادقی - لیلا ناطقی
- ۳۵۷..... ارزیابی محتوی آلفا و گاماتوکوفرول در بادام درختی، فندق، بادام زمینی و پسته در طی فرآیند برشته کردن  
رضا فرهمندفر - سمیه سلمانی - هدا فهیم
- ۳۶۷..... بررسی فعالیت ضدقارچی اسانس آویشن نانوکپسوله در برابر *Botrytis cinerea* در انگور قرمز شاهرودی  
حدیثه کریمی - حجت اله بدایق - احمد رجایی - شیده موجرلو
- ارزیابی ویژگی‌های میکروبی، شیمیایی و حسی گوشت گوسفندی پوشش دهی شده با موسیلاژ فرنچمشک  
در ترکیب با اسانس زنیان جهت افزایش عمر انبارمانی در دمای یخچال  
۳۸۳..... بهروز علیزاده بهبهانی - فخری شهیدی
- ۳۹۵..... بهینه‌یابی فرمول نان حجیم حاوی صمغ‌های فارسی و ریحان  
محمد مسعود حفیظ - زهرا شیخ الاسلامی
- ۴۰۹..... تأثیر اسانس زیره سیاه بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، میکروبی و حسی پنیر فتای فرآپالایش  
مرضیه مومنی سروستانی - حنان لشکری
- ۴۲۳..... بهینه‌یابی تاثیر پارامترهای عملیاتی بر کاهش کلسترول خامه به‌وسیله بتاسیکلودکسترین به روش سطح پاسخ  
میترا منصوری بنی - وحید سماواتی - مرضیه بلندی
- ۴۳۷..... بررسی اثر جایگزینی آرد گندم با پودر هسته انار بر ویژگی‌های کیفی کیک اسفنجی  
فاطمه ایوانی - بهزاد ناصحی - محمد نوشاد - حسن برزگر
- ۴۵۳..... بررسی امکان استفاده از اندام باردهی قارچ خوراکی - دارویی انوکی در تولید نوشیدنی فراسودمند پالپ‌دار  
شراره رضائیان - حمیدرضا پوریانفر - شادی بلوریان - حامد صابریان
- بررسی اثرات افزودن صمغ زرد بر ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر رشته آشی و ارزیابی خواص فیزیکوشیمیایی،  
بافتی و حسی، رشته آشی کم نمک  
۴۶۵..... زهره بوربورمرادی - لیلا ناطقی - اورنگ عیوض‌زاده
- پیاده‌سازی یک سامانه ماشین بویایی برای طبقه‌بندی انواع مختلف فلفل سیاه بر اساس منشاء جغرافیایی و تشخیص  
تقلب در فلفل سیاه هندی  
۴۷۹..... فائزه جمالیزاده - مهدی قاسمی ورنامخواستی - مهدی قاسمی نافچی - مجتبی توحیدی - مجید دولتی
- اثر پوشش فعال کیتوزان حاوی پروتئین آبکافتی بر خواص شیمیایی و میکروبی فیله ماهی قزل‌آلای  
رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) طی دوره نگهداری در دمای یخچال  
۴۹۳..... سهیل ریحانی پول - سید علی جعفرپور

# نشریه پژوهش های علوم و صنایع غذایی ایران

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

مهر - آبان 1399

شماره 4

جلد 16

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

صاحب امتیاز: دانشگاه فردوسی مشهد

مدیر مسئول: دکتر ناصر شاهنوشی

دکتر ناصر شاهنوشی

سر دبیر: دکتر فریده طباطبایی

دکتر فریده طباطبایی

اعضای هیئت تحریریه:

دکتر سید علی مرتضوی	استاد، میکروبیولوژی و بیوتکنولوژی، دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر فخری شهیدی	استاد، میکروبیولوژی مواد غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر محمداقبر حبیبی نجفی	استاد، میکروبیولوژی، دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر مرتضی خمیری	دانشیار، میکروبیولوژی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
دکتر سید محمد علی رضوی	استاد، مهندسی و خواص بیوفیزیک مواد غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر رضا فرحوش	استاد، شیمی مواد غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر بی بی صدیقه فضل‌بیاز	استاد، میکروبیولوژی، دانشکده داروسازی دانشگاه علوم پزشکی مشهد
دکتر مهدی کاشانی نژاد	استاد، مهندسی مواد غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
دکتر آرش کوچکی	استاد، تکنولوژی مواد غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر محبت محبی	استاد، مهندسی مواد غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر بابک قنبرزاده	استاد، مهندسی مواد غذایی، دانشگاه تبریز
دکتر ایران عالمزاده	استاد، بیوتکنولوژی مواد غذایی، دانشگاه صنعتی شریف
دکتر قدیر رجبزاده اوغاز	دانشیار، نانو فناوری مواد غذایی، مؤسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی
دکتر مهیار حیدرپور	دانشیار، زیست مولکولی، دانشکده پزشکی هاروارد
دکتر حمید بهادر قدوسی	دانشیار، میکروبیولوژی غذایی، دانشگاه متروپولیتن لندن
دکتر کیانوش خسروی	استاد، بیوتکنولوژی مواد غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی
دکتر مرتضی عباسزادگان	استاد، ویروس شناسی، دانشگاه آریزونا
دکتر محمدمامین محمدی	استاد، مهندسی مواد غذایی، دانشگاه دانمارک
دکتر منوچهر وثوقی	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.

تلفن: 8795618-20 داخلی 321 نمابر: 8787430

این نشریه در پایگاههای زیر نمایه شده است:

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

پست الکترونیکی: ifstrj@um.ac.ir

این نشریه در سایت [http://jm.um.ac.ir/index.php/food\\_tech/index](http://jm.um.ac.ir/index.php/food_tech/index) به صورت مقاله کامل نمایه شده است

# بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

## مندرجات

- 343 بررسی خواص حسی و اثر ضد میکروبی اسانس کندر و موسیر بر باکتری لیستریا مونوسیتوژن در پنیر سفید آب نمکی  
فرناز صادقی - لیلا ناطقی
- 357 ارزیابی محتوی آلفا و گاماتوکوفرول در بادام درختی، فندق، بادام زمینی و پسته در طی فرآیند برشته کردن  
رضا فرهمندفر - سمیه سلمانی - هدا فهیم
- 367 بررسی فعالیت ضد قارچی اسانس آویشن نانوکپسوله در برابر *Botrytis cinerea* در انگور قرمز شاهرودی  
حدیثه کریمی - حجت اله بدایقی - احمد رجایی - شیده موجرلو
- 383 ارزیابی ویژگی‌های میکروبی، شیمیایی و حسی گوشت گوسفندی پوشش‌دهی شده با موسیلاژ فرنجمشک در ترکیب با اسانس زنیان  
جهت افزایش عمر انبارمانی در دمای یخچال  
بهروز علیزاده بهبهانی - فخری شهیدی
- 395 بهینه‌یابی فرمول نان حجیم حاوی صمغ‌های فارسی و ریحان  
محمد مسعود حفیظ - زهرا شیخ الاسلامی
- 409 تأثیر اسانس زیره سیاه بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، میکروبی و حسی پنیر فتای فراپالایش  
مرضیه مومنی سروستانی - حنان لشکری
- 423 بهینه‌یابی تأثیر پارامترهای عملیاتی بر کاهش کلسترول خامه به‌وسیله بتاسیکلود کسترین به روش سطح پاسخ  
میترا منصوری بنی - وحید سماواتی - مرضیه بلندی
- 437 بررسی اثر جایگزینی آرد گندم با پودر هسته انار بر ویژگی‌های کیفی کیک اسفنجی  
فاطمه ایوانی - بهزاد ناصحی - محمد نوشاد - حسن برزگر
- 453 بررسی امکان استفاده از اندام باردهی قارچ خوراکی - دارویی انوکی در تولید نوشیدنی فراسودمند پالپ‌دار  
شراره رضائیان - حمیدرضا پوریانفر - شادی بلوریان - حامد صابریان
- 465 بررسی اثرات افزودن صمغ زردو بر ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر رشته آشی و ارزیابی خواص فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی، رشته  
آشی کم نمک  
زهرا بوربورمرادی - لیلا ناطقی - اورنگ عیوض‌زاده
- 479 پیاده‌سازی یک سامانه ماشین بویایی برای طبقه‌بندی انواع مختلف فلفل سیاه بر اساس منشاء جغرافیایی و تشخیص تقلب در فلفل سیاه  
هندی  
فائزه جمالیزاده - مهدی قاسمی ورنامخواستی - مهدی قاسمی نافچی - مجتبی توحیدی - مجید دولتی
- 493 اثر پوشش فعال کیتوزان حاوی پروتئین آبکافتی بر خواص شیمیایی و میکروبی فیله ماهی فزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) طی دوره نگهداری در دمای یخچال  
سهیل ریحانی یول - سید علی جعفرپور

## مقاله علمی- پژوهشی

# بررسی خواص حسی و اثر ضد میکروبی اسانس کندر و موسیر بر باکتری لیستریا مونوسیتوژنز در پنیر سفید آب نمکی

فرناز صادقی<sup>1</sup> - لیلا ناطقی<sup>2\*</sup>

تاریخ دریافت: 1398/03/05

تاریخ پذیرش: 1398/06/13

### چکیده

افزایش سطح آگاهی مردم و نگرانی در خصوص استفاده از نگهدارنده‌های شیمیایی، کاربرد مواد نگهدارنده و ضد میکروبی گیاهی و اثر آن بر رشد میکروارگانیسم‌های مهم غذایی افزایش یافته است. لذا هدف کلی از این پژوهش بررسی خصوصیات فیزیکی شیمیایی، ضد میکروبی و حسی پنیر سفید آب نمکی حاوی اسانس کندر در غلظت‌های (0/5، 0/6، 0/7 درصد) و اسانس موسیر در غلظت‌های (0/05، 0/1، 0/2 درصد) به همراه باکتری لیستریا مونوسیتوژنز به میزان  $10^3$  cfu/ml به نمونه‌های شیر پیش‌ساز پنیر طی 60 روز نگهداری بود. نتایج بررسی ضد میکروبی نشان داد میانگین شمارش میکروبی در تیمارهای 0/2 درصد اسانس موسیر و 0/7 درصد اسانس کندر در انتهای دوره نگهداری به ترتیب 0/000 cfu/ml و 14/7 cfu/ml بود، که در مقایسه با سایر تیمارها بیشترین کاهش را نشان دادند ( $p \leq 0/05$ ). نتایج حاصل از بررسی خصوصیات فیزیکی شیمیایی انجام شده، نشان داد که این جایگزینی روی خواص فیزیکی شیمیایی پنیر اثر معنی‌داری نداشت ( $p > 0/05$ ). نتایج ارزیابی حسی پنیر نشان داد اختلاف معنی‌داری بین امتیاز پذیرش کلی تمامی تیمارهای مورد آزمون و نمونه شاهد مشاهده نگردید، بنابراین می‌توان از دو اسانس موسیر و کندر به عنوان جایگزین مناسب نگهدارنده‌های شیمیایی در محصولات لبنی استفاده نمود بدون اینکه اثر نامطلوب روی خواص حسی محصول داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: پنیر سفید آب نمکی، لیستریا مونوسیتوژنز، کندر، موسیر، اسانس.

### مقدمه

فرآورده‌ها شامل جذب آب اضافی و تکمیل آبیگری دلمه، افزایش قوام و استحکام دلمه، جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌های نامطلوب شامل پاتوژن (Pathogen) و میکروارگانیسم‌های عامل فساد و تولیدکننده گاز، تعدیل رشد میکروارگانیسم‌های مطلوب شامل باکتری‌های اسید لاکتیک، کنترل فعالیت آنزیمی در طی رسیدن پنیر و ایجاد عطر و طعم مناسب از طریق واکنش‌های شیمیایی نظیر پروتئولیز، لیپولیز و گلیکولیز است (Guillermo *et al.*, 2006). پنیر سفید آب نمکی، پنیری با ساختار متراکم است که از شیر گاو، گوسفند یا مخلوطی از آن‌ها تهیه می‌گردد و خصوصیات اصلی طعم آن ترشی و شور می‌باشد. همچنین امکان رشد و بقا باکتری لیستریا مونوسیتوژنز در طول مدت نگهداری در پنیر سفید آب نمکی وجود دارد. لیستریا مونوسیتوژنز باکتری میله‌ای شکل، گرم مثبت و کاتالاز مثبت و اکسیداز منفی بوده که متابولیسم تنفسی هوازی-بی‌هوازی اختیاری دارد. اغلب از طریق آب آلوده، غذای

شیر و فرآورده‌های لبنی آلوده یکی از منابع مهم مسمومیت‌های غذایی در انسان به‌شمار می‌آیند. به دلیل تامین شرایط مناسب جهت رشد بسیاری از میکروارگانیسم‌ها و از سوی دیگر مصرف گسترده آن از سوی افراد مختلف با شرایط سنی متفاوت، بهداشت و ایمنی فرآورده‌های لبنی بسیار مورد توجه است. در فرآورده‌های شیری، پنیر از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. بر اساس آمار و اطلاعات (FAO)<sup>3</sup> در سال 2005 کشور ایران با 216/7 هزار تن، 1/17 درصد از کل تولید جهانی را دارا بوده است. پنیر سفید آب نمکی یکی از مهمترین اقلام عادات غذایی در ایران است و مصرف سرانه آن در حدود 5/4 کیلوگرم در سال می‌باشد (Alizadeh *et al.*, 2009). اساساً پنیرهای سفید تهیه شده در آب نمک جز پنیرهای نرمی می‌باشند که در آب نمک رسیده نگهداری می‌شوند. مهمترین دلایل استفاده از آب نمک در این



بود. یافته‌های این پژوهش نشانگر اثرات بالقوه خوب آویشن شیرازی در پنیر سفید به‌عنوان یک ماده ضدلیستریایی بود. کاربرد غلظت 150ppm آویشن شیرازی در پنیر سفید ایرانی، می‌تواند سبب سلامت این فرآورده با حفظ اثرات ارگانولپتیکی و کاهش رشد باکتری لیستریا در پنیر شود. با توجه به اثرات زیان‌آور نگهدارنده‌های شیمیایی و رواج ایده مصرف سبزی، لزوم انجام پژوهش در خصوص اثرات ضد میکروبی نگهدارنده‌های طبیعی و اسانس‌های گیاهی بر رشد میکروارگانیسم‌های مهم مواد غذایی در مدل‌های آزمایشگاهی و غذایی افزایش یافته است. هدف از این تحقیق بررسی خصوصیات فیزیکیوشیمیایی، ضد میکروبی و حسی پنیر سفید آب نمکی حاوی اسانس کندر و اسانس موسیر به‌صورت تکی و توأم در دمای 4 درجه سانتی‌گراد به مدت 60 روز بود.

### مواد و روش‌ها

شیر با 2/5 درصد چربی، 10/030-10/280 درصد دانسیته و pH= 6/6-6/7 از شرکت پاکبان (ایران) تهیه شد. باکتری لیستریا مونوسیژنر از سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی (ایران)، استاترهای لاکتوباسیلوس بولگاریس و استرپتوکوکوس ترموفیلوس (Natural factors company، کانادا) و سایر مواد شیمیایی مورد نیاز از شرکت مرک (آلمان) خریداری گردید.

### تهیه اسانس کندر و موسیر

گیاه موسیر و کندر به‌صورت خشک شده از عطاری واقع در تهران تهیه شد. و پس از تایید نام علمی آن توسط گروه گیاه‌شناسی پژوهشکده گیاه‌شناسی گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی از نظر صحت نام علمی تایید شد. برگ‌های گیاه توسط آسیاب پودر شده و از الک با سایز مش 40 عبور داده شد. و با استفاده از دستگاه کلونجر (Clevenger) به روش تقطیر با آب، به مدت 3-4 ساعت روغن آن استخراج و با استفاده از سولفات سدیم خشک آب‌گیری شد و تا تشخیص و تعیین ترکیب‌های تشکیل‌دهنده و تعیین خواص ضدباکتریایی آن، در ظروف شیشه‌ای تیره و در دمای یخچال نگهداری شد (European Pharmacopoeia, 1997).

### آنالیز و شناسایی ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس کندر و

#### موسیر

اسانس گیاه مورد نظر پس از آماده‌سازی به دستگاه کروماتوگرافی گازی متصل به طیف‌سنج جرمی تزریق شد تا نوع ترکیبات تشکیل‌دهنده آن تجزیه و تحلیل شود. مشخصات دستگاه

آلوده و آلودگی متقاطع، عفونت لیستریایی (لیستریوز) رخ می‌دهد. احتمال انتقال لیستریوز از طریق مصرف لبنیات وجود دارد. میزان آلودگی پنیر به باکتری لیستریا نسبت به سایر فرآورده‌های لبنی بیشتر است و 24/4 درصد پنیرهای سنتی آلوده به این باکتری بودند. در حالی که میزان آلودگی در شیر خام و بستنی سنتی به ترتیب 11/1 و 13/3 درصد بود (Rahimi et al., 2012). اسانس‌های گیاهی مایعات روغنی معطر هستند که از بخش‌های مختلف گیاهان به‌دست آمده و به‌عنوان طعم‌دهنده‌های غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. مطالعات مختلفی ویژگی‌های ضد میکروبی، ضدقارچی، ضدویروسی، ضدانگلی و آنتی‌اکسیدانی اسانس‌های گیاهی را تایید نمودند (Delaquis et al., 2002). گیاه *آلیوم ساتیوم*<sup>1</sup> بومی نواحی غرب آسیا است. عده‌ای وطن آن را کوهستان‌های فلسطین می‌دانند، موسیر از گیاهان بومی کشور ایران نیز می‌باشد. در جنس *آلیوم* (*Allium*) بیش از 500 گونه گیاهی شناسایی شده که فقط تعداد معدودی از آنها ارزش غذایی دارند. مهمترین گونه‌های موجود در ایران شامل سیر، پیاز، پیاز کوهی و تره فرنگی می‌باشد. از زمان‌های قدیم از این گیاهان به‌عنوان چاشنی غذا و دارو استفاده می‌کردند (Fenwic and Hanelly, 1985). مهمترین ترکیبات موسیر، ترکیبات گوگردی دی‌سولفیدی و تری‌سولفیدی است. خصوصیات ضد میکروبی اسانس‌های گیاهی علیه طیف وسیعی از میکروارگانیسم‌ها (باکتری‌ها، مخمرها و قارچ‌ها) تایید شده است.

کندر (*بوسولیا سرفیرا*) گیاه دارویی است که از راسته ناترکسانان<sup>2</sup> که از صمغ آن به‌عنوان خوشبوکننده استفاده می‌شود. نام علمی این گیاه *بوسولیا سرفیرا*<sup>3</sup> است. در بین عصاره‌های گیاهی اثرات ضد میکروبی گیاه کندر *بوسولیا* بر روی برخی ارگانیسم‌ها نظیر باکتری‌ها و ویروس‌ها و همچنین اثرات ضدالتهاپی آن بررسی شده است و مطالعات اندکی بر روی اثرات ضدقارچی این گیاه صورت گرفته است (Adelakunet al., 2001). محمدپور کنزق و همکاران (1394) اثر ضد میکروبی اسانس گیاه چای کوهی بر باکتری لیستریا مونوسیژنر را بررسی کردند. نتایج نشان داد این اسانس علیه باکتری لیستریا مونوسیژنر دارای اثر باکتری‌کشی است. مقادیر MIC و MBC اسانس چای کوهی برای باکتری لیستریا به ترتیب 600 و 2400ppm تعیین شد. مشاک و همکاران (1387) رفتار باکتری لیستریا مونوسیژنر در طی روند تولید پنیر سفید ایرانی تحت تاثیر اسانس آویشن شیرازی را بررسی کردند. نتایج حاصل از بررسی نشان داد آویشن شیرازی تاثیر معنی‌داری بر تغییرات pH در نمونه‌های پنیر نداشت. همچنین با افزایش غلظت اسانس مزبور در نمونه‌های پنیر لگاریتم تعداد باکتری کاهش یافت. به‌طوری که کاهش رشد باکتری‌ها تحت تاثیر غلظت‌های 150-300ppm در پنیرها در مقایسه با نمونه‌های فاقد آویشن معنی‌دار

2 Sapindales

3 *Boswellia thurifera*

<sup>1</sup> *Allium Sativum*

مقطر استریل به شیر با دمای 35 درجه سانتی‌گراد افزوده و در حدود 8 دقیقه برای انعقاد شیر و تشکیل لخته، به شیر استراحت داده شد. پس از گذشت یک ساعت، جهت سهولت خروج آب پنیر لخته تشکیل شده به قطعات 2-1 سانتی‌متر مکعبی برش داده شد و سپس لخته با استفاده از وزنه‌هایی استریل 10 کیلوگرمی به مدت 6 ساعت فشرده گردید. سپس لخته آب‌گیری شده در آب نمک 20 درصد (وزنی/حجمی) استریل به مدت 8-6 ساعت قرار داده شد و پس از آن نمونه‌های پنیر برش داده شده ضمن انتقال به آب نمک 8 درصد استریل تا 15 روز در دمای 14-12 درجه سانتی‌گراد و پس از طی دوره رسیدن اولیه جهت رسیدن دوره رسیدن نهایی به مدت 60 روز تا دمای 4 درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند (ISIRINO. 5772, 2001). نمونه شاهد نیز به همین روش تولید گردید بدون اینکه به آن اسانس کندر و موسیر اضافه گردد.

### کشت و شمارش میکروبی

جهت شمارش پرگنه‌های لیستریا مونوسیتوزنر با استفاده از محیط انتخابی لیستریا پالکام آگار (Palcam Agar) و به روش کشت سطحی و گرمخانه‌گذاری در دمای 37 درجه سانتی‌گراد بمدت 48 ساعت انجام شد. نمونه برداری از پنیر در روزهای 1، 30، 60 صورت گرفت و کلی‌های کروی شکل، ریز، با رنگ سبز- خاکستری با حاشیه سیاه شمارش شدند و نسبت به محاسبه تعداد باکتری لیستریا در هر گرم از پنیر اقدام گردید. در هر مرحله از زمان‌های کشت، میانگین تعداد کلی‌های شمارش شده در 3 تکرار به‌عنوان تعداد لیستریا مونوسیتوزنر در هر گرم از نمونه گزارش گردید. با استفاده از روش سری رقت، 20 میکرولیتر از هر کدام از رقت‌های متوالی اسانس مورد مطالعه و 20 میکرولیتر کشت باکتریایی و محیط کشت (معادل نیم مک فارلند که به نسبت 1/100 رقیق شده است) اضافه گردید. در نهایت لوله‌ها به مدت 24 ساعت در 37 درجه سانتی‌گراد انکوبه گردید. نتایج بر حسب کدورت لوله‌ها به طریق چشمی مشخص و مقادیر حداقل غلظت مهارکنندگی رشد (MIC)<sup>2</sup> تعیین شد و سپس 0/1 میلی‌لیتر از لوله‌هایی که هیچ‌گونه کدورتی مشاهده نشد در محیط مولر هیتون کشت شد و حداقل غلظت کشندگی باکتری (MBC)<sup>3</sup> اسانس کندر و موسیر علیه لیستریا مونوسیتوزنر ارزیابی شد (Khosravi and Malekan, 2004).

### آزمون‌های فیزیکی و شیمیایی

ارزیابی میزان پروتئین کل پنیر، از روش ماکروکلدال مطابق با استاندارد ملی ایران، به شماره 1811 انجام شد (ISIRI NO. 1811, 2004). اندازه‌گیری چربی، با استفاده از روش ژربر مطابق با استاندارد ملی ایران، به شماره 8587 انجام شد (ISIRI NO. 8587, 2006).

کروماتوگرافی گازی از نوع (Agilent 6890) شامل: ستون موئینه به طول 30 متر، قطر داخلی 0/25 میلی‌متر و ضخامت لایه داخلی 0/25 میکرومتر از نوع HP-5MS بود. برنامه دمایی ستون در ابتدا به‌صورت 50 درجه سانتی‌گراد با توقف 5 دقیقه، سپس افزایش دما تا 240 درجه سانتی‌گراد با سرعت 15 درجه در هر دقیقه، در ادامه افزایش دمای ستون تا 300 درجه سانتی‌گراد به مدت 3 دقیقه استفاده شد. دمای اتاقلک تزریق 290 درجه سانتی‌گراد و گاز هلیوم به‌عنوان گاز حامل با سرعت جریان 0/8 میلی‌لیتر در دقیقه انتخاب شد. همچنین شناساگر EI با انرژی یونیزاسیون 70 الکترون ولت و دمای منبع یونیزاسیون 250 درجه سانتی‌گراد بود. شناسایی ترکیب‌های تشکیل‌دهنده اسانس با استفاده از شاخص‌های بازداری بررسی طیف‌های جرمی ترکیبات و مقایسه آنها با طیف‌های جرمی استاندارد موجود در کتابخانه‌های رایانه‌ای و مراجع معتبر انجام شد (احسانی و همکاران، 1390).

### آماده‌سازی میکروآرگانیزم

ابتدا کشت لیوفلیزه لیستریا مونوسیتوزنر PTCC1302 که از سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران تهیه شد. باکتری لیوفلیزه دو مرتبه متوالی در محیط کشت برات بسیار غنی از عضله قلب با نام BHI Broth<sup>1</sup> به مدت 18 ساعت در دمای 37 درجه سانتی‌گراد کشت داده شد. به‌منظور محاسبه میزان باکتری لازم (10<sup>3</sup>cfu/ml) جهت تلقیح در شیر پنیرسازی، از کشت مرحله دوم و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج 600 نانومتر استفاده شد، شمارش باکتریایی به روش کشت سطحی انجام شد (احسانی و همکاران، 1390).

### تهیه نمونه‌های پنیر سفید آب نمکی

به‌منظور تولید پنیر، شیر خام در دمای 72 درجه سانتی‌گراد و به مدت 15 ثانیه پاستوریزه شد، و تا دمای 35 درجه سانتی‌گراد سرد گردید و سپس در هر یک از ظروف استریل مخصوص تهیه پنیر مقدار 5 لیتر از شیر ریخته شد. سپس باکتری لیستریا مونوسیتوزنر با دوز مورد نظر (10<sup>3</sup> cfu/ml) به نمونه‌های شیر آماده تلقیح شد. در مرحله بعد غلظت‌های مختلف اسانس موسیر (0/05، 0/1، 0/2 درصد) و اسانس کندر (0/5، 0/6، 0/7 درصد) اضافه شد سپس مقدار 0/02 درصد (وزنی/حجمی) کلرورکلسیم افزوده و سپس مایه کشت آغازگر (Starter Cultur) که شامل باکتری‌های لیوفلیزه لاکتوباسیلوس بولگاریس و استرپتوکوکوس ترموفیلوس بود به میزان 0/5 درصد (حجمی/حجمی) به نمونه‌های شیر تلقیح گردید. نهایتاً پس از آنکه pH شیر به 5/6 رسید رنت میکروبی تهیه شده از (سانجیو میتو، ژاپن) به مقدار 0/001 درصد (وزنی/حجمی) پس از حل نمودن آن در آب

3 Minimum Bactericidal Concentration

1 Brain Heart Infusion Broth

2 Minimum Inhibitory Concentration

در ارتباط با ترکیب شیمیایی و فعالیت ضد میکروبی آنها می‌باشد، که این می‌تواند به دلیل حضور ترکیبات ضد میکروبی دی‌آلیل دی‌سولفید و متیل‌متیل تیومتیل دی‌سولفید در اسانس موسیر و ترکیبات ضد میکروبی  $\alpha$ -پینن و پی‌سین در اسانس کندر باشد.

جدول 1- نتایج آنالیز اسانس کندر مورد بررسی با استفاده از

GC/MS		
ترکیب	شاخص درصد	بازداری
آلفا- پینن	3/12	35/17
آلفا- توژن	4/03	11/13
بی- میرسین	4/13	2/09
بتا 0 پینن	5/19	1/5
لیمونین	5/76	7/19
لینالول	5/82	10/7
کمپن	5/94	0/37
پی- سیامین	6/21	13/15
تیموکینون	6/38	5/43
تریپینولن	7/57	0/75
کامفولنال	7/91	0/11
وربنونس	8/23	0/25
آلفا- کوپائن	8/37	1/34
آلفا- ترپینن	8/41	1/24
بتا- کاروفیلن	9/13	0/95
گرماکرین دی	9/21	2/27
سراتول	9/54	0/76
بورنول	9/83	0/28
متیل بوتانات	9/92	1/48
کادینن	10/12	1/11
ناشناس	10/15	0/68
ناشناس	10/17	0/05
جمع کل	-	98

همچنین Dima و همکاران (2014) ترکیبات اسانس 6 گونه مختلف موسیر را شناسایی نمودند و گزارش کردند ترکیبات عمده و اصلی اسانس در گونه‌های مختلف اسانس شامل دی‌آلیل دی‌سولفید (37/90 درصد)، دی‌آلیل تری‌سولفید (28/06 درصد)، آلیل متیل تری‌سولفید (7/26 درصد)، دی‌آلیل سولفید (6/59 درصد)، دی‌آلیل تتراسولفید (4/14 درصد) و آلیل متیل دی‌سولفید (3/69 درصد) بود.

pH نمونه‌ها با استفاده از pH متر، مامتر<sup>1</sup> (Methrom، سوئیس) و اندازه‌گیری اسیدیته قابل تیترا بر حسب (اسید لاکتیک) با استفاده از سود یک دهم نرمال و فنل فتالین با استفاده از استاندارد ملی ایران به شماره 2852 اندازه‌گیری شد (ISIRI NO. 2852, 2006). اندازه‌گیری رطوبت، بر اساس استاندارد ملی ایران، به شماره 1753 انجام شد (ISIRI NO. 1753, 2002). برای اندازه‌گیری نمک، از روش تیترسنجی موهر مطابق با استاندارد ملی ایران، به شماره 1809 انجام شد (ISIRI NO. 1809, 1977).

### ارزیابی حسی

تاثیر افزودن اسانس‌های کندر و موسیر بر ویژگی‌های حسی پنیر با استفاده از آزمایش قابلیت پذیرش حسی توسط 10 نفر ارزیاب آموزش دیده با روش هدونیک 5 نقطه‌ای بر روی ویژگی‌های عطر، طعم، بافت و پذیرش کلی صورت پذیرفت. و با توجه به اینکه تیمارهای مورد آزمون آلوده به لیستریا شده بودند برای بخش آزمون حسی از پنیر سفید آب نمکی حاوی غلظت‌های مختلف اسانس کندر و موسیر استفاده شد بدون اینکه به میکروب لیستریا مونسیتوژنر آلوده شوند. ارزیاب‌ها صفات طعم، بو، بافت و پذیرش کلی را با استفاده از یک رتبه‌بندی به صورت 1، 2، 3، 4، 5 و 1 به ترتیب برای بسیار خوب، خوب، متوسط، بد، بسیار بد انجام گردید (ISIRI NO. 3442, 2008).

### تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

به منظور بررسی ویژگی‌های کمی و معنی‌داری داده‌ها با وجود 10 تیمار و 3 تکرار از آنالیز واریانس یک‌طرفه و برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون دانکن در سطح 95% اطمینان استفاده شد و برای تجزیه و تحلیل داده‌های آماری از نرم‌افزار مینی‌تب 16 استفاده شد.

### نتایج و بحث

#### آنالیز ترکیبات اسانس‌های کندر و موسیر

نتایج حاصل از آنالیز ترکیبات اسانس‌های کندر و موسیر توسط دستگاه کروماتوگرافی گازی متصل به طیف نگار جرمی شامل نوع و درصد تشکیل‌دهنده و شاخص بازداری در جدول شماره 1 و 2 مشخص شده است. 22 نوع ترکیب شیمیایی در اسانس کندر شناسایی شد. بیش‌ترین ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس بترتیب شامل  $\alpha$ -پینن و پی‌سین  $\alpha$ -توژن به ترتیب در غلظت‌های 35/17 و 13/15 و 11/13 درصد بود. 28 نوع ترکیب شیمیایی در اسانس موسیر شناسایی شد. بیش‌ترین ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس به ترتیب شامل دی‌آلیل دی‌سولفید و متیل‌متیل تیومتیل دی‌سولفید به ترتیب در غلظت‌های 17/23 و 11/18 درصد بودند. مکانیسم عملکردی اسانس‌ها

1/14	13/60	پیپریتون اکسید
0/28	14/40	3- سولفین پروپانات
0/19	15/10	متیل مریستات
0/37	17/23	بنزیل بنزوات
0/57	19/48	اتیل هگزادکانوات
99/11		جمع کل

آن‌ها تفاوت در مقدار و نوع ترکیبات شناسایی شده در اسانس‌ها را به عوامل متعددی مانند اختلاف گونه، شرایط آب و هوایی، نوع خاک منطقه رویش، شرایط نگهداری و مدت زمان نگهداری نمونه‌ها نسبت دادند. تفاوت در ترکیب اسانس‌های مختلف نوع ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و مقدار آن را تحت الشعاع قرار داده و بر خصوصیات آنتی‌اکسیدانی آن‌ها تاثیر دارد. محمدی و عربشاهیدلویی (1394) ترکیبات موثره و فعالیت آنتی‌اکسیدانی اسانس اولئوگم رزین کندر را بررسی کردند. نتایج حاصل از بررسی و شناسایی ترکیبات اسانس کندر با روش کروماتوگرافی گازی با طیف‌سنج جرمی نشان داد بیشترین ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس بترتیب شامل هیدروکربن‌های ترپنوئیدی مانند  $\alpha$  - پینن (29/8 درصد)،  $\alpha$  - توژن (5/92 درصد)،  $\beta$  - پینن (3/41 درصد)، پی - سیمین (3/16 درصد) بود. اسانس روغنی اولئوگم رزین کندر ترکیبی از مونو، دی و سزکویی ترین‌ها است، همچنین سایر ترکیبات فنولیک و یک الکل دی‌ترپنی به نام سراتول نیز در اسانس این اولئوگم رزین یافت شد.

#### حداقل غلظت مهارکنندگی MIC و حداقل غلظت کشندگی

MBC غلظت‌های مختلف اسانس‌های کندر و موسیر نتایج به‌دست آمده از این مطالعه نشان داد که میزان MIC و MBC اسانس موسیر در برابر باکتری لیستریا مونوسیتوزنز به ترتیب 0/05% و 0/01% بود و میزان MIC و MBC اسانس کندر در برابر باکتری لیستریا مونوسیتوزنز به ترتیب 0/5% و 0/65% بود. در مطالعه Durairaj و همکاران (2009) MIC عصاره‌ی آبی سیر بر باکتری اشرفشیاکولای و کلبسیلا پنومونیا، پروتئوس میرابیلیس و استافیلوکوکوس اورئوس به ترتیب 7،8، 9 و 18 میلی‌گرم در میلی‌لیتر گزارش شد. در مطالعه دیگری تیموری (1388) روی اسانس مرزه بختیاری میزان MIC بر حسب mg/ml برای باکتری‌های استافیلوکوکوس اورئوس، سودوموناس آئروژینوزا و باسیلوس سرئوس به ترتیب 250، 125 و 2250 گزارش شد همچنین میزان MBC برای هر سه باکتری <math>1000</math> بر حسب mg/ml اندازه‌گیری شد.

#### تغییرات شمارش میکروارگانیزم لیستریا مونوسیتوزنز

مطالعات مختلف درباره‌ی ترکیبات موسیر نشان می‌دهد که دی‌آلیل دی‌سولفید و دی‌آلیل تری‌سولفید دو ماده‌ی اصلی موسیر را تشکیل می‌دهد. احسانی و همکاران (1390) گزارش کردند ترکیبات عمده موجود در موسیر دی‌آلیل دی‌سولفید و تری‌سولفید متیل - 2 - پروپنیل و دی‌سولفید متیل 1 - پروپنیل به ترتیب باغلظت‌های 20/05، 18/6 و 11/20 درصد بود. در مطالعه‌ی Vanvuuren و همکاران (2010) که ترکیبات اسانس 20 گونه مختلف کندر را شناسایی نمودند و طبق یافته‌های آنها ترکیبات عمده اسانس در گونه‌های مختلف اسانس شامل  $\alpha$  - پینن (64/7 - 2 درصد)،  $\alpha$  - توژن (52/4 - 0/3 درصد)،  $\beta$  - پینن (13/1 - 0/3 درصد)، میرسن (22/4 - 1/1 درصد)، سیمین (16/9 - 2/7 درصد)، لیمونن (20/4 - 1/3 درصد)، سایینن (7 - 0/5 درصد) و  $\beta$  - کاربوفینن (10/5 - 0/1 درصد) بود.

#### جدول 2- نتایج آنالیز اسانس موسیر مورد بررسی با استفاده از GC/MS

ترکیب	شاخص درصد	بازداری
دی متیل دی سولفید	2/12	0/12
2- متیل پنتنال	3/15	2/34
۲،۵- دی اتیلیفوفن	3/18	0/76
دی متیل تری سولفید	3/90	9/12
متیل متیل تیمتیل دی سولفید	4/87	11/18
دیال دی سولفید	5/13	17/23
ان - دوداکن	5/45	2/98
بوتان اسید - متیل استر	5/90	1/58
هگزنال	6/14	0/17
2-متیل، 2 پروپنال	6/19	2/33
پروپانال دی اتیل استال	6/67	0/84
دی متیل تری سولفید	6/90	8/11
متیلنیوپروپیل الی دی سولفید	6/98	6/79
1-بوتان، 1-متیل تیوزد	7/60	7/15
متیل پروپیل ترسولفید	7/77	6/16
۳،۲،۱-بنزنتریپنول	8/19	4/75
تری سولفید دیپروپیل	8/78	2/02
متیل 1- پروپنیل دی سولفید	9/36	3/45
هگزاهیدروفارنسل استون	9/85	0/56
۳،۵-هپتانادیون	10/43	1/30
متیل لینولات	11/52	0/87
آلیل پروپیل دی سولفید	12/23	1/61
پیپریتون	13/47	5/14

روغنی موسیر بررسی گردید. روغن موسیر در غلظت‌های 5 و 10 میلی‌مول دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی فوق‌العاده‌ای بوده و همچنین عصاره موسیر مانع از رشد 4 گونه باکتری مهم منتقله از طریق غذا شامل لیستریا مونوسی‌توزنر، استافیلوکوکوس اورئوس، سالمونلا و اشریشیاکلاسی O:157 H7 گردید. رهبر و همکاران (1383) اثرات ضدباکتریایی عصاره تام موسیر را بررسی کردند. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که عصاره موسیر دارای خاصیت ضدباکتریایی و مهارکنندگی بر علیه باکتری‌های گرم مثبت و باسیل‌های گرم منفی می‌باشد. حداقل غلظت مهارکنندگی برای باسیل‌های گرم منفی شامل اشریشیاکولی، کلسیلا پنمونیه و پروتئوس میرابیلیس 624-78 میکروگرم در میلی‌لیتر بود. در حالی که حداقل غلظت مهارکنندگی برای پسودوموناس آئروژنوزا 80-20 میلی‌گرم در میلی‌لیتر بود. حداقل مهارکنندگی برای سویه‌های استافیلوکوکوس اورئوس و استافیلوکوکوس اپیدرمیدیس به ترتیب 312-156 و 312-5/19 میکروگرم در میلی‌لیتر بود. و این نتیجه نشان‌دهنده مقاومت بالای این باکتری در مقابل عوامل ضد میکروبی است. خاصیت ضدباکتریایی عصاره موسیر به واسطه ترکیبات تیوسلفاناتی آن می‌باشد. محمدی و همکاران (1385) فعالیت ضدقارچی اسانس کندر بر علیه ایزوله‌های بالینی مقاوم و حساس کاندیدا آلبیکنس به فلوکونازول را بررسی کردند. نتایج حاصل از بررسی که تعداد نمونه‌ها در این تحقیق 50 ایزوله قارچ کاندیدا آلبیکنس بوده که 25 ایزوله حساس به فلوکونازول و 25 ایزوله مقاوم به فلوکونازول بودند. در گروه ایزوله‌های حساس به فلوکونازول سه ایزوله تا رقت 1/32 اسانس، هفت ایزوله تا رقت 1/128 و هشت ایزوله تا رقت 1/256 اسانس رشد نکردند. در گروه ایزوله‌های مقاوم به فلوکونازول یک ایزوله تا رقت 1/32، شش ایزوله تا رقت 1/64، هشت ایزوله تا رقت 1/128 و ده ایزوله تا رقت 1/256 اسانس رشد نکردند. با توجه به این که اسانس کندر بر روی همه ایزوله‌های به‌کار رفته در تحقیق اثر مهاری داشته می‌توان آن را اسانسی موثر بر روی قارچ کاندیدا آلبیکنس در شرایط آزمایشگاهی معرفی و بررسی‌های بالینی اثرات ضدقارچی آن را توصیه نمود

نتایج تغییرات شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها در جدول شماره 3 گزارش شده است. همانطور که مشاهده می‌شود قابلیت زنده‌مانی لیستریا مونوسی‌توزنر با افزایش زمان نگهداری به‌طور معنی‌داری ( $p \leq 0/05$ ) کاهش یافت. به‌طوریکه میزان باکتری لیستریا مونوسی‌توزنر در روز اول تولید در تمامی نمونه‌های مورد آزمون اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند و سپس طی دوره نگهداری تعداد آن به شکل معنی‌داری در تمامی تیمارها کاهش یافت. استفاده از اسانس‌های کندر و موسیر، باعث کاهش شدیدتر شمارش کلنی‌های باکتری لیستریا مونوسی‌توزنر نسبت به نمونه شاهد طی دوره نگهداری گردید به‌طوریکه پایین‌ترین میزان باکتری لیستریا مونوسی‌توزنر پس از 60 روز نگهداری متعلق به نمونه‌های حاوی 0/2 درصد اسانس موسیر بود که میزان باکتری از 1905 cfu/ml به صفر کاهش یافت و پس از آن متعلق به نمونه‌ی حاوی 0/7 درصد اسانس کندر بود که میزان باکتری از 1860 به میزان 14/7 cfu/ml کاهش یافت. از طرفی باکتری لیستریا مونوسی‌توزنر تنها باکتری است که قادر به رشد در مقادیر اشباع نمک می‌باشد به همین دلیل تا روز 60 غلظت بالای نمک نتوانسته مقدار این باکتری را به‌طور موثر کاهش دهد. همچنین باکتری لیستریا مونوسی‌توزنر قادر به رشد در درجه حرارت پایین (4 درجه سانتی‌گراد) می‌باشد. از طرفی روند کاهش میزان باکتری لیستریا مونوسی‌توزنر طی دوره نگهداری در نمونه شاهد بسیار ملایم بود و از 1910 به 815 cfu/ml تنزل پیدا کرد. که دلیل این کاهش می‌تواند به‌دلیل حضور آب نمک موجود در پنی‌های سفید آب نمکی باشد. در بررسی عوامل محیطی بر میزان اثر اسانس کندر و موسیر روی لیستریا مونوسی‌توزنر مشخص شد که افزایش میزان دمای گرمخانه‌گذاری و غلظت نمک و کاهش pH سبب افزایش تاثیر مواد نگهدارنده می‌شود. علت آنکه در غلظت بالای اسانس تعداد باکتری به‌طور کامل صفر نشد، نشان‌دهنده سازگاری بالای لیستریا مونوسی‌توزنر به غلظت‌های بالای نمک و دمای پایین است، همچنین می‌تواند با خروج آن غلظت بالای نمک را تحمل کند (چوبکار و همکاران، 1391). در یک مطالعه Yin و همکاران (2005) اثرات ضدباکتریایی و آنتی‌اکسیدانی عصاره آبی و

جدول 3- تغییرات میکروبی (cfu/ml) پنی‌های سفید آب نمکی حاوی غلظت‌های مختلف اسانس کندر و موسیر طی 60 روز نگهداری

تیمار	نمونه	غلظت اسانس (%)	روز 1	روز 30	روز 60
T <sub>1</sub>	اسانس کندر	0/5	1835±21/2 <sup>aA</sup>	581±94/8 <sup>bB</sup>	143/5±9/19 <sup>bC</sup>
T <sub>2</sub>		0/6	1945±77/8 <sup>aA</sup>	415±42/4 <sup>cB</sup>	92±18/49 <sup>bC</sup>
T <sub>3</sub>		0/7	1860±84/9 <sup>aA</sup>	93/5±9/2 <sup>deB</sup>	14/7±1/06 <sup>cB</sup>
T <sub>4</sub>	اسانس موسیر	0/05	1925±35/4 <sup>aA</sup>	175±14/1 <sup>deB</sup>	17/85±0/21 <sup>cB</sup>
T <sub>5</sub>		0/1	1995±148/5 <sup>aA</sup>	87/5±10/6 <sup>deB</sup>	14/55±0/49 <sup>cB</sup>
T <sub>6</sub>		0/2	1905±77/8 <sup>aA</sup>	13/1±0/5 <sup>eB</sup>	0/00±0/00 <sup>dC</sup>
T <sub>7</sub>	کندر+موسیر	0/1 +0/6	1955±63/6 <sup>aA</sup>	179±22/6 <sup>dB</sup>	89/5±0/64 <sup>cC</sup>
T <sub>8</sub>	شاهد 1	0	1910±84/9 <sup>aA</sup>	1730±42/4 <sup>aA</sup>	815±49/50 <sup>aB</sup>



1: پنی‌های سفید آب نمکی بدون اسانس کندر و موسیر

نتایج به صورت میانگین  $\pm$  انحراف معیار نشان داده شده است.

<sup>a-c</sup> حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار ( $p \leq 0/05$ ) در هرستون می‌باشد. <sup>A-C</sup> حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار ( $p/0/05$ ) در هرسطر می‌باشد.

موسیر، به‌طور موثری مانع فساد اکسیداتیو چربی پنیر می‌شود. در پژوهش انجام شده توسط Rasmay و همکاران (2012) حفظ ویژگی‌های حسی و پارامترهای شیمیایی پنیر خامه‌ای طعم‌دار شده با اسانس رزماری و پونه کوهی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل از تاثیر حفاظتی این اسانس‌ها در پنیر در برابر تخریب اکسیداتیو بود. مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره 1-2344، میزان پروتئین پنیر رسیده در آب نمک در رنج 13 تا 14 درصد و چربی نمونه‌های پنیر آب نمکی در رنج 20 تا 21 درصد بود که مغایرتی با استاندارد ملی نداشت (ISIRI NO. 2344-1, 2016).

### پروتئین و چربی

در انتهای دوره رسیدن و نگهداری همانطور که در جدول شماره 4 مشاهده می‌شود، افزودن درصدهای مختلف اسانس کندر و موسیر تاثیر معنی‌داری ( $p > 0/05$ ) بر روی تغییرات پروتئین و چربی در روز اول تولید نداشته است. با توجه به نتایج به‌دست آمده علت بررسی پروتئین و چربی در پنیر آب نمکی این است که افزایش غلظت ترکیبات آنتی‌اکسیدانی نظیر  $\alpha$ -پینن و دی‌آلیل دی‌سولفید در اسانس کندر و

جدول 4- تغییرات درصد پروتئین و چربی پنی‌های سفید آب نمکی حاوی غلظت‌های مختلف اسانس کندر و موسیر در روز اول تولید\*

تیمار	نمونه	غلظت اسانس (%)	پروتئین (%)	چربی (%)
T <sub>1</sub>	اسانس کندر	0/5	14/920 $\pm$ 0/141 <sup>a</sup>	18/560 $\pm$ 0/042 <sup>a</sup>
T <sub>2</sub>		0/6	15/080 $\pm$ 0/042 <sup>a</sup>	18/345 $\pm$ 0/035 <sup>a</sup>
T <sub>3</sub>		0/7	14/930 $\pm$ 0/113 <sup>a</sup>	18/355 $\pm$ 0/077 <sup>a</sup>
T <sub>4</sub>	اسانس موسیر	0/05	14/850 $\pm$ 0/071 <sup>a</sup>	18/545 $\pm$ 0/063 <sup>a</sup>
T <sub>5</sub>		0/1	14/975 $\pm$ 0/177 <sup>a</sup>	18/425 $\pm$ 0/021 <sup>a</sup>
T <sub>6</sub>		0/2	14/975 $\pm$ 0/247 <sup>a</sup>	18/460 $\pm$ 0/084 <sup>a</sup>
T <sub>7</sub>	کندر + موسیر	0/1 + 0/6	15/175 $\pm$ 0/106 <sup>a</sup>	18/410 $\pm$ 0/127 <sup>a</sup>
T <sub>8</sub>	شاهد <sup>1</sup>	0	15/015 $\pm$ 0/163 <sup>a</sup>	18/485 $\pm$ 0/077 <sup>a</sup>

1: پنی‌های سفید آب نمکی بدون اسانس کندر و موسیر

نتایج به صورت میانگین  $\pm$  انحراف معیار نشان داده شده است.

<sup>a-c</sup> حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار ( $p \leq 0/05$ ) در هرستون می‌باشد.

<sup>A-C</sup> حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار ( $p/0/05$ ) در هرسطر می‌باشد.

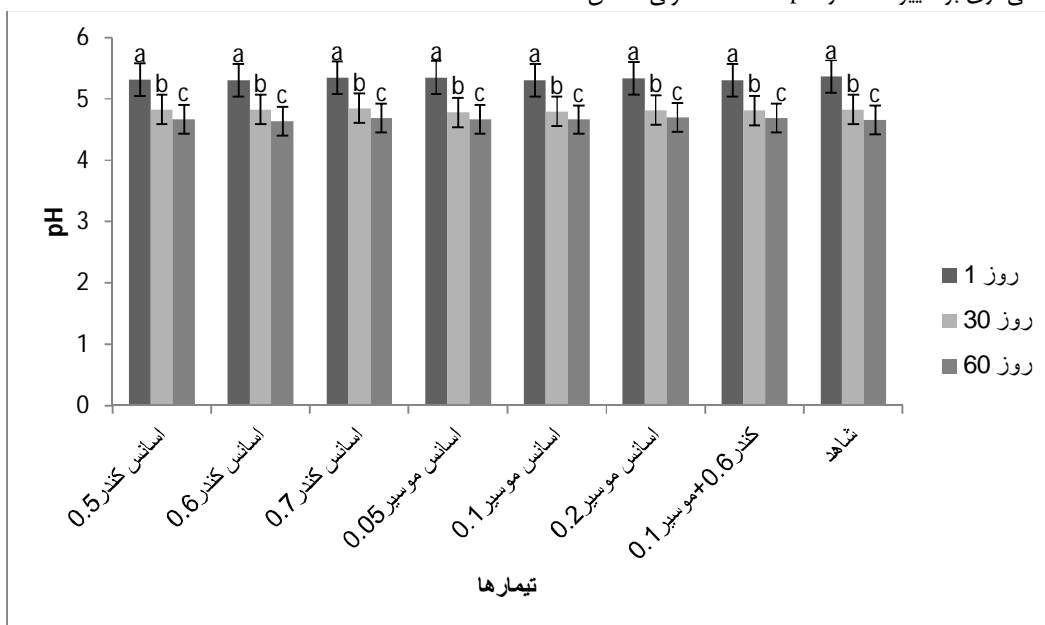
### pH و اسیدیته

در طی نگهداری مواد غذایی اسیدیته کل و pH از فاکتورهای مهم نگهداری می‌باشند. نتایج تغییرات pH و اسیدیته پنی‌های سفید آب نمکی طی 60 روز نگهداری به‌ترتیب در شکل 1 و 2 گزارش شده است. همانطور که مشاهده گردید مقادیر pH و اسیدیته تمامی تیمارها تا روز 60ام به‌ترتیب به‌طور معنی‌داری کاهش و افزایش یافت ( $p \leq 0/05$ ). در ضمن اسانس کندر و موسیر در مقایسه با گروه کنترل در غلظت‌های مختلف خود اثر معنی‌داری ( $p > 0/05$ ) بر تغییرات مقادیر pH و اسیدیته نداشتند. بدین ترتیب در روز 60ام نگهداری کمترین میزان pH و اسیدیته به‌ترتیب متعلق به نمونه‌ی حاوی 0/6 درصد اسانس کندر (T<sub>2</sub>) و شاهد بود و بیشترین مقدار به‌ترتیب متعلق به نمونه‌ی حاوی 0/2 درصد اسانس موسیر (T<sub>6</sub>) و شاهد بود. نتایج حاصل از ارزیابی تغییرات pH و اسیدیته پنیر در مراحل مختلف تهیه و نگهداری نمونه‌های این تحقیق

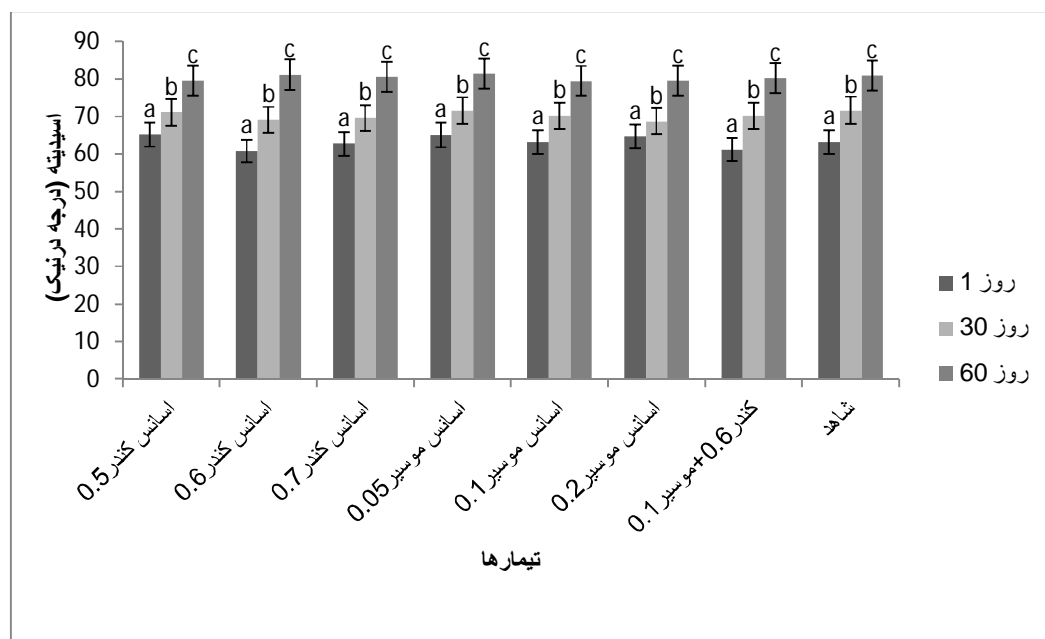
نشان‌دهنده فقدان تاثیر غلظت‌های مختلف اسانس کندر و موسیر بر میزان pH و اسیدیته است با افزایش طول دوره نگهداری تا روز 60ام، شاهد کاهش pH و افزایش اسیدیته در تمام نمونه‌های پنیر آب نمکی به صورت معنی‌دار بودیم ( $p \leq 0/05$ ) و علت این امر به طبع مربوط به فعالیت استارترها و باکتری‌های تولیدکننده اسید لاکتیک بود که با تخمیر لاکتوز اسید لاکتیک تولید می‌کنند در نتیجه اسیدیته را افزایش و pH را کاهش می‌دهند. این روند با نتایج گزارش شده توسط Tarakci و Kucukoner (2006) در مورد pH و اسیدیته پنیر سفید آب نمکی در طول دوره رسیدن مطابقت داشت. به عبارتی با توجه به ارزیابی تغییرات pH پنیر در مراحل مختلف تهیه و نگهداری، غلظت‌های مختلف اسانس‌های موسیر و کندر تاثیر معنی‌داری بر رشد و فعالیت باکتری‌های آغازگر مولد اسید لاکتیک ندارند. و با وجود اثرات ضد میکروبی اسانس‌ها بر روی مهار باکتری‌های گرم مثبت، این تاثیر

pH در تمامی تیمارهای مورد آزمون طی دوره نگهداری مشاهده گردید. همچنین محمودی و همکاران (1389) گزارش کردند میزان pH پنیر با به کارگیری عصاره پونه کوهی و افزایش غلظت عصاره تغییر نکرد و عصاره پونه کوهی بر فعالیت باکتری‌های اسیدلاکتیک بی اثر بوده است.

بر روی باکتری‌های مولد اسید لاکتیک چشمگیر نبوده است. احسانی و همکاران (1390) از اسانس‌های موسیر و بادیان به عنوان ترکیبات ضد میکروبی در فرمولاسیون پنیر سفید آب نمکی استفاده نمودند و گزارش نمودند استفاده از اسانس‌های موسیر و بادیان در مقایسه با شاهد هیچگونه اثر معنی‌داری بر تغییرات مقدار pH نداشته است ولی کاهش



شکل 1- تغییرات pH پنیرهای سفید آب نمکی حاوی غلظت‌های مختلف اسانس کندر و موسیر طی 60 روز نگهداری

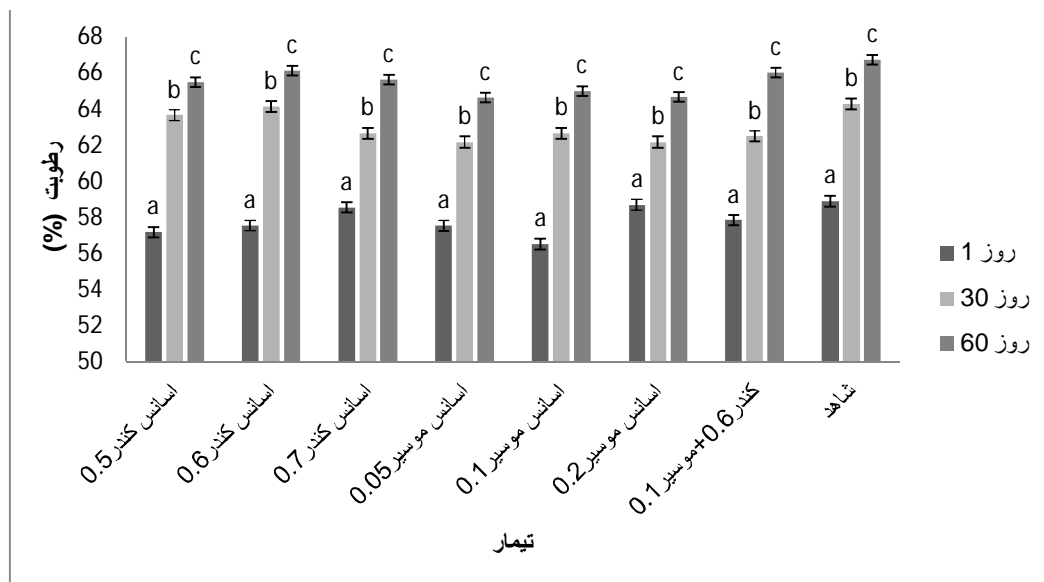


شکل 2- تغییرات اسیدیته (درجه دورنیک) پنیرهای سفید آب نمکی حاوی غلظت‌های مختلف اسانس کندر و موسیر طی شصت روز نگهداری

رطوبت لخته پنیر در روز شصتم نسبت به روز اول این است که با قرار دادن پنیر در آب نمک و با گذشت زمان و افزایش دما ضریب نفوذ آب به بافت پنیر، رطوبت افزایش پیدا می‌کند. نتایج حاصل از اندازه‌گیری میزان رطوبت نمک در نمونه‌های پنیر با تحقیقات فراهانی و همکاران (2014) مطابقت داشت. از طرفی علت افزایش رطوبت می‌تواند به دلیل فعالیت ضد میکروبی اسانس‌ها دانست که با نفوذ در غشای باکتری باعث متلاشی شدن و خروج و نشت آن از بافت پنیر می‌گردد که این امر می‌تواند باعث افزایش رطوبت با گذشت زمان نگهداری شود.

### رطوبت

نتایج تغییرات رطوبت پنی‌های سفید آب نمکی طی 60 روز نگهداری در شکل 3 گزارش شده است. همانطور که مشاهده شد مقادیر درصد رطوبت تمامی تیمارها به‌طور معنی‌داری تا روز 60م افزایش یافت. به‌طوریکه بالاترین درصد رطوبت متعلق به تیمار شاهد و پایین‌ترین میزان متعلق به نمونه حاوی 0/05 درصد اسانس موسیر (T4) بود. نتایج بررسی رطوبت پنیر نشان‌دهنده فقدان تاثیر غلظت‌های مختلف اسانس کندر و موسیر بر میزان رطوبت است که علت افزایش



شکل 3- تغییرات درصد رطوبت پنی‌های سفید آب نمکی حاوی غلظت‌های مختلف اسانس کندر و موسیر طی شصت روز نگهداری

فشار اسمزی بین رطوبت پنیر و آب نمک، حرکت آهسته‌ای از طرف مولکول‌های آب نمک به سمت بافت پنیر انجام می‌گیرد و در نتیجه میزان نمک در طی زمان نگهداری افزایش می‌یابد ( $p \leq 0/05$ ). مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره 1809 میزان نمک پنیر آب نمکی باید حداقل 3 و حداکثر 5 باشد که میزان نمک کلیه نمونه‌های پنیر آب نمکی در همین محدوده بود و مغایرتی با استاندارد ملی نداشت (ISIRI 1809, 1977). نتایج حاصل از اندازه‌گیری میزان نمک در نمونه‌های پنیر با تحقیقات Milci و همکاران (2004) مطابقت داشت. همچنین Aly و Galal (2002) بیان کردند میزان نمک پنی‌های غیرپاستوریزه نسبت به پنی‌های پاستوریزه بیشتر بود.

### ارزیابی حسی

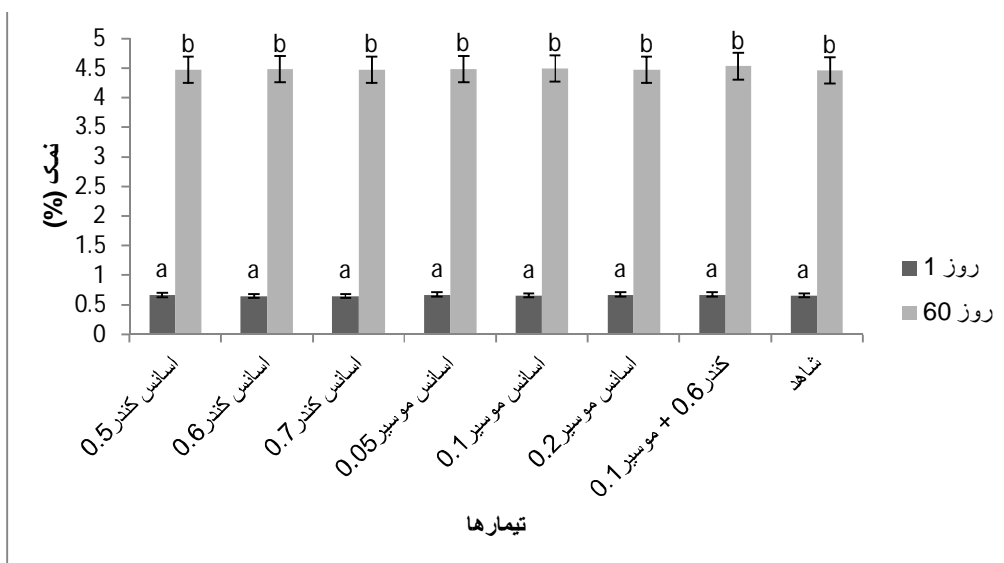
نتایج ارزیابی حسی نمونه‌های پنیر سفید آب نمکی با غلظت‌های مختلف اسانس کندر و موسیر در جدول شماره 5، مشاهده می‌شود. مطابق با نتایج اختلاف معنی‌داری ( $p > 0/05$ ) بین نمونه شاهد و سایر

### نمک

نتایج تغییرات نمک پنی‌های سفید آب نمکی طی 60 روز نگهداری در شکل 4 گزارش شده است. همانطور که مشاهده شد مقادیر درصد نمک تمامی تیمارها به‌طور معنی‌داری تا روز 60م افزایش یافت. به‌طوریکه بالاترین درصد نمک متعلق به نمونه حاوی 0/6 اسانس کندر (T6) و پایین‌ترین میزان متعلق به نمونه شاهد (T8) بود. غلظت نمک در پنیر به مقدار اولیه افزوده شده، نوع نمک، دمای پنیر و pH بستگی دارد. افزودن نمک به پنیر از طریق پاشیدن نمک خشک بر سطح پنیر یا از طریق قرار دادن تکه‌های پنیر در داخل آب نمک و معمولاً با ترکیبی از آن دو انجام می‌گیرد. جذب نمک در پنیر در طول مرحله تولید و دوره رسیدن انجام می‌گیرد و معمولاً بعد از اتمام مرحله تخمیر لاکتوز نیز ادامه می‌یابد. علت افزایش میزان نمک لخته پنیر در روز شصتم نسبت به روز اول می‌تواند به این دلیل باشد لخته در روز اول در آب نمک قرار نداشته و سپس در آب نمک قرار گرفت و مولکول‌های NaCl به صورت یون‌های  $Na^+$  و  $Cl^-$  به سبب اختلاف

به نمونه 0/05 درصد اسانس موسیر بود که اختلاف معنی‌داری با نمونه شاهد نداشت. در مطالعه صورت گرفته توسط شعبانی و همکاران (1391) پنیرهای مختلفی با روغن‌های گیاهی تولید کردند و اعلام کردند که افزودن روغن‌های گیاهی تاثیر نامطلوبی بر میزان ویژگی‌های حسی محصول نمی‌گذارد که مطابق با نتایج این تحقیق بود.

تیمارهای مورد آزمون پس از طی 60 روز نگهداری، از لحاظ امتیاز طعم، بو، بافت و پذیرش کلی مشاهده نگردید. که علت این امر می‌تواند به دلیل بی‌طعمی اسانس کندر و طعم مطلوب اسانس موسیر هنگام افزودن به محصولات لبنی باشد که باعث شد این دو اسانس کاهش معنی‌داری بر روی طعم، بو، بافت و پذیرش کلی نداشتند ( $p > 0/05$ ). نتایج نشان داد بالاترین امتیاز پذیرش کلی پس از نمونه شاهد متعلق



شکل 4- تغییرات درصد نمک پنیرهای سفید آب نمکی حاوی غلظت‌های مختلف اسانس کندر و موسیر طی شصت روز نگهداری

جدول 5- امتیاز خواص حسی پنیرهای سفید آب نمکی حاوی غلظت‌های مختلف اسانس کندر و موسیر پس از شصت روز نگهداری (روز شصتم)

تیمار	نمونه	غلظت اسانس (%)	طعم	بو	بافت	پذیرش کلی
T1	اسانس کندر	0/5	4/875 ± 0/106 <sup>a</sup>	4/450 ± 0/212 <sup>a</sup>	4/700 ± 0/282 <sup>a</sup>	4/550 ± 0/353 <sup>a</sup>
T2		0/6	4/575 ± 0/388 <sup>a</sup>	4/500 ± 0/141 <sup>a</sup>	4/775 ± 0/106 <sup>a</sup>	4/500 ± 0/282 <sup>a</sup>
T3		0/7	4/750 ± 0/212 <sup>a</sup>	4/400 ± 0/141 <sup>a</sup>	4/600 ± 0/424 <sup>a</sup>	4/500 ± 0/141 <sup>a</sup>
T4	اسانس موسیر	0/05	4/850 ± 0/070 <sup>a</sup>	4/500 ± 0/141 <sup>a</sup>	4/650 ± 0/254 <sup>a</sup>	4/645 ± 0/063 <sup>a</sup>
T5		0/1	4/825 ± 0/106 <sup>a</sup>	4/375 ± 0/035 <sup>a</sup>	4/830 ± 0/099 <sup>a</sup>	4/455 ± 0/063 <sup>a</sup>
T6		0/2	4/675 ± 0/106 <sup>a</sup>	4/250 ± 0/070 <sup>a</sup>	4/795 ± 0/019 <sup>a</sup>	4/205 ± 0/289 <sup>a</sup>
T7	کندر + موسیر	0/1 + 0/6	4/500 ± 0/141 <sup>a</sup>	4/150 ± 0/212 <sup>a</sup>	4/775 ± 0/247 <sup>a</sup>	4/565 ± 0/091 <sup>a</sup>
T8	شاهد <sup>1</sup>	0	4/825 ± 0/106 <sup>a</sup>	4/350 ± 0/212 <sup>a</sup>	4/715 ± 0/120 <sup>a</sup>	4/800 ± 0/141 <sup>a</sup>

1: پنیرهای سفید آب نمکی بدون اسانس کندر و موسیر  
 نتایج به صورت میانگین ± انحراف معیار نشان داده شده است.  
<sup>a-c</sup> حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار ( $p \leq 0/05$ ) در هرستون می‌باشد.

اثر ضد میکروبی اسانس کندر و موسیر بر باکتری لیستریا مونوسیتوزنر در پنیر سفید آب نمکی طی 60 روز نگهداری مورد ارزیابی قرار گرفت. در بررسی حاضر مشخص گردید غلظت‌های مختلف اسانس‌های مذکور

## نتیجه‌گیری

مطالعات مختلف نشان داده‌اند که بیشترین میزان آلودگی لبنیات به لیستریا مونوسیتوزنر در شیر خام و پنیر نرم بوده است. در این مطالعه

از 60 روز نگهداری تمام باکتری‌های لیستریا مونوسیژنوز از بین رفتند. استفاده از اسانس‌های کندر و موسیر اثر معنی‌داری بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و خواص حسی پنیرهای سفید آب نمکی در مقایسه با شاهد نداشتند ( $p > 0/05$ ). بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که اسانس‌های موسیر و کندر می‌توانند به‌عنوان نگهدارنده‌های طبیعی بر علیه میکروارگانیسم‌های عامل فساد و پاتوژن در بسیاری از محصولات غذایی از جمله پنیر به‌منظور کاهش یا جایگزینی نگهدارنده‌های شیمیایی و مصنوعی مورد توجه قرار گیرند

و نیز مدت زمان نگهداری بر کاهش رشد و بقاء باکتری لیستریا مونوسیژنوز تأثیر معنی‌داری داشتند و با افزایش غلظت اسانس میزان باکتری به شکل معنی‌داری کاهش یافت، به‌طوری‌که که در انتهای دوره نگهداری نمونه‌های حاوی غلظت‌های بالاتر اسانس کندر (0/7%) و موسیر (0/2%) در مقایسه با شاهد از نظر ممانعت از رشد و کاهش بقاء باکتری لیستریا مونوسیژنوز موثرتر بودند. می‌توان نتیجه‌گیری کرد قدرت ضد میکروبی اسانس‌ها متفاوت بوده و اسانس موسیر نسبت به اسانس کندر اثرات ضد لیستریایی قوی‌تری داشت به‌طوری‌که با استفاده از 0/2 درصد اسانس موسیر در فرمولاسیون پنیر سفید آب نمکی پس

## منابع

- Adelakun, E.A., Finbar, E.A., Agina, S.E., & Makinele, A.A., 2001, Antimicrobial activity of *Boswelliadalzielii* stem bark. *Fitoterapia*, 72(7), 822-824.
- Aly, S.A., Galal, E.A., 2002, Effect of milk pretreatment on the keeping quality of Domiti cheese. *Pakistan journal of Nutrition*, 132-136, (4).
- Alizadeh, M., Hamed, M., & Khosrowshahi, A., 2006, Modeling of proteolysis and lipolysis in Iranian white brine cheese. *Food chemistry*, 97, 294-301.
- Choobkar, N., Akhondzadeh Basti, A., Soltani, M., Sari, A.A., Emami Rad, A., Ghaeni, M., Roomiani, L., 2012, Effect of different concentrations of sodium chloride on the growth of *Staphylococcus aureus* and *Listeria monocytogenes* in salted Silver Carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) fish fillets. *Journal of Food Health*, 1(4), 1-9.
- Delaquis, P.J., Stanich, K., Girad, B., Mazza, G., 2002, Antimicrobial activity of individual and mixed fractions of dill, cilantro, coriander and eucalyptus essential oils. *international. into journal food Microbial*. 74(1-2), 101-109.
- Durairaj, S., Srinivasan, S., Lakshmanaperumalsamy, P., 2009, in vitro Antibacterial Activity and Stability of Garlic Extract at Different pH and Temperature. *Elctonic Journal of Bio*, 5, 5-10.
- Dima, M., Anne-Sylvie, F.T., Emmanuel, P., Tayssir, H., Nancy, N., Christine, F., Xavier, F., Farid C, 2014., Chemical Composition, Antibacterial and Antioxidant Activities of Six Essentials Oils from the *Alliaceae* Family. *Journal molecules*, 19, 20034-20053.
- Ehsani, A., Mahmoudi, R., Zare, P., & Hasany, A., 2011, Biochemical properties and antimicrobial effects of *Allium ascalonicum* and *Pimpinella anisum* essential oils against *Listeria monocytogenes* in white brined cheese. *Journal of Food Industry Research*, 21(3), 307-328.
- Fewic, G.R., Hanley, A., 1985, The genus *Allium*-part critical reviews. *Food science nutrition*, 23(1), 1-73.
- Farahani, G., Ezat panh, H., Abbasi, S., 2014, Evaluation of some physicochemical, rheological and tissue properties of white cheeses of salt water (Golpayegan cheese) during the period of reaching. *Food Science and Nutrition*, 11(3), 5-20.
- Guillermo, A., Susana, E., Amelia, C., 2006, Secondary proteolysis of Fynbo cheese salted with NaCl/KCl brine and ripened at various temperatures. *Food chemistry*, 96, 297-303.
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI), 1977, of measuring the amount of salt methods. Iranian National Standardization Organization (INSO). Standard No. 1809.
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI), 2001, Iranian white cheese production methods. Iranian National Standardization Organization (INSO). Standard No. 5772.
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI), 2002, of measuring the amount of measurement methods. Iranian National Standardization Organization (INSO). Standard No. 1753.
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI), 2004, of measuring the amount of Protein methods. Iranian National Standardization Organization (INSO). Standard No. 1811.
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI), 2006, of measuring the amount of Fat methods. Iranian National Standardization Organization (INSO). Standard No. 8587.
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI), 2006, of measuring the amount of pH and acidity methods. Iranian National Standardization Organization (INSO). Standard No. 2852.
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI), 2008, of Sensory tests methods. Iranian National Standardization Organization (INSO). Standard No. 3442.
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI), 2016, Characteristics and method of cheese test in salt water. Iranian National Standardization Organization (INSO). Standard No. 2344-1.
- Khosravi, A., Malekan, M.A., 2004, Determination of Alcoholic and aqueous extract of Lavender *Astvkas* on *Staphylococcus aureus* and other Gram-negative bacteria. *The journal of Qazvin University of Med Science*, 29, 3-9.



- Milci, S., Goncu, A., Alpkent, Z., Yaygin, H., 2005, Chemical, microbiological and sensory characterization of Halloumi cheese produced from ovine, caprine and bovine milk. *International Dairy Journal*, 15, 625- 630.
- Mohammadi, R., Yadegari, M.H., Moattar, F., Shams. M., 2006, Antifungal activity of *Boswellia serrata*'s essential oil against fluconazole resistant and susceptible isolates of *Candida albicans*. *Journal of Isfahan Medical School*, 24(82), 30-36.
- Moshak, Z., Moradi, B., Akhondzadeh Basti, A., Abbas Yafar, A., Gandami, G., 2008, Study of the behavior of bacteria of *Listeria monocytogenes* during Iranian white cheese production process the influence of *Zataria multiflora* essential oil. *Journal of Medicinal Plants*, 8(1), 114-122.
- Mohammadpoor Kanzaq, H., Noroozi, M., Mohammadpoorasl, A., Zavoshi, A., 2015, Study of Anti-*Listeria* Effects of *Stachys Lavandulifolia* Vahl Essential Oil in Ardabil Traditional Cheese. *Bimonthly Journal of Sabzevar University of Medical Sciences*, 22(4), 612-621.
- Mohammadi, A., Arabshahi doloei, S., 2015, Antioxidant Activity of Oli Gum Extract of Chamomile Resin in Soybean Oil. *Journal of Iranian Food Science and Technology Researches*, 12(4), 477-488.
- Rahbar, M., Hosseini Taghavi, S.A., Diba, K., Heydari, A., 2004, Study of antibacterial effects of *Allium hirtifolium*. *Journal of Medicinal Plants*, 4(13), 27-29.
- Rahimi, E., Behzadnia, A., Shakerian, A., Momtaz, H., 2012, Frequency of *Listeria* species from raw milk traditional cheese and ice-cream in shahrekord and Shiraz. *Microbial world*, 2(4), 243-248.
- Rasmy, N., Hassan, A., Mervat, I., El- Moghay, M., 2012, Assessment of the Antioxidant Activity of sage (*Salvia officinalis* L) Extracts on shelf life of Mayonnaise. *Dairy and food Science*, 7(1), 28-40.
- Shabani, J., Mirzaei, H.A., Habibi najafi. M.B., Jafari, S.M., 2012, Optimization of Cheese Formulation Extensive Process with Vegetable Oils. Publication of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. p. 32.
- Tarakci, Z., Kucukoner, E., 2006, Changes on physicochemical, lipolysis and proteolysis of vacuum packed Turkish kashar cheese during ripening. *Journal of central european agriculture*, 7(3), 459-464.
- Teimouri, M., 2009, Oil analysis and investigate the antimicrobial activity Savory *Satureja bachtiarica* in Ardabil. *Research Journal of Plant Science*, 4(2), 19-26.
- Van Vuuren, S.F., Kamatou, G.P.P., Viljoen, A.M., 2010, Volatile composition and antimicrobial activity of twenty commercial frankincense essential oil samples. *South African Journal of Botany*, 76, 686-691.
- Yin, M.C., HSU, P.C., Chang, H.H., 2005, In vitro antioxidant and antibacterial activity of shallot and Scallion. *Journal food Science*, 68.

## Investigating the sensory properties and antimicrobial effect of frankincense and shallots essential oil on *Listeria monocytogenes* bacteria in white brined cheese

F. Sadeghi<sup>1</sup>- L. Nateghi<sup>2\*</sup>

Received: 2019.05.26

Accepted: 2019.09.04

**Introduction:** There have been great efforts to find safe and potent natural antioxidants from various plant sources. Due to the side effects of chemical preservatives and as a support of the idea for consumption of green natural food, demand for studies on the antimicrobial properties of natural preservatives and essential oils on the important food borne pathogens in vitro and in food products has been increased. Medicinal plants are complex natural mixtures which contain compounds at quite different concentrations, and their antioxidant activities are due to many substances including some vitamins, flavonoids, terpenoids, carotenoids, phytoestrogens, minerals, etc. Essential oils existed in some herbs or their antioxidant components as preservative agents in food makes them to be proposed as potential substitutes of synthetic antioxidants in food stuff. Antioxidants are also widely used as additives in fats and oils and in food processing to prevent or delay spoilage of foods regarding to the harmful effects of synthetic preservatives on consumers' health, there is an increasing attention, both in food industry and authorities, to medicinal and aromatic plants as natural preservatives in food products. White brined cheese is a kind of hard cheese which is produced from raw milk of cow, lamb and the main characteristics of the taste are pickling and salinity. White cheese, salt water, including products that may be at the time of manufacture or during storage by microorganisms such as *Listeria*. The objective of the present study was to investigate physicochemical properties, anti-microbial and sensory properties of frankincense essential oil and shallot oil in white brined cheese.

**Material and methods:** The whole treatments in this research were included: T0 (control), T1 (0.5% (w/w%) Frankincense and 0% shallots essential oil), T2 (0.6% (w/w%) Frankincense and 0% shallots essential oil), T3 (0.7% (w/w%) Frankincense and 0% shallots essential oil), T4 (0% Frankincense and 0.05% (w/w%) shallots essential oil), T5 (0% Frankincense and 0.1% (w/w%) shallots essential oil), T6 (0% Frankincense and 0.2% (w/w%) shallots essential oil), T7 (0.6% Frankincense and 0.1% (w/w%) shallots essential oil). In order to produce a white brine cheese, in the first step, the raw milk was pasteurized at 72 °C for 15 seconds and cooled at 35°C, then 5 liters of milk were poured into each of the sterile specialty dishes. Then, *Listeria monocytogenes* (103 cfu / ml) were then inoculated into milk samples. In the next step frankincense essential oil concentrations (0.5%, 0.1%, 0.6%) and shallot oil concentrations (0.05%, 0.1%, 0.2%) and mixture (0.1%+ 0.6%) were added. Then 0.02% (w/v) calcium chloride was added and after 0.5 % (w/w) of starter culture containing *lycoplactic bacteria Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophiles* were added into the milk samples and mixed. Finally, after the milk pH reached about 6.5, 0.001% (w/v) of microbial rennet was also added (Sanjiu Mito Japan Co.) After dissolving it, sterile water was added into the milk at 35 °C and 8 minutes for milk coagulation resting time was given. After coagulation (60 min), the cheese samples were cut into 1-2 cm slices and wrapped in a cloth to be kept in room temperature for 6 hours under 12 kg weight plates for dewatering. Coagulants were impregnated in 20% (w/v) salt water for 6-8 hours after cheese samples were cut while transferring to 8% salt water at 12-14 ° C for 15 days. Therefore, samples after the initial arrival time to arrive at the final arrival were kept at 4 ° C for 60 days (ISIRI NO. 5772, 2001). The essential oils chemical composition were determined by gas chromatography equipped with mass spectroscopy (GC/MS). GC-MS analysis of the essential oil was performed using Agilent-Technologies 6890N. Physicochemical, microbial and sensory properties of samples immediately on days 1, 30, 60 were measured but protein and fat on day 1 after produced were measured. Total protein was determined by macro kjeldahl method with national standard No. 1811 (Anonymous, 1383). Fat was determined by Gerber's method with national standard No. 8587. pH was determined by a MA-Mettler pH-meter and titratable acidity (percentage of lactic acid) was determined by 0.1 normal and phenolphthalein as identifiers using national standard No. 2852 (Anonymous, 1385). Level of moisture was determined by national standard No. 1753 (Anonymous, 1381). Salt percentage was determined by Moher method with national standard No. 1809 (Anonymous, 1356). To measure the number of *Listeria monocytogenes*, the microorganisms were measured in Palcam Agar Surface cultivation method at 30°C for 72 hours (Khosravi and Malekan, 2004). Sensory

Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran

(\* - Corresponding Author Email: leylanateghi@yahoo.com)

analysis was performed by 10 trained panelists using a five point hedonic method with scales of one (very good), two (good), three (average), four (bad), and five (very bad) for taste, smell, texture, and overall acceptability with national standard No. 3442 (Anonymous, 1387). In order to design the treatments, a completely randomized design with factorial arrangement was used. For data comparison, Duncan's test was used at 95% confidence level. Minitab 16 software was used to analyze the statistical data.

**Results and discussion:** The results showed that the antimicrobial essential oils of the highest possible antimicrobial against *Listeria monocytogenes* was shallots average number of bacterial treatments 0.2% essential oil shallots (T5) and 0.7% Frankincense essential oil (T3) at the end of the maintenance period cheese was  $0.147 \times 10^2$  cfu/ml and 0.000 cfu/ml, respectively, when compared with other treatments maximum reduction showed ( $p \leq 0.05$ ). Sensory evaluation results showed that the control cheeses had the highest sensory acceptability. Given that treatment with 0.2 shallot oil had the highest germicidal effect and organoleptic properties statistically significant difference between treatment and control samples were not mentioned. Therefore, the use of essential oils 0.2% in the formulation of white cheese shallot salt water in order to prevent the growth of *Listeria monocytogenes* is recommended and the treatment was selected as the best treatment.

**Keywords:** White brine cheese, *Listeria monocytogenes*, Frankincense, shallots, essential oil.

## مقاله علمی - پژوهشی

# ارزیابی محتوی آلفا و گاماتوکوفرول در بادام درختی، فندق، بادام‌زمینی و پسته در طی فرآیند برشته کردن

رضا فرهمندفر<sup>1\*</sup> - سمیه سلمانی<sup>2</sup> - هدا فهیم<sup>2</sup>

تاریخ دریافت: 1397/07/15

تاریخ پذیرش: 1398/06/23

### چکیده

برشته کردن یکی از فرآیندهایی است که مقدار ترکیبات مغزهای خوراکی را تغییر می‌دهد. هدف از این مطالعه بررسی تاثیر شرایط برشته کردن بر میزان محتوی آلفا و گاماتوکوفرول بود. در مطالعه حاضر، اثر دما (120 و 150 درجه سانتی‌گراد)، و زمان (صفر، 20، 30 و 40 دقیقه) برشته کردن بر میزان آلفاتوکوفرول و گاماتوکوفرول باقی مانده در چهار مغز بادام درختی، فندق، بادام‌زمینی و پسته مورد بررسی قرار گرفت. برشته کردن یکی از روش‌های معمول فرآوری مغزهای خام بوده که می‌تواند بر مقدار توکوفرول مغزها اثر بالایی داشته باشد. نتایج نشان دادند که مقدار آلفاتوکوفرول بادام درختی در دمای 120 درجه سانتی‌گراد و گاماتوکوفرول در هر دو دمای اعمالی در طول 20 دقیقه ابتدایی برشته کردن افزایش یافته ولی با ادامه فرآیند تا 40 دقیقه مقدار آن کاهش یافت. در فندق، بادام‌زمینی و پسته نیز مقدار آلفا و گاماتوکوفرول تا دقیقه 20، افزایش یافته ولی در ادامه حرارت‌دهی کاهش یافت. به‌طور کلی در دمای 150 درجه سانتی‌گراد، پس از 20 دقیقه میزان توکوفرول مغزها شروع به کاهش کرد در حالی که در دمای 120 درجه سانتی‌گراد روند کاهشی پس از 30 دقیقه نمود یافت. افزایش مقدار توکوفرول‌ها در ابتدای برشته کردن به سبب آسیب دیواره‌های سلولی بوده و توکوفرول‌های متصل به ترکیباتی همچون فسفولیپیدها با سهولت بیشتری خارج می‌شوند. در ادامه برشته کردن، به دلیل حساسیت این ترکیبات به حرارت، تجزیه حرارتی آنها رخ داده و کاهش می‌یابند.

**واژه‌های کلیدی:** بادام درختی، بادام‌زمینی، برشته کردن، پسته، فندق

### مقدمه

E بر سیستم ایمنی و بیماری‌هایی همچون سرطان، بیماری‌های قلبی - عروقی و ... نیز توجه محققان را به‌خود جلب نموده است (Wagner *et al.*, 2004).

برشته کردن یکی از روش‌های قدیمی فرآوری مغزها و دانه‌ها می‌باشد که سبب ایجاد طعم و مزه متفاوت در آنها می‌گردد (Schlörmann 2015). در حقیقت برشته کردن سبب تغییراتی در ترکیب شیمیایی و ریزساختار دانه‌ها و مغزها شده که از جمله آنها کاهش میزان آب، تغییر رنگ، تغییر چربی و... را می‌توان نام برد. همچنین برشته کردن در نتیجه واکنش میلارد سبب تولید ترکیبات موثره عطر و طعم در این فرآورده‌ها می‌گردد (Alamprese *et al.*, 2009). از طرفی، حرارت در حین برشته کردن می‌تواند سبب تغییر مقدار اجزای مغزها از جمله ترکیبات ویتامینی، آنتی‌اکسیدانی و... شود (Ballistreri

مغزها منبع غنی از کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها و نیز ترکیبات زیست‌فعال همچون پلی‌فنول‌ها، پلی‌استرول‌ها، توکوفرول‌ها و توکوترینول‌ها می‌باشند (Jensen and Lauridsen, 2007). توکوفرول‌ها شامل هشت همولوگ طبیعی هستند که همگی خانواده ویتامین E را تشکیل می‌دهند (Chun, 2002). ویتامین E به‌عنوان یک ترکیب آنتی‌اکسیدانی به‌خوبی شناخته شده است، این دسته از ترکیبات با مهار رادیکال‌های آزاد، مانع از آسیب به بافت‌ها می‌شوند (Butinar *et al.*, 2011). در بین ایزومرهای ویتامین E، آلفاتوکوفرول بیشترین فعالیت و توان بیولوژیکی را داشته و گاماتوکوفرول نیز به‌عنوان ایزومری که بالاترین پتانسیل حذف رادیکال‌های آزاد را دارد، شناخت می‌شود (Grilo *et al.*, 2014). همچنین در سال‌های اخیر اثر ویتامین

\* - نویسنده مسئول: (Email: r.farhamndfar@sanru.ac.ir  
DOI: 10.22067/iffstrj.v16i4.75820

1 و 2 - به‌ترتیب دانشیار و دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.  
3 - کارشناس، آزمایشگاه کنترل مواد خوراکی، آشامیدنی و آرایش بهداشتی، معاونت غذا و دارو، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه.

### تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

در این تحقیق، تجزیه و تحلیل نتایج در قالب فاکتوریل، با طرح آماری کاملاً تصادفی و در سه تکرار انجام گرفت. مقایسه میانگین با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان 95% انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده نرم‌افزار SAS و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel صورت پذیرفت.

### نتایج و بحث

#### بادام درختی

تغییرات میزان آلفا و گاماتوکوفرول در شکل 1 آورده شده است. با توجه به شکل، حرارت‌دهی در دمای 150 درجه سانتی‌گراد به مدت 20 دقیقه و دمای 120 درجه سانتی‌گراد به مدت 30 دقیقه سبب افزایش میزان آلفاتوکوفرول بادام درختی شد که با افزایش زمان حرارت‌دهی میزان آن سیر نزولی یافت. میزان گاماتوکوفرول نیز در هر دو دمای حرارت‌دهی با 20 دقیقه حرارت دادن افزایش اندکی داشته ولی با افزایش زمان مقدار آن رو به کاهش گذاشت که این کاهش در دمای 150 درجه سانتی‌گراد با شیب شدیدتری نمایان شد. در این مطالعه میزان آلفاتوکوفرول در نمونه‌های بادام درختی به‌طور کلی بسیار بالاتر از میزان گاماتوکوفرول بود که با مطالعات پیشین در این رابطه مطابقت داشت (Kodad *et al.*, 2006). تاکنون گزارشات مبنی بر تغییرات میزان آلفاتوکوفرول در بادام درختی برشته شده و خام تحت تاثیر برشته کردن روندهای بسیار متفاوتی را نشان داده‌اند. علیرغم این که گزارشات بسیاری در رابطه با تخریب و از بین رفتن توکوفرول‌ها با افزایش زمان برشته کردن وجود دارد (Pokorny *et al.*, 2001) در مطالعه ای که توسط Delgado-Zamarreno و همکاران (2001) انجام شد، گزارش گردید که میزان آلفاتوکوفرول بادام درختی خام پس از برشته کردن افزایش می‌یابد. روند تغییرات متناقض آلفاتوکوفرول پیش و پس از برشته کردن می‌تواند مرتبط با واریته بادام مورد استفاده باشد. در این رابطه Garcia-Pascual و همکاران (2003) گزارش کردند که میزان آلفا توکوفرول در برخی از واریته‌های بادام درختی پس از برشته کردن کاهش یافته (Marcona و Planeta) در حالی که در دو واریته دیگر مورد بررسی (Desmayo Langueta و Nonpareil) توسط آنها پس از برشته کردن میزان آلفاتوکوفرول افزایش یافته بود. افزایش میزان توکوفرول در واریته بادام مورد استفاده در کار ما در ابتدای برشته کردن می‌تواند مرتبط با آسیب به غشاء باشد که در اثر آن توکوفرول به درون روغن حاصله رها شده است (Vaidya and Choe, 2011)، میزان آزاد شدن توکوفرول خصوصاً ایزومر آلفا تحت تاثیر دمای برشته کردن نیز قرار داشت. همانطور که در شکل مشخص است، در دمای پایتتر سرعت تخریب غشاء کمتر بود و میزان آلفاتوکوفرول آزاد شده پس از حدود 30 دقیقه به حداکثر خود رسید این نتایج با داده‌های حاصل از کار

(*et al.*, 2009) با توجه به اهمیت ایزومرهای ویتامین E از نظر فعالیت آنتی‌اکسیدانی و از طرف دیگر حساسیت این ترکیبات نسبت به اکسیداسیون (خصوصاً در مغزهای برشته شده) این مطالعه به دنبال بررسی اثر برشته کردن در آون در دو دمای 120 و 150 درجه سانتی‌گراد در مدت زمان‌های صفر، 20، 30 و 40 دقیقه بر میزان آلفا و گاماتوکوفرول موجود در چهار مغز بادام، فندق، بادام‌زمینی، و پسته انجام شد.

### مواد و روش‌ها

بادام درختی (*Prunus dulcis*)، فندق (*Corylus avellana*)، بادام‌زمینی (*Arachis hypogaea*) و پسته (*Pistacia vera*) از بازارهای محلی شهرهای ساری، تهران و کرمانشاه تهیه گردید. آلفاتوکوفرول و گاماتوکوفرول از sigma-Aldrich تهیه شد. اتیل استات، استیک اسید هگزان با درجه HPLC و اتانول، هیدروکسید پتاسیم و اسکوربیک اسید از Merck خریداری شد.

### شرایط دستگاهی

دستگاه HPLC (Knuer، آلمان) مجهز به پمپ 1000s، دتکتور UV 22600 و ستون (4.6 mm × 25cm, 5µm particle size) supeleosil Ic-si استفاده شد. فاز متحرک هگزان/ اسید استیک/ استات اتیل به ترتیب با نسبت حجمی 1:1:198 بود.

### برشته کردن

مغزهای خام به‌طور جداگانه روی سینی‌های آلومینیومی به‌صورت تک لایه پهن شدند و در یک آون با جابجایی هوا در دو دمای 120°C و 150°C و سه زمان 20، 30 و 40 دقیقه حرارت داده شدند.

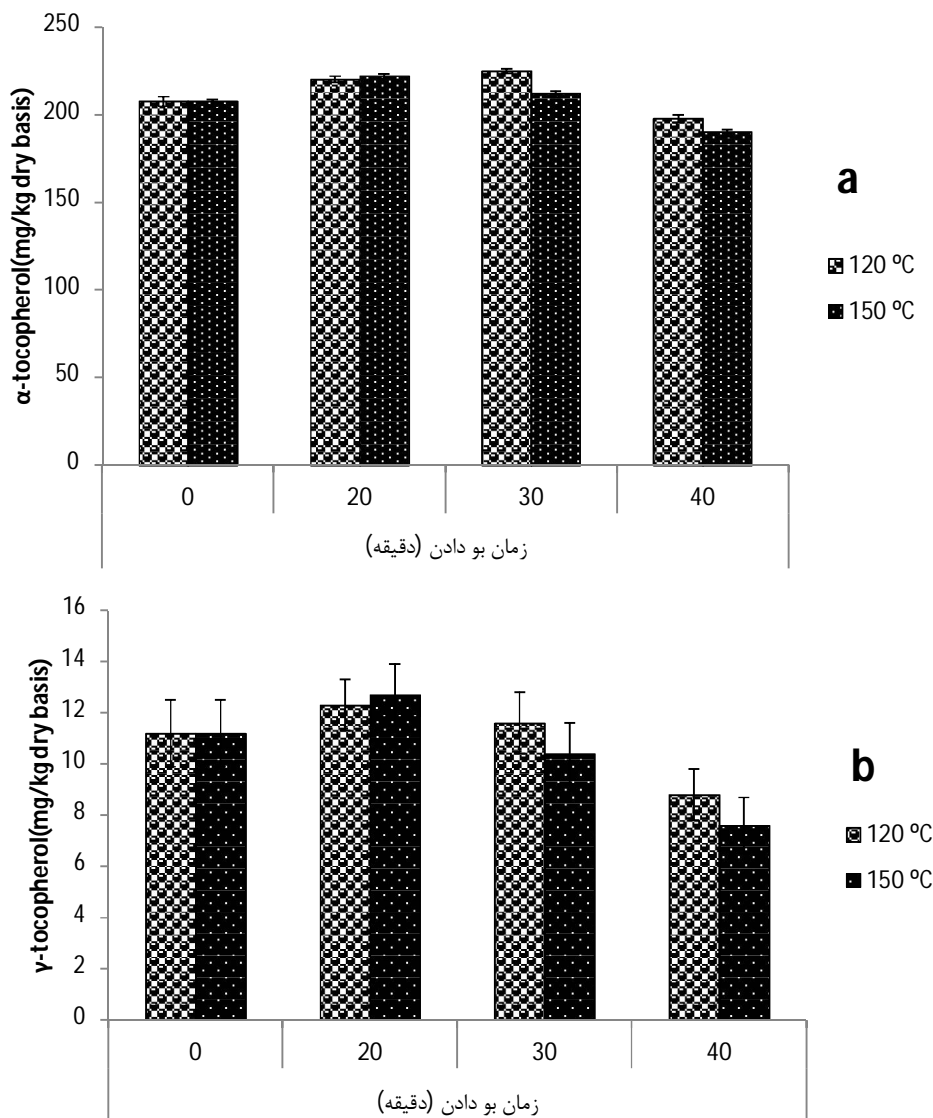
### آماده‌سازی نمونه

نمونه‌ها پس از برشته کردن در شرایط مختلف دمایی و زمانی با استفاده از یک مخلوط‌کن به‌صورت پودر ریز در آمدند. 0/5 گرم نمونه و 0/05 گرم اسکوربیک اسید داخل یک لوله 16 × 125 میلی‌لیتر وزن کرده، 0/5 ml اتانول 90/2% و 0/5 ml پتاس به محتویات لوله اضافه و به مدت 30s ورتکس شد. لوله را به مدت 30 دقیقه در بن‌ماری قرار داده و هرچند وقت یک‌بار ورتکس گردید. سپس به مدت 5 دقیقه در حمام یخ قرار داده، 3 ml آب دیونیزه، 5 ml هگزان به لوله اضافه کرده و برای 30s ورتکس شد. لوله به مدت 10 دقیقه با سانتریفوژ با سرعت 1000 دور بر ثانیه در دمای محیط سانتریفوژ گردید. سپس لایه هگزان را به لوله دیگر انتقال داده و عمل استخراج را با 5 ml هگزان روی لوله اولی انجام داد و لایه هگزان جدا و به لوله دوم اضافه شد. هگزان با استفاده از جریان نیتروژن تبخیر کرده و 1 ml فاز متحرک به لوله اضافه و ورتکس گردید. نمونه حاصل، به دستگاه HPLC تزریق شد.



نشان نداد. به‌طور کلی، با توجه به خروج ترکیبات توکوفرولی از درون سلول‌ها و با افزایش دما و زمان برشته کردن و در نتیجه تخریب اولئوزوم‌ها، احتمال آسیب و تخریب بیشتر چربی و ترکیبات محلول در چربی مانند ویتامین E وجود دارد (Alamprese *et al.*, 2009).

Schlörmann و همکاران (2015) مطابقت داشت با این حال با افزایش زمان برشته کردن تخریب توکوفرول‌های آزاد شده، آغاز گردید. سرعت تخریب آلفاتوکوفرول بین دو دمای اعمالی معنی‌دار بود اما نتایج حاصل از تخریب گاماتوکوفرول در دو دمای ذکر شده تفاوت معنی‌داری را



شکل 1- تغییرات میزان آلفا توکوفرول (a) و گاما توکوفرول (b) در بادام درختی

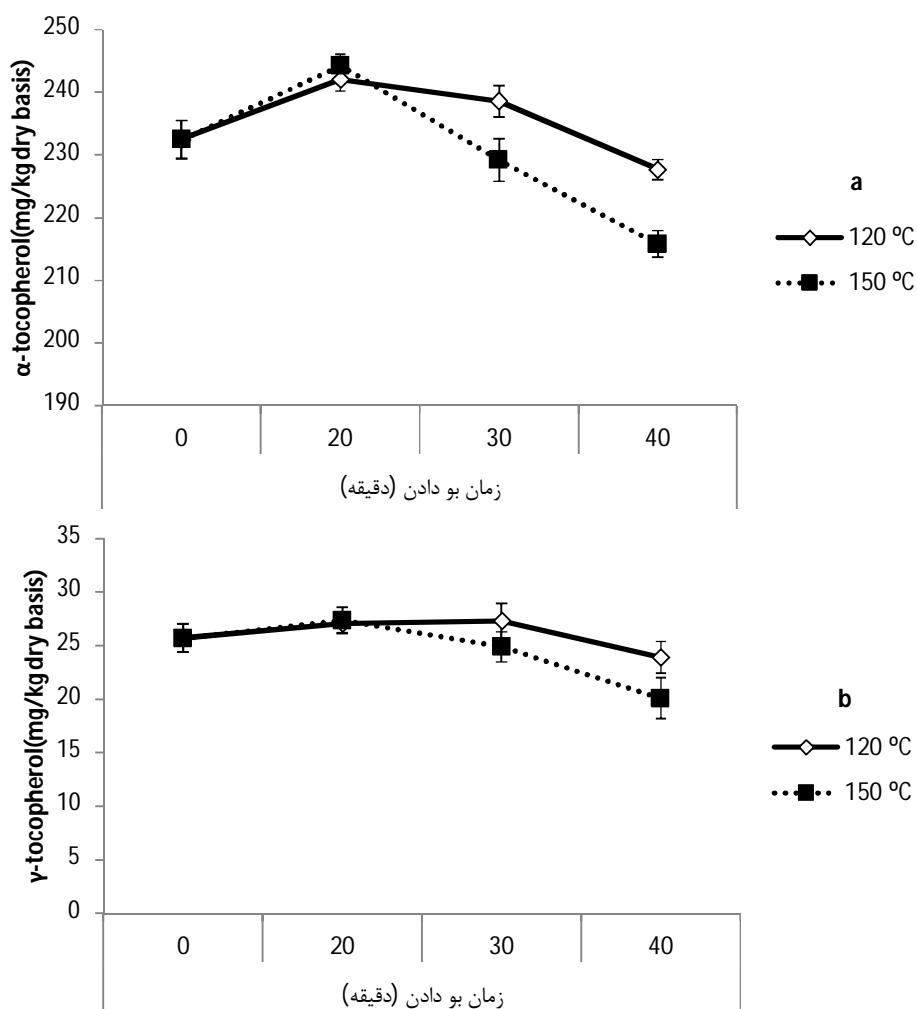
150 درجه سانتی‌گراد بو داده شده بود به‌صورت قابل توجهی کاهش یافت. این روند در دمای 120 درجه سانتی‌گراد ملایم‌تر بود و میزان آلفاتوکوفرول قبل از برشته کردن و پس از 40 دقیقه برشته کردن تفاوت چندانی با هم نداشت. این نتایج با نتایج حاصل از کار Schlörmann و همکاران (2015) مغایرت داشت. آنها گزارش کردند که در هر دو دمای بالا و پایین برشته کردن، میزان آلفاتوکوفرول کاهش قابل

#### فندق

شکل 2 (a و b) تغییرات میزان آلفا و گاماتوکوفرول را طی دو دمای برشته کردن 120 و 150 درجه سانتی‌گراد و زمان‌های مختلف در فندق نشان می‌دهد. مشابه با تغییرات میزان آلفاتوکوفرول در بادام درختی، با افزایش زمان حرارت‌دهی تا 20 دقیقه، در هر دو دمای اعمالی محتوی آلفاتوکوفرول افزایش یافت. در ادامه، میزان آلفاتوکوفرول فندق که در

پیش می‌گیرد. به عبارت دیگر، تیمار دمایی می‌تواند به دلیل فرآیند اکسیداسیون و تخریب دمایی، میزان توکوفرول‌ها را کاهش دهد اما از طرف دیگر توکوفرول‌هایی که متصل به اجزای غشاء (برای مثال فسفولیپیدها) هستند تحت تیمار دمایی راحت‌تر آزاد شده و غلظت توکوفرول‌ها را افزایش می‌دهند. این توجیه با نتایج حاصل از کار ما به‌خوبی مطابقت داشت. همچنین محققین گزارش نمودند که در حرارت‌های بالا سرعت کاهش آلفاتوکوفرول بسیار زیاد بوده و علت آن بیشتر به فرایندهای اکسیداسیون ناشی از حرارت مربوط می‌گردد، در این فرایند رادیکال‌های توکوفروکسیل از توکوفرول‌ها حاصل می‌آیند (Barrera-Arellano *et al.*, 1999; Kamal-Eldin and Appelqvist, 1996).

توجهی می‌یابد. در مقابل Amaral و همکاران (2006) گزارش کردند که با 18 دقیقه برشته کردن فندق‌ها در دمای 185 درجه سانتی‌گراد تنها 9% کاهش آلفاتوکوفرول در فندق‌های بو داده نسبت به انواع خام رخ داده است. اثر دما و زمان روی گاماتوکوفرول فندق تاثیر زیادی نداشت. به عبارتی پس از 20 و 30 دقیقه حرارت‌دهی به‌ترتیب در دماهای 150 و 120 درجه سانتی‌گراد، میزان گاماتوکوفرول اندکی افزایش نشان داد که این افزایش قابل توجه نبوده و در ادامه نیز مقدار آن کاهش یافت. میزان آلفاتوکوفرول نمونه‌ها بالاتر از گاماتوکوفرول بود و در مطالعات قبل نیز بالاتر بودن آلفاتوکوفرول نسبت به گاما گزارش شده است (Taş and Gökmen, 2015). Ciemniowska-Żytkiewicz و همکاران (2015) گزارش کردند که با افزایش زمان و دمای برشته کردن تغییرات محتوی توکوفرولی رفتارهای متفاوتی را در

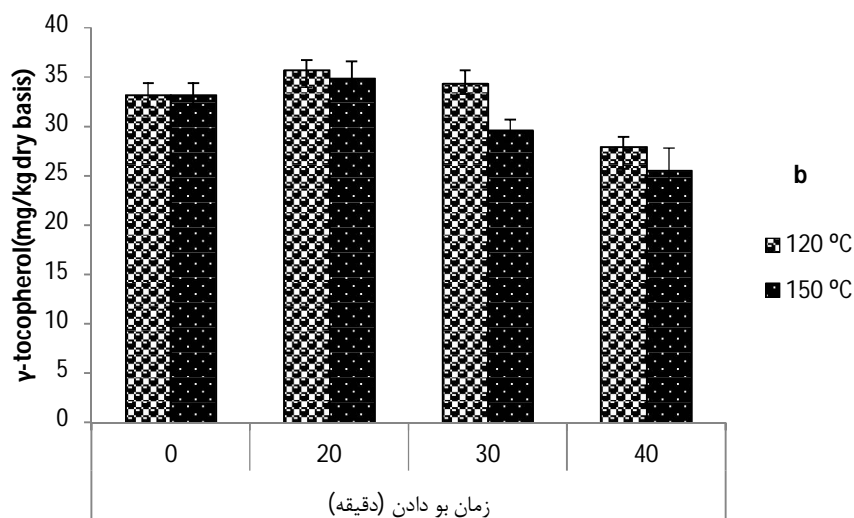
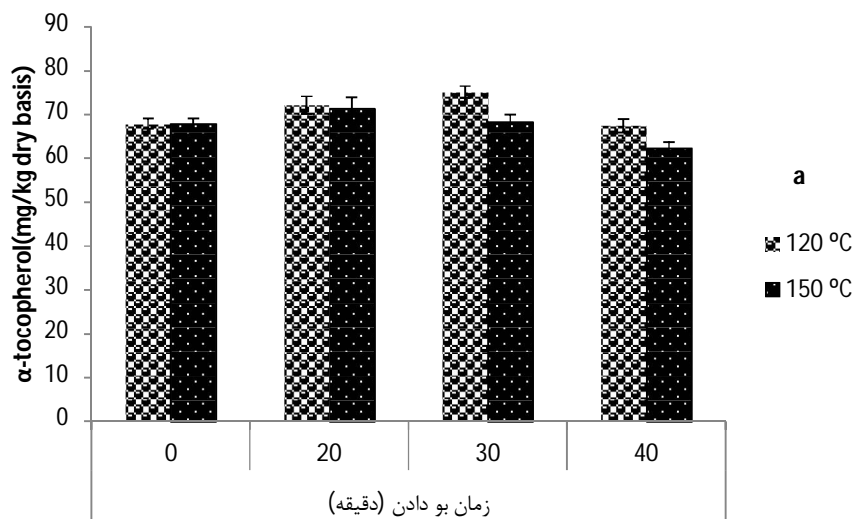


شکل 2- تغییرات میزان آلفا توکوفرول (a) و گاما توکوفرول (b) در فندق

با مقدار تقریبی 40 تا 60 میلی گرم بر کیلوگرم می باشد (Bauernfeind and Desai, 1977)، این تفاوت در مقدار ایزومرهای ویتامین E به فاکتورهای مختلفی چون واریته، شرایط رشد، ناحیه مورد کشت و... بستگی دارد.

### بادام زمینی

بادام زمینی یکی از منابع غنی از توکوفرولها (خصوصا ایزومرهای آلفا و گاما) می باشد (Jonnala و همکاران، 2006). میزان آلفاتوکوفرول این مغز در واریته های مختلف متفاوت بوده اما به طور کلی در مغزهای خام بین 70 تا 90 میلی گرم بر کیلوگرم و بالاتر از میزان گاماتوکوفرول



شکل 3- تغییرات میزان آلفا توکوفرول (a) و گاما توکوفرول (b) در بادام زمینی

نهایی 62/3 میلی گرم بر کیلوگرم رسید. Chun (2002) گزارش کردند که میزان کلی توکوفرول های بادام زمینی طی حرارت دهی در 140 درجه سانتی گراد افزایش اندکی می یابد، ولی برشته کردن در دمای 160 درجه سانتی گراد به مدت 20 دقیقه سبب کاهش آلفاتوکوفرول می گردد. همچنین آنها با کمک تصویربرداری با استفاده از میکروسکوپ الکترونی SEM نشان دادند که سلول های اپیدرمی متورم شده و بافت پارانشیمی بادام زمینی های بو داده از هم گسیخته شده است. با توجه به مطالعات

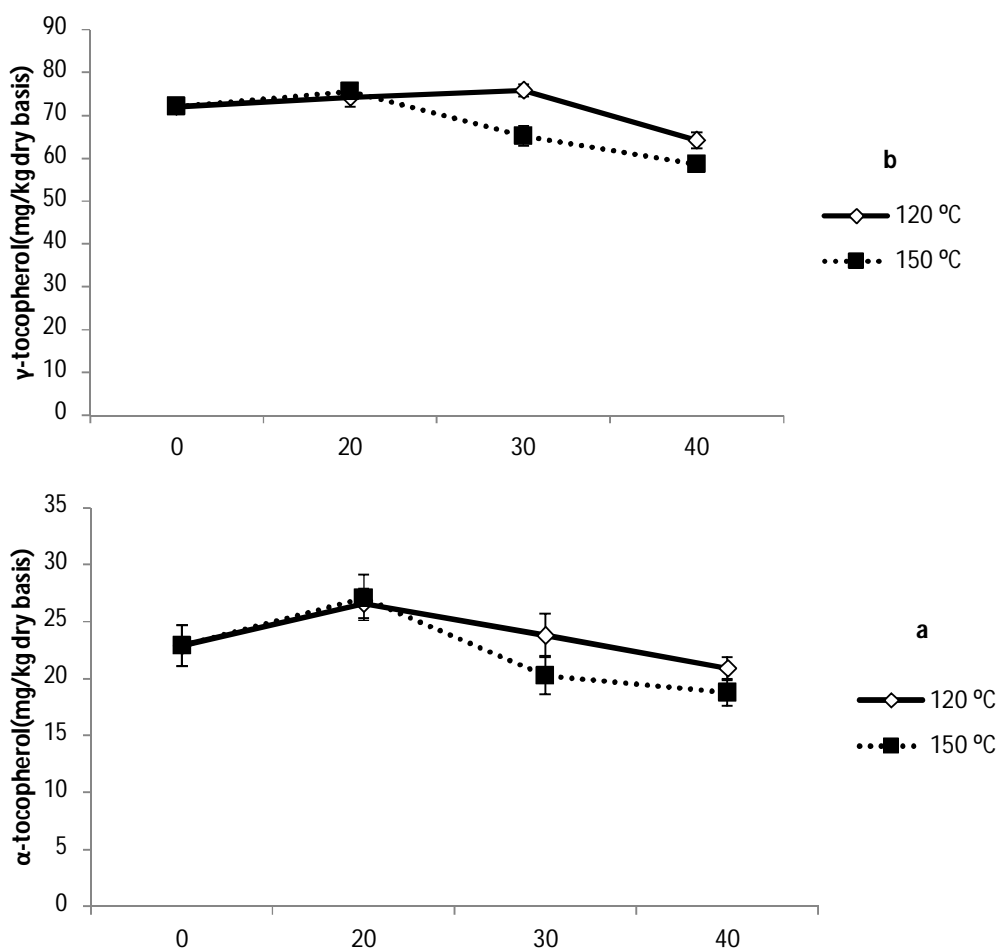
برشته کردن در دمای 120 درجه سانتی گراد به مدت 30 دقیقه موجب افزایش مقدار آلفاتوکوفرول مغز خام از 67/9 تا 75/1 میلی گرم بر کیلوگرم گردید. با این حال با ادامه حرارت دهی تا 40 دقیقه مقدار آن تا مقدار اولیه خود یعنی 67/4 میلی گرم بر کیلوگرم کاهش یافت. این روند در دمای 150 درجه سانتی گراد تفاوت اندکی داشت به این صورت که بعد از 20 دقیقه برشته کردن میزان آلفاتوکوفرول تا 71/3 میلی گرم بر کیلوگرم افزایش یافته و پس از آن با شیب مداومی به مقدار

میزان گاما توکوفرول بادام‌زمینی برشته شده در دمای 150 درجه سانتی‌گراد تا 20 دقیقه و 120 درجه سانتی‌گراد تا 30 دقیقه تقریباً ثابت بوده ولی پس از زمان‌های ذکر شده با شیب ملایم از 33/2 تا حدود 26 میلی‌گرم بر کیلوگرم کاهش یافت، نتایج حاصل از کار ما در رابطه با هر دو آلفا و گاماتوکوفرول با نتایج حاصل از کار Chun (2002) کاملاً مطابقت داشت.

#### پسته

شکل 4 (a و b) به ترتیب نشان‌دهنده تغییرات آلفا و گاماتوکوفرول در پسته‌های برشته شده است.

مختلفی که پیش از این بر روی مغزهای برشته انجام شده است، مشخص شد که اگرچه میزان توکوفرول‌ها به‌طور کلی با افزایش زمان و دمای برشته کردن کاهش می‌یابد، اما باقی ماندن بیش از 80% مقدار اولیه توکوفرول‌ها نسبت به مقدار اولیه نشان‌دهنده پایداری نسبی این ترکیبات نسبت به برشته کردن می‌باشد (Yoshida *et al.*, 2003). همچنین در تطابق با کار ما، Chun (2002) به این نتیجه رسید که حرارت‌دهی می‌تواند با افزایش روغن استحصالی و مهمتر از آن توکوفرول‌هایی که به دیگر اجزا دانه برای مثال پروتئین‌ها، فسفات‌ها یا فسفولیپیدها متصل می‌باشند، میزان این ترکیبات حیاتی را افزایش دهند. همچنین به‌طور کلی در صورتی که دمای برشته کردن کمتر و زمان آن طولانی‌تر باشد مغزها عطر و طعم بهتری پیدا کرده و عمر قفسه‌ای آنها افزایش می‌یابد (Moss and Otten, 1989).



شکل 4- تغییرات میزان آلفاتوکوفرول (a) و گاماتوکوفرول (b) در پسته

در ادامه مقدار آلفاتوکوفرول باقی مانده در پسته‌هایی که تا 40 دقیقه حرارت داده شده بودند با شیب یکنواختی کاهش یافت و به 20/9

در هر دو دمای حرارت‌دهی، برشته کردن تا 20 دقیقه سبب افزایش میزان آلفاتوکوفرول از 22/9 تا حدود 26/9 میلی‌گرم بر کیلوگرم گردید،

همکاران (2016) گزارش کردند که هر دو آلفا و گاماتوکوفرول در روغن پسته تحت تاثیر برشته شدن کاهش می‌یابند، این محققان از دو روش سنتی و میکروویو برای برشته کردن استفاده کرده بودند و این کاهش احتمالاً به‌خاطر شرایط مورد استفاده در فرآیند برشته کردن بوده که سبب تخریب حرارتی این اجزا شده است. کاهش میزان این دو ایزومر ویتامینی با نتایج حاصل از کار ما پس از 30 دقیقه برشته کردن مطابقت داشت. همچنین Schlörmann و همکاران (2015) مشابه با نتایج مطالعه ما به این نتیجه رسیدند که میزان آلفاتوکوفرول به‌جز دمای 185 درجه سانتی‌گراد و به مدت 21 دقیقه تحت تاثیر زمان و دمای برشته کردن قرار نمی‌گیرد، در مقابل گاماتوکوفرول پسته برشته شده در 123/6 درجه سانتی‌گراد به مدت 25 دقیقه نسبت به پسته خام افزایش یافته اما با افزایش زمان و دمای برشته کردن به ترتیب به 152/1 درجه سانتی‌گراد و 20 دقیقه کاهش یافت.

### نتیجه‌گیری

نتایج نشان دادند که دما و زمان برشته کردن هر دو بر محتوی آلفا و گاماتوکوفرول چهار مغز بادام درختی، فندق، بادام‌زمینی و پسته تاثیر دارند. هر دو دمای مورد استفاده در ابتدای حرارت دادن سبب افزایش مقدار دو ایزومر ویتامین E شدند، اما با ادامه حرارت‌دهی، مقدار این دو ایزومر رو به کاهش گذاشت. بیشترین مقدار دو ایزومر برای چهار مغز بو داده شده در دمای 120 درجه سانتی‌گراد پس از 30 دقیقه و در دمای 150 درجه سانتی‌گراد پس از 20 دقیقه به‌دست آمد. از نتایج این تحقیق می‌توان در بهبود فاکتورهای تاثیرگذار (دما و مدت زمان حرارت‌دهی) فرآیند برشته کردن برای حفظ بیشتر ترکیبات مغزی آجیل‌ها در صنعت خشکبار بهره برد.

میلی‌گرم بر کیلوگرم رسید. نمونه‌هایی که در دمای 150 درجه سانتی‌گراد برشته شده بودند نیز با شیب متفاوت ولی کاهشی به مقدار نهایی آلفاتوکوفرول یعنی 18/8 رسیدند. در مورد گاماتوکوفرول نیز همانطور که در شکل 4b مشخص است، افزایش زمان برشته کردن تا 20 دقیقه در دمای 150 درجه سانتی‌گراد سبب می‌شود که میزان گاماتوکوفرول تا 75/7 میلی‌گرم بر کیلوگرم افزایش یابد، برشته کردن در دمای 120 درجه سانتی‌گراد نیز سبب افزایش گاماتوکوفرول تا میزان قبلی شد منتها این افزایش پس از 30 دقیقه برشته کردن به‌دست آمد. پس از 20 و 30 دقیقه برشته کردن پسته‌ها به‌ترتیب در دمای 150 و 120 درجه سانتی‌گراد، میزان گاماتوکوفرول شدیداً کاهش یافته و به‌ترتیب به 58/6 و 64/2 میلی‌گرم بر کیلوگرم پس از 40 دقیقه برشته کردن رسید.

میزان گاماتوکوفرول در پسته خام به‌صورت قابل توجهی بالاتر از آلفاتوکوفرول (72 میلی‌گرم بر کیلوگرم در مقابل 22 میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود. چنین اختلافی در مطالعات پیشین نیز تایید شده است (Bellomo and Fallico, 2007; Catalán *et al.*, 2017; Ozrenk *et al.*, 2012).

Stuetz و همکاران (2017) گزارش کردند که برشته کردن پسته در دمای 140 درجه سانتی‌گراد به مدت 25 دقیقه یا 160 درجه سانتی‌گراد به مدت 15 دقیقه نه تنها باعث کاهش میزان آلفا و گاماتوکوفرول پسته نشده بلکه مقدار آن را نسبت به مغز خام اندکی افزایش داده است، این نتایج با نتایج حاصل از کار Stuetz و همکاران (2017) مطابقت داشت. همچنین Goudarzi و همکاران (2017) که محتوی کل ویتامین E را در پسته‌های بو داده شده در دمای 120 درجه سانتی‌گراد به مدت 30 دقیقه بررسی کرده بودند نیز کاهش معنی‌داری در محتوی کل ویتامین E مشاهده نکردند. با این حال Ling و

### منابع

- Alamprese, C., Ratti, S. and Rossi, M., 2009. Effects of roasting conditions on hazelnut characteristics in a two-step process. *Journal of food engineering*, 95(2), pp.272-279.
- Amaral, J.S., Casal, S., Seabra, R.M. and Oliveira, B.P., 2006. Effects of roasting on hazelnut lipids. *Journal of agricultural and food chemistry*, 54(4), pp.1315-1321.
- Ballistreri, G., Arena, E. and Fallico, B., 2009. Influence of Ripeness and Drying Process on the Polyphenols and Tocopherols of Pistacia vera L. *Molecules*, 14(11), pp.4358-4369.
- Barrera-Arellano, D., Ruiz-Méndez, V., Márquez Ruiz, G. and Dobarganes, C., 1999. Loss of tocopherols and formation of degradation compounds in triacylglycerol model systems heated at high temperature. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79(13), pp.1923-1928.
- Bauernfeind, J.C. and Desai, I.D., 1977. The tocopherol content of food and influencing factors. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 8(4), pp.337-382.
- Bellomo, M.G. and Fallico, B., 2007. Anthocyanins, chlorophylls and xanthophylls in pistachio nuts (*Pistacia vera*) of different geographic origin. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20(3-4), pp.352-359.
- Butinar, B., Bučar-Miklavčič, M., Mariani, C. and Raspor, P., 2011. New vitamin E isomers (gamma-tocomenol and alpha-tocomenol) in seeds, roasted seeds and roasted seed oil from the Slovenian pumpkin variety 'Slovenska golica'. *Food chemistry*, 128(2), pp.505-512.
- Catalán, L., Alvarez-Ortí, M., Pardo-Giménez, A., Gomez, R., Rabadan, A. and Pardo, J.E., 2017. Pistachio oil: A review on its chemical composition, extraction systems, and uses. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 119(5).

- Ciemniewska-Żytkiewicz, H., Verardo, V., Pasini, F., Bryś, J., Koczoń, P. and Caboni, M.F., 2015. Determination of lipid and phenolic fraction in two hazelnuts (*Corylus avellana* L.) cultivars grown in Poland. *Food chemistry*, 168, pp.615-622.
- Chun, J.Y., 2002. *Vitamin E content and stability in peanuts and peanut products during processing and storage* (Doctoral dissertation, uga).
- Delgado-Zamarreno, M.M., Bustamante-Rangel, M., Sanchez-Perez, A. and Hernández-Méndez, J., 2001. Analysis of vitamin E isomers in seeds and nuts with and without coupled hydrolysis by liquid chromatography and coulometric detection. *Journal of Chromatography A*, 935(1-2), pp.77-86.
- García-Pascual, P., Mateos, M., Carbonell, V. and Salazar, D.M., 2003. Influence of storage conditions on the quality of shelled and roasted almonds. *Biosystems Engineering*, 84(2), pp.201-209.
- Goudarzi, S., Sharifi, T. A., Ahmadi, A., Rezapour, S., & Sadighara, P., 2017. Influence of Different Roasting Conditions in the Phenolic Compounds and Antioxidant Capacity of the Pistachio Nuts. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 9(6), pp. 991-993.
- Grilo, E.C., Costa, P.N., Gurgel, C.S.S., Beserra, A.F.D.L., Almeida, F.N.D.S. and Dimenstein, R., 2014. Alpha-tocopherol and gamma-tocopherol concentration in vegetable oils. *Food Science and Technology (Campinas)*, 34(2), pp.379-385.
- Jensen, S.K. and Lauridsen, C., 2007.  $\alpha$ -Tocopherol Stereoisomers. *Vitamins & Hormones*, 76, pp.281-308.
- Jonnala, R.S., Dunford, N.T. and Dashiell, K.E., 2006. Tocopherol, phytosterol and phospholipid compositions of new high oleic peanut cultivars. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(6-7), pp.601-605.
- Kamal-Eldin, A. and Appelqvist, L.Å., 1996. The chemistry and antioxidant properties of tocopherols and tocotrienols. *Lipids*, 31(7), pp.671-701.
- Kodad, O., Socias i Company, R., Prats, M.S. and López Ortiz, M.C., 2006. Variability in tocopherol concentrations in almond oil and its use as a selection criterion in almond breeding. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 81(3), pp.501-507.
- Ling, B., Yang, X., Li, R. and Wang, S., 2016. Physicochemical properties, volatile compounds, and oxidative stability of cold pressed kernel oils from raw and roasted pistachio (*Pistacia vera* L. Var Kerman). *European Journal of Lipid Science and Technology*, 118(9), pp.1368-1379.
- Moss, J.R. and Otten, L., 1989. A relationship between colour development and moisture content during roasting of peanuts. *Canadian Institute of food science and technology journal*, 22(1), pp.34-39.
- Ozrenk, K., Javidipour, I., Yarilgac, T., Balta, F. and Gundogdu, M., 2012. Fatty acids, tocopherols, selenium and total carotene of pistachios (*P. vera* L.) from Diyarbakir (Southeastern Turkey) and walnuts (*J. regia* L.) from Erzincan (Eastern Turkey). *Food Science and Technology International*, 18(1), pp.55-62.
- Pokorny, J., Yanishlieva, N. and Gordon, M.H. eds., 2001. *Antioxidants in food: practical applications*. CRC press.
- Schlörmann, W., Birringer, M., Böhm, V., Löber, K., Jahreis, G., Lorkowski, S., Müller, A.K., Schöne, F. and Glei, M., 2015. Influence of roasting conditions on health-related compounds in different nuts. *Food chemistry*, 180, pp.77-85.
- Stuetz, W., Schlörmann, W. and Glei, M., 2017. B-vitamins, carotenoids and  $\alpha$ - $\gamma$ -tocopherol in raw and roasted nuts. *Food chemistry*, 221, pp.222-227.
- Taş, N.G. and Gökmen, V., 2015. Profiling triacylglycerols, fatty acids and tocopherols in hazelnut varieties grown in Turkey. *Journal of Food Composition and Analysis*, 44, pp.115-121.
- Vaidya, B. and Choe, E., 2011. Effects of seed roasting on tocopherols, carotenoids, and oxidation in mustard seed oil during heating. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 88(1), pp.83-90.
- Wagner, K.H., Kamal-Eldin, A. and Elmadfa, I., 2004. Gamma-tocopherol—an underestimated vitamin? *Annals of nutrition and metabolism*, 48(3), pp.169-188.
- Yoshida, H., Hirakawa, Y., Tomiyama, Y. and Mizushima, Y., 2003. Effects of microwave treatment on the oxidative stability of peanut (*Arachis hypogaea*) oils and the molecular species of their triacylglycerols. *European journal of lipid science and technology*, 105(7), pp.351-358.

## Evaluation of alpha and gamma tocopherol content of almond, hazelnut, peanut and pistachio during roasting process

R. Farahmandfar<sup>1\*</sup>, S. Salmani<sup>2 and 3</sup>, H. Fahim<sup>2</sup>

Received: 2018.10.07

Accepted: 2019.09.14

**Introduction:** Nuts are one of the major resources of bioactive compounds such as tocopherols, tocotrienols, sterols (Jensen and Lauridsen, 2007). Tocopherols include 8 natural homologues that all of them belongs to vitamin E group (Chun, 2002). It is well known that vitamin E has good antioxidant activity and among its isomers,  $\alpha$ -tocopherol and  $\gamma$ -tocopherol have highest biological activity and free radical scavenging, respectively (Grilo et al., 2014). In recent years, the beneficial health effects of vitamin E on some disease such as cancer and heart disorders attract researcher's attentions (Wagner et al., 2004).

Roasting process changes the chemical and nutritional properties of nuts, including antioxidants, vitamins, colors, and aroma mostly through Maillard reaction (Alamprese et al., 2009; Ballistreri et al., 2009). Due to the importance of vitamin E antioxidant activity and its heat sensitivity, the residual amounts of them after different roasting conditions were investigated.

**Materials and methods:** Samples were spreaded in aluminum foil and placed in forced air oven at 120 and 150 °C and different time intervals including 0, 20, 30 and 40 min. After roasting, samples were powdered, then 0.5 g of each sample plus 0.05 g ascorbic acid were added to 0.5 mL ethanol (90.2%) and 0.5 mL KOH and mixed in a tube (16× 125 mm). The tube was then placed in water bath for 30 min. Then, the tube were placed in ice bath for 5 min, then 3 mL deionized water, 5 mL hexane were added to the tube and vortexed for 30 s and centrifuged for 10 min at 1000 rad/s at ambient temperature. The extraction was done twice. Hexane layer evaporated with nitrogen then 1 mL of mobile phase added to tube and vortexed again. Prepared samples then were injected to HPLC (Knuer- Germany).

**Results and discussion:** Based on the obtained results,  $\alpha$ -tocopherol content in almond was more than  $\gamma$ -tocopherol. After 20 and 30 min of roasting, at 150 and 120 °C respectively, the amount of  $\alpha$ -tocopherol slightly increased, while it decreased with increasing roasting time.  $\gamma$ -tocopherol content in almond at both temperatures also increased up to 20 min roasting and decreased till the end of process. In hazelnut, at both temperatures up to 20 min and then decreased till end of roasting process. This trend was shown for peanut tocopherols as well. With increasing in roasting time,  $\alpha$ -tocopherol and  $\gamma$ -tocopherol content decreased to their initial level. It has suggested that tocopherols which attached to the other components such as phospholipids released more conveniently under thermal treatment like roasting which leads to increase their concentrations at initial of thermal process. In pistachio, 150 and 120 °C respectively caused to increase in  $\gamma$ -tocopherol content, respectively while its content decreased up to the end of roasting time (40 min).  $\alpha$ -tocopherol content at both temperatures increased after 20 min, then decreased gradually as time passes. Results indicated that both time and temperature of roasting had a significant effect on  $\alpha$ - and  $\gamma$ -tocopherol of four nuts. Although both of temperatures in our study significantly on increased vitamin E isomers at the start of roasting process, their contents decreased with increasing in roasting time. Maximum amount of both isomers were detected at 120 °C after 30 min and at 150 °C after 20 min.

**Keywords:** Almond, Peanut, Roasting, Pistachio, Hazelnut

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

3. Technician, Laboratory control of food, beverage and cosmetic, Food and Drug Department, Kermanshah university of medical sciences

(\* - Corresponding Author Email: r.farahmandfar@sanru.ac.ir)

## مقاله علمی- پژوهشی

# بررسی فعالیت ضدقارچی اسانس آویشن نانوکپسوله در برابر *Botrytis cinerea* در انگور قرمز شاهرودی

حدیثه کریمی<sup>1</sup> - حجت اله بداتی<sup>2\*</sup> - احمد رجایی<sup>3</sup> - شیده موجرلو<sup>2</sup>

تاریخ دریافت: 1397/08/12

تاریخ پذیرش: 1398/06/23

### چکیده

پژوهش حاضر به منظور بررسی فعالیت ضدقارچی و پایداری اسانس آویشن درون پوشانی در نانوزل کیتوزان - مرستیک اسید در برابر قارچ *Botrytis cinerea* در انگور قرمز شاهرودی انجام گرفت. اثر نانوزل کیتوزان - مرستیک اسید در سه سطح صفر، 150 و 300 میکرولیتر در لیتر، اسانس آویشن خالص و اسانس آویشن درون پوشانی شده در نانوزل کیتوزان - مرستیک اسید در سه سطح 0، 75 و 150 میکرولیتر در لیتر در شرایط آزمایشگاهی و بر ماندگاری میوه‌های انگور در شرایط اتمسفر تعدیل یافته در طی 72 روز نگهداری در دمای 2 تا 4 درجه سانتی‌گراد مورد بررسی قرار گرفت. نتایج طیف‌سنجی مادون قرمز (FTIR) اتصال موفقیت‌آمیز بین گروه‌های آمین کیتوزان و گروه‌های کربوکسیلیک اسید - مرستیک اسید را تایید کرد و تصویر میکروسکوپ الکترونی روشی اندازه ذرات نانوزل کیتوزان - مرستیک اسید حاوی اسانس را کمتر از 100 نانومتر نشان داد. تست رهایش نشان داد که انتشار اسانس آویشن از نانوزل کیتوزان - مرستیک اسید روندی دو مرحله‌ای دارد. نتایج حاصل از جبهه‌های آلوده بسته‌بندی شده تایید کرد با افزایش غلظت اسانس آویشن، اثر ضدقارچی نیز افزایش یافته است. کمترین میزان هدایت الکتریکی و تغییر رنگ، بالاترین مولفه  $L^*$  و شاخص کروما در تیمار اسانس آویشن با غلظت 75 میکرولیتر در لیتر مشاهده گردید. نتایج نشان دادند که غلظت‌های پایین اسانس درون پوشانی شده در کنترل عامل قارچ بوتریتیس انگور بهتر از اسانس خالص با همان غلظت عمل کرد، در حالی که در آزمایش‌های مربوط به قابلیت انبارمانی میوه انگور تیمار اسانس آویشن با غلظت 75 میکرولیتر در لیتر مطلوبترین نتیجه را نشان داد.

واژه‌های کلیدی: نانوکپسوله، اثر ضدقارچی، اسانس آویشن، *Botrytis cinerea*، انگور

### مقدمه

کنترل قارچ *Botrytis cinerea* در پس از برداشت انگور از روش‌هایی نظیر استفاده از عوامل کنترل زیستی، ضد میکروب‌های طبیعی، روش‌های فیزیکی، عوامل ضد عفونی‌کننده<sup>4</sup> GRAS (ازن، اتانول، استیک اسید) استفاده شده است (Romanazzi et al, 2012). صابونچی و مسعود (2016)، با بررسی اثر عصاره روغنی آویشن شیرازی بر برخی ویژگی‌های انگور تازه‌خوری رقم سلطانا<sup>5</sup> آلوده شده با قارچ *Botrytis cinerea* بیان کردند، با افزایش غلظت عصاره روغنی فعالیت ضدقارچی در برابر این قارچ افزایش یافته است. مصرف کیتوزان در انگور رقم شاهرودی در مرحله پس از برداشت، از دست رفتن وزن، فساد میکروبی، قهوه‌ای شدن، ترک‌خوردگی و ریزش حبه‌ها را کاهش و کیفیت را افزایش داده است (مستوفی، 1390). Romanazzi و همکاران (2007) اثر ترکیبی کیتوزان و اتانول را بر کنترل بیماری کپک خاکستری در پس از برداشت انگور

انگورهای تازه‌خوری (*Vitis vinifera* L.) در مرحله پس از برداشت و حین انبارداری ضایعات شدیدی را نشان می‌دهد. کاهش کیفیت عمدتاً به علت کاهش وزن در اثر از دست دادن آب، نرم شدن بافت، قهوه‌ای شدن چوب خوشه، از دست رفتن عطر و طعم، و رایحه غیرعادی مربوط به رسیدگی بیش از حد که در بیشتر موارد با حضور عظیم جبهه‌های آلوده توسط قارچ *Botrytis cinerea* همراه است، ایجاد می‌شود (Carvajal- Milla'n et al, 2001; Crisosto et al, 2002). کاهش کیفیت انگور در مرحله بعد از برداشت مصرف و تجاری‌سازی آن را محدود می‌کند (Castillo et al, 2010). برای

1 و 2 - به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استادیار، گروه علوم باغبانی و گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران.  
3 - استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران.

\* - نویسنده مسئول: (Email: hbodaghi@shahroodut.ac.ir)

DOI: 10.22067/ifstrj.v16i4.76390

4 Generally recognized as safe  
5 Sultana



و محدود، بروز مسمومیت احتمالی و اثرات نامطلوب گاز دی‌اکسید گوگرد بر کیفیت حبه‌های انگور در زمان نگهداری در سردخانه وجود دارد، هدف از این پژوهش درون‌پوشانی کردن اسانس آویشن در نانوزل کیتوزان به منظور افزایش و تداوم اثر ضدقارچی آن در برابر *Botrytis cinerea* در شرایط آزمایشگاهی و انبار بر انگور قرمز شاهرودی بود.

### مواد و روش‌ها

کیتوزان، مرستیک اسید، استیک اسید، متانول، اتانول، سدیم کلراید، هیدروکسید سدیم، PDA<sup>1</sup> از شرکت مرک آلمان خریداری شد. 1-اتیل-3-(3-دی متیل آمینو پروپیل) کربو دی ایمید (EDC) از شرکت فلوکا آمریکا و توئین 80 از شرکت سامچون کره تهیه گردید. اسانس آویشن از شرکت باریج اسانس خریداری شد. قارچ *Botrytis cinerea* از میوه توت‌فرنگی جداسازی، خالص‌سازی و تست بیماری‌زایی آن انجام شد و این جدایه (BC01) در آزمایشگاه گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود نگهداری شد.

### تهیه نانوزل کیتوزان

مرستیک اسید از طریق اتصالات آمیدی و از طریق واکنش‌های واسطه‌ای 1-اتیل-3-(3-دی متیل آمینو پروپیل) کربودی ایمید (EDC) به کیتوزان متصل شد. در ابتدا، 0/5 گرم کیتوزان در 100 میلی لیتر استیک اسید آبی (1% حجمی/حجمی) حل شد. پس از افزودن 85 میلی لیتر اتانول، محلول حاصل تحت امواج فراصوت در محدوده 35 KHz به مدت 5 دقیقه با توان 240 W (Elma Sonic, E30H, Germany) قرار داده شد. سپس 668 میکرولیتر EDC با 250 میلی گرم مرستیک اسید حل شده در مقدار مشخصی اتانول مخلوط شد. هر دو محلول به مدت 5 ساعت مخلوط و بهم زده شد. بعد از آن pH با استفاده از هیدروکسید سدیم (1 مولار) برای آماده‌سازی نانوزل، توسط دستگاه pH متر روی 9-8/5 تنظیم شد. سپس مخلوط برای بهبود یافتن نانوزل آماده شده توسط سانتریفوژ با دور 9000 rpm به مدت 5 دقیقه (Sigma 3-16 KL, Germany) سانتریفوژ شد و در نهایت برای حذف مواد واکنش نداده توسط اتانول و آب مقطر چندین مرتبه شسته شد و توسط فیلتر واتمن با مش 0/2 میکرومتر فیلتر شد (Beyki et al, 2014).

### خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نانوزل کیتوزان - مرستیک

اسید

### طیف سنجی مادون قرمز

بررسی کردند. در این آزمایش ترکیبی از غلظت‌های پایین کیتوزان و اتانول باعث بهبود کنترل کیک خاکستری در انگور نسبت به کاربرد هر کدام از آن‌ها به تنهایی گردید.

درون‌پوشانی کردن مواد (یک ماده جامد، مایع یا گاز) به منظور حفظ خواص و انتشار کنترل شده ماده موثر انجام می‌گیرد (مهدوی و همکاران، 2014; Gray & Hammer, 2015). در برخی از پژوهش‌های گذشته، از کیتوزان به عنوان یک عامل درون پوشان‌کننده برای رهایش کنترل‌شده روغن جلیک و رسوراترول، مواد آروماتیک و متانول استفاده شد (Estevinho et al 2010a و Peng et al 2010b) (2013a). *Nuisin et al* (2013) و *Estevinho et al* (2013) چرا که کیتوزان به دلیل ایجاد پیوندهای یونی یا کوالانسی با عوامل پیونددهنده، توانایی تشکیل شبکه سازمان‌دهی شده‌ای را دارد که سبب محافظت ماده فعال می‌شود، از این رو این پیوندهای شیمیایی یک رهایش کنترل شده را در پی خواهند داشت (Estevinho et al., 2013). علاوه بر خواص مطلوب اسانس‌ها در حفظ کیفیت پس از برداشت محصولات و کاهش فساد قارچی، استفاده از اسانس‌ها به دلیل داشتن ترکیبات فرار که به راحتی تحت تاثیر عواملی از قبیل گرما، فشار، نور و اکسیژن تخریب می‌شوند یک محدودیت محسوب می‌شود. همچنین آن‌ها در آب نامحلول و برای کاربردهای مشخص به آزاد شدن تحت شرایط کنترل‌شده نیاز دارند (Martin et al, 2010). درون‌پوشانی کردن اسانس‌ها، کارایی آن‌ها را به واسطه افزایش دوره اثرگذاری نسبت به اسانس اولیه، افزایش خواهد داد (Silva et al, 2010). اخیراً کیتوزان به منظور درون‌پوشانی ترکیبات فعال زیستی مورد توجه زیادی قرار گرفته است، چراکه به‌طور کلی ایمن شناخته شده و دارای خواص بیولوژیکی برتر مثل تجزیه‌پذیری، زیست سازگاری و غیرسمی بودن (Keawchaoon & Yoksan, 2011) هستند. محافظت کامل میوه‌های گوجه فرنگی با کاربرد اسانس آویشن درون‌پوشانی شده در نانوزل کیتوزان بنزوئیک اسید در غلظت‌های بالای 700 میلی گرم در لیتر طی یک ماه نگهداری صورت گرفت (خلیلی و همکاران، 2015). محمدی و همکاران (2015) نشان دادند که کاربرد اسانس آویشن شیرازی در پوشش نانوذرات کیتوزان به‌طور قابل توجهی شیوع و شدت بیماری توت فرنگی آلوده به *Botrytis cinerea* را در میوه‌هایی که پس از اعمال تیمار 4 درجه سانتی‌گراد به مدت 2 روز در دمای 20 درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند، کاهش داد. Hsieh و همکاران (2006) نیز گزارش کردند کارایی درون‌پوشانی کردن کیتوزان با افزایش غلظت آن، بهبود نمی‌یابد.

بنابراین با توجه به نقصی که در استفاده از اسانس‌های گیاهی رایج به‌عنوان پوشش خوراکی (به‌عنوان مثال، اسانس‌ها به دلیل داشتن ترکیبات فرار و همچنین نامحلول بودن در آب نیازمند آزاد شدن تحت شرایط کنترل‌شده هستند) و همچنین محدودیت استفاده از گوگرد و پدهای سولفور به دلیل کارایی آن‌ها در مدت زمان مشخص

دو طرف کیسه بسته شد. در نهایت این کیسه به بطری شیشه‌ای مات که حاوی 450 میلی‌لیتر آب مقطر و اتانول با نسبت یکسان بود منتقل شد. میزان جذب در طول موج 279 نانومتر، در هفته اول به صورت روزانه و در هفته‌های دوم تا چهارم به صورت یک مرتبه در هفته با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر نور مرئی (UV2150، آمریکا) اندازه‌گیری شد. شاهد حاوی اتانول و آب مقطر با نسبت یکسان بود (Beyki et al, 2014).

#### آزمایش شرایط آزمایشگاهی

در این روش غلظت‌های مشخص از هر تیمار با 15 میلی‌لیتر محیط کشت PDA مخلوط و در پتری دیش‌های 8 سانتی‌متری به منظور به دست آوردن غلظت نهایی ریخته شد. غلظت‌های مورد استفاده به صورت زیر استفاده شد: برای اسانس آویشن: 37/5، 75، 112/5، 150 و 300 میکرولیتر در لیتر، نانوذله کیتوزان - مرستیک اسید: 75، 150، 225، 300، 450، 600 میکرولیتر در لیتر و اسانس آویشن درون‌پوشانی شده در نانوذله کیتوزان - مرستیک اسید: 37/5، 75، 112/5، 150، 300 میکرولیتر در لیتر. بعد از قراردادن میسلیوم‌های قارچ *Botrytis cinerea* در مرکز محیط کشت، با استفاده از پارافیلیم دورگیری و در انکوباتور با دمای 27 درجه سانتی‌گراد به مدت یک هفته قرار داده شد و در روز هفتم که تیمار شاهد به طور کامل پر شد میزان رشد میسلیوم‌های قارچ بر حسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شدند. غلظت‌های بهینه به دست آمده با علائم اختصاری در جدول 1 نمایش داده شده‌اند.

جدول 1- علائم اختصاری تیمارها با غلظت‌های بهینه شده

تیمار	علامت اختصاری
شاهد - بدون تیمار	Conrtol
اسانس آویشن 75 میکرولیتر در لیتر	E1
اسانس آویشن 150 میکرولیتر در لیتر	E2
نانوذله کیتوزان - مرستیک اسید 150 میکرولیتر در لیتر	N1
نانوذله کیتوزان - مرستیک اسید 300 میکرولیتر در لیتر	N2
75 میکرولیتر در لیتر اسانس آویشن درون‌پوشانی شده در نانوذله کیتوزان - مرستیک اسید	NE1
150 میکرولیتر در لیتر اسانس آویشن درون‌پوشانی شده در نانوذله کیتوزان - مرستیک اسید	NE2

*cinerea* روی محیط PDA سوسپانسیون اسپور تهیه شد و غلظت سوسپانسیون با استفاده از لام هماسپتور  $2/5 \times 10^6$  اسپور در میلی‌لیتر تنظیم شد. بعد از گذشت 45 دقیقه میزان 15 میکرولیتر از سوسپانسیون حاوی  $2/5 \times 10^6$  اسپور قارچ *Botrytis cinerea* در محل اتصال حبه و خوشه قرار داده شد. سپس حبه‌ها با استفاده از غلظت‌های نهایی تعیین شده در آزمایش شرایط آزمایشگاهی تیمار شده و در فیلم بسته‌بندی پلی‌اتیلن قرار داده شد و سپس فیلم‌ها

طیف مادون قرمز نانوذله کیتوزان - مرستیک اسید با استفاده از اسپکتروفتومتر مادون قرمز 430FT-IR (JASCO، ژاپن) در دمای 20 درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد. دستگاه با محدوده فرکانس  $500-4000 \text{ cm}^{-1}$  عمل کرد. برای آنالیز مرستیک اسید، کیتوزان و نانوذله کیتوزان - مرستیک اسید خشک شده، به صورت جداگانه با 100 میلی‌گرم KBr مخلوط شد و پس از تهیه قرص توسط دستگاه اندازه‌گیری شد (Beyki et al, 2014).

#### میکروسکوپ الکترونی رویشی

مورفولوژی نانوذله کیتوزان - مرستیک اسید با اسانس درون‌پوشانی شده با استفاده از دستگاه SEM آنالیز شد. بدین منظور 1 قطره از نمونه‌ها به صورت جداگانه بر روی لام ریخته و در دمای محیط خشک شد. در نهایت یک قطره از نمونه پس از خشک شدن در دمای محیط و پوشش‌دهی با طلا برای آنالیز استفاده شد (Beyki et al, 2014).

#### تست رهایش

این پارامتر به منظور تعیین میزان آزاد شدن اسانس آویشن درون‌پوشانی شده در نانوذله کیتوزان - مرستیک اسید انجام گرفت. بدین جهت غلظت 5000 میکرولیتر در لیتر از اسانس آویشن و نانوذله کیتوزان - مرستیک اسید تهیه گردید. سپس این مخلوط به مدت 10 دقیقه در دستگاه اولتراسونیک جهت بارگذاری اسانس در نانوذله قرار گرفت. میزان 2 میلی‌لیتر از این مخلوط در کیسه دیالیز قرار گرفت و

#### آزمایش آلوده‌سازی حبه‌ها

به منظور تایید نتایج شرایط آزمایشگاهی، ارزیابی اثر تیمارهای اسانس و نانوذله اسانس روی حبه‌های انگور آلوده به قارچ بوتریتیس بر اساس روش Mlikota Gabler و همکاران (2001) نیز انجام شد. حبه‌های سالم، یک شکل و یک رنگ جدا شده و در هیپوکلرید سدیم 1/5 درصد به مدت 1 دقیقه قرار داده شده و سپس 3 مرتبه با آب مقطر شست و شو داده شدند. از کشت 5 تا 7 روزه قارچ *Botrytis*

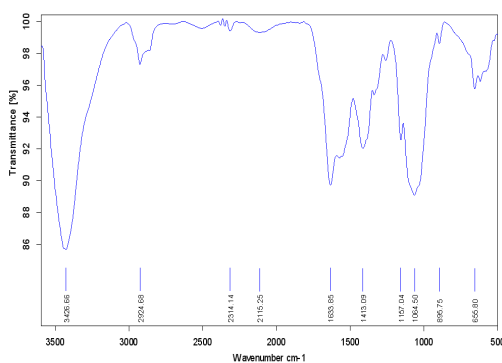
مدت 60 دقیقه در دستگاه اولتراسونیک قرار داده شد. بخش چهارم میوه‌ها به‌عنوان میوه‌های شاهد با استفاده از آب مقطر استریل محلول‌پاشی شدند. پس از خشک شدن میوه‌ها در حدود 250 گرم از میوه‌های انگور در کیسه‌های پلی‌اتیلنی 40 میکرومتر بسته‌بندی شدند و در شرایط دمایی 4-2 درجه سانتی‌گراد به مدت 72 روز نگهداری قرار گرفتند. در حین دوره نگهداری، ارزیابی صفاتی از قبیل سفتی گوشت میوه توسط پنترومتر دستی، هدایت الکتریکی بافت میوه توسط روش Sayram و همکاران (1997)، برخی از مولفه‌های رنگ پوست میوه براساس روش Muftuoglu و همکاران (2010) با اندکی تغییر، و مواد جامد محلول توسط دستگاه رفرکتومتر ( ATAGO master 5EM، ژاپن) انجام گرفت.

## نتایج و بحث

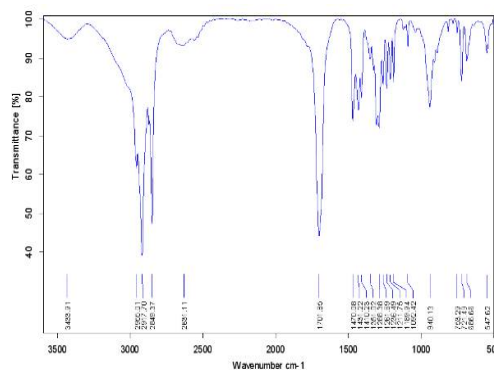
### FTIR

مشخصات ساختاری به‌دست آمده برای کیتوزان، مریستیک اسید و نانوذله کیتوزان مریستیک اسید در شکل (1-الف) نشان داده شده است.

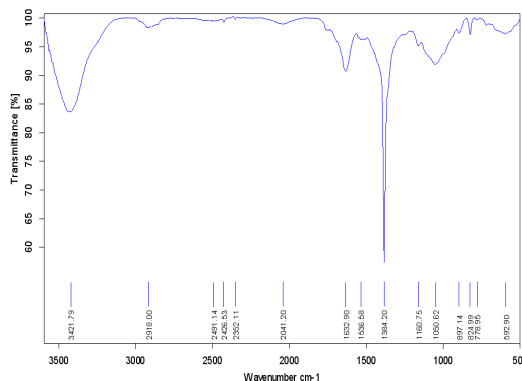
الف



ب:



ج



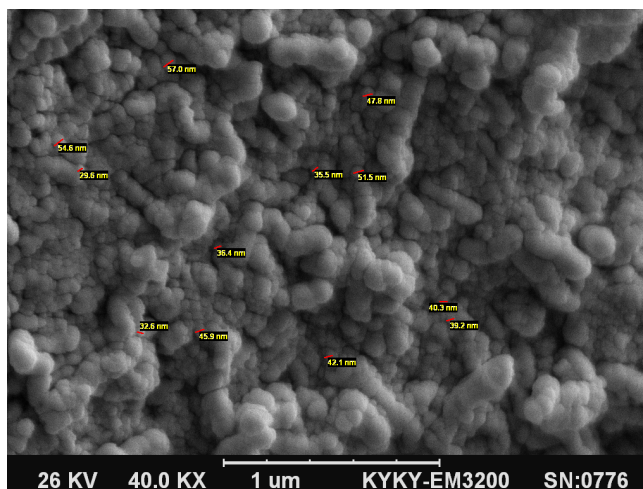
شکل 1- طیف‌های FTIR مربوط به الف: کیتوزان، ب: مریستیک اسید، ج: نانوذله کیتوزان - مریستیک اسید.

مربوط به کیتوزان و نانوذله کیتوزان - مرستیک اسید می‌توان مشاهده کرد که شدت پیک در ناحیه 1630 (مربوط به گروه C=O) نسبت به 1525 (مربوط به گروه‌های NH<sub>2</sub> آزاد) در نانوذله کیتوزان - مرستیک اسید در مقایسه با شدت این پیک‌ها در کیتوزان افزایش پیدا کرده است که این می‌تواند به افزایش پیوندهای آمیدی مربوط باشد. تشکیل پیوندهای آمیدی موفق بین کیتوزان و گالیک اسید (Guo et al, 2016)، کیتوزان و بنزوئیک اسید (Hadian et al, 2017)، کیتوزان و اسیدهای دی‌کربوکسیلیک (Valderruten et al, 2014) و کیتوزان و کولائژن (Wang et al, 2003) نیز گزارش شده است.

### SEM

در شکل 2، تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نانوذله کیتوزان - مرستیک اسید حاوی اسانس آویشن نشان داده شده است.

طیف کیتوزان جذب در ناحیه 3400-3500 cm<sup>-1</sup> را نشان می‌دهد که این مربوط به گروه هیدروکسیل کیتوزان است. در 1580cm<sup>-1</sup> پیک مربوط به ارتعاشات خمشی پیوندهای امید و آمین و در 2924 cm<sup>-1</sup> پیک مربوط به ارتعاش کششی C-H گروه‌های متیل و متیلن است. در شکل (1-ب) طیف مربوط به مرستیک اسید نشان داده شده است. پیک‌های شناسایی شده در 2917 و 2849 مربوط به ارتعاش کششی C-H، پیک 1701cm<sup>-1</sup> مربوط به ارتعاش کششی C=O، 1470cm<sup>-1</sup> مربوط به ارتعاش خمشی C-H، 1261 cm<sup>-1</sup> ارتعاش کششی C-O، 940cm<sup>-1</sup> مربوط به ارتعاش خمشی O-H، و پیک‌های 721 و 686 cm<sup>-1</sup> مربوط به ارتعاش خمشی C-H است. در شکل (1-ج) طیف مربوط به نانوذله کیتوزان - مرستیک اسید نشان داده شده است. با مقایسه طیف‌های



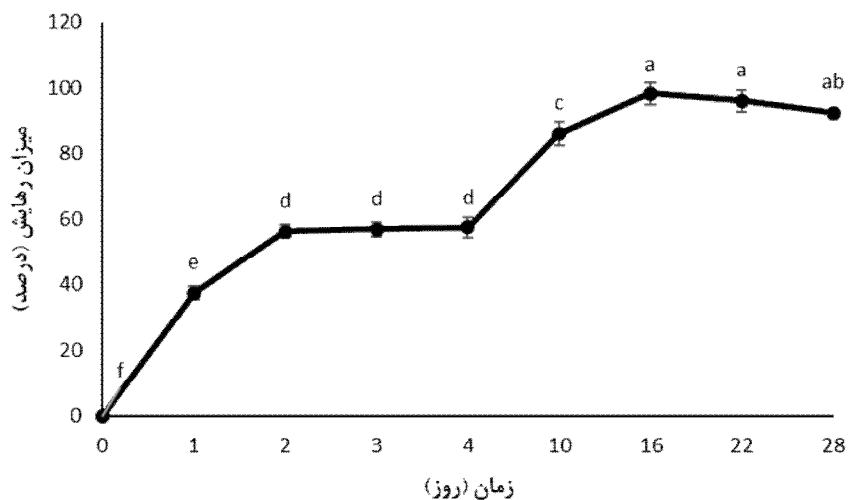
شکل 2- تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نانوذله کیتوزان - مرستیک اسید حاوی اسانس آویشن.

اندازه ذرات نانوذله کیتوزان - مرستیک اسید حاصل در این مطالعه کوچکتر و یکنواخت‌تر بود که این تفاوت می‌تواند به چندین عامل نسبت داده شود؛ اول این که، فراصوت اولیه، زنجیره طولانی کیتوزان را به قطعات کوچک‌تر تبدیل کرد که مانع از شکل‌گیری نانوذله بلند زنجیر شد. عامل دوم می‌تواند به نقش مهم فراصوت مجدد در کاهش اندازه ذرات مربوط باشد و عامل سوم نیز عبور نانوذله از درون فیلتر بود. همچنین در این مطالعه، مرستیک اسید به‌عنوان پیونددهنده برای تشکیل پلیمر کیتوزان (نانوذله) استفاده شد که در مقایسه با سایر پیوند دهنده‌ها مثل گلووتارآلدهید و گلیکول که سمی هستند، ایمن است (Embuscado & Huber, 2009).

تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نشان داد که مورفولوژی نانوذله‌ها تقریباً کروی و اندازه این ذرات کمتر از 100 نانومتر است. اتصال اسیدچرب مرستیک اسید غیرقطبی به پلیمر کیتوزان و قرار گرفتن کمپلکس در یک محیط قطبی باعث تجمع سرهای غیرقطبی به داخل و سرهای قطبی به خارج و تشکیل یک ساختار مجتمع تقریباً کروی شکل گردید. Nasti و همکاران (2009) از پلیمر کیتوزان نانوذراتی در مقیاس 160 و 260 نانومتر با استفاده از اتصالات جانبی تری پلی فسفات ساختند. در پژوهش Lee و همکاران (2012) از پلیمر کیتوزان و گلیکول با استفاده از روش تولید خودبه‌خودی، نانوذله در ابعاد 200 نانومتر تهیه شد. با مقایسه اندازه ذرات حاصل از این تحقیق با کارهای قبلی (Lee et al, 2012, Nasti et al, 2009)

## تست رهایش

نتایج حاصل از آزادسازی اسانس آویشن از ساختار نانوزل کیتوزان - مریستیک اسید در دمای محیط (شکل 3) نشان داد، انتشار اسانس آویشن از نانوزل کیتوزان - مریستیک اسید روندی دو مرحله ای دارد. نانوزل کیتوزان - مریستیک اسید تهیه شده در این پژوهش دارای نواحی آبدوست (پلیمر کیتوزان) و آبگریز (زنجیره اسیدچرب



شکل 3- آزادسازی اسانس آویشن درون پوشانی شده در نانوزل کیتوزان - مریستیک اسید به محیط مایع در طی 28 روز نگهداری در دمای محیط.

کیتوزان، غلظت‌های 1500، 750 و 375 میکرولیتر در لیتر توانستند بیشتر از 50% رشد میسلیوم‌های قارچ *Botrytis cinerea* را کاهش دهند. تصاویر مربوط به رشد میسلسوم‌های قارچ *Botrytis cinerea* تحت تیمارهای مختلف پوششی در شکل 4- د نشان داده شده است.

## نتایج آزمون در انگور قرمز شاهرودی

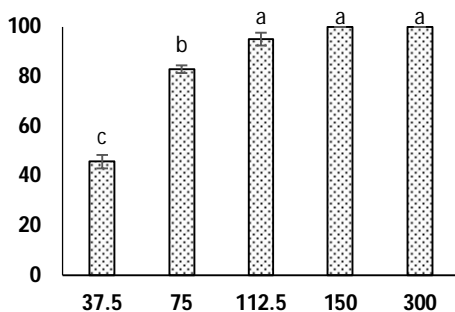
بررسی اثر تیمارهای اسانس و نانوزل - اسانس بر حبه‌های انگور آلوده شده به اسپور *Botrytis cinerea* (شکل 5) نشان داد بیشترین تعداد اسپور در تیمار شاهد ( $10^5 \times 10/125$  در میلی‌لیتر) و کمترین تعداد آن در تیمار NE2 ( $10^5 \times 1/375$  در میلی‌لیتر) مشاهده شد (شکل 4). تیمارهای پوششی نانوزل کیتوزان - مریستیک اسید و اسانس آویشن درون پوشانی شده در نانوزل کیتوزان - مریستیک اسید در غلظت‌های بالاتر موفق‌تر عمل کردند، اما در مورد اسانس، غلظت پایین‌تر تعداد اسپور کمتری را نشان داد. احتمالاً افزایش غلظت اسانس باعث تخریب بافت میوه می‌شود. همچنین در تیمار NE2 احتمالاً به دلیل درون پوشانی شدن اسانس آویشن و آزاد شدن تدریجی آن، تعداد اسپور کمتری مشاهده می‌شود. اگرچه نمونه‌های موفق در استفاده از ضد میکروب‌های طبیعی

## تعیین غلظت بهینه در شرایط آزمایشگاهی:

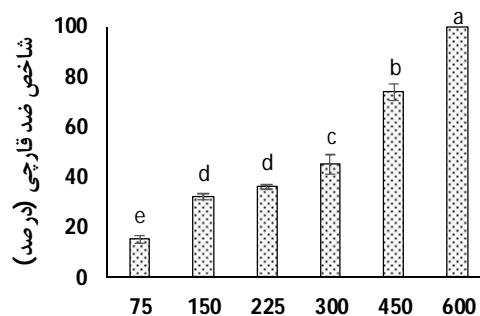
اثر تیمارهای پوششی بر میزان رشد میسلیوم‌های قارچ *Botrytis cinerea* در شکل 4 نشان داده شده است. با افزایش غلظت اسانس آویشن، فعالیت ضدقارچی نیز افزایش یافت (شکل 4- الف). در این راستا نتایج پژوهش حاضر با نتایج Abdolah و همکاران (2010) در استفاده از اسانس آویشن بر قارچ *Botrytis cinerea* و *Mucor piriformis* و Shin و همکاران (2014) در استفاده از تیمول بر قارچ *Botrytis cinerea* هم‌راستا است. غلظت 600 میکرولیتر در لیتر نانوزل کیتوزان - مریستیک اسید به‌طور کامل خاصیت قارچ‌کشی نشان داد (شکل 4- ب). محمدی و همکاران (2015) نیز گزارش کردند نانوذره کیتوزان در غلظت 1500 میکرولیتر در لیتر فقط توانست بیشتر از 50% رشد میسلیوم‌های قارچ *Botrytis cinerea* را کاهش دهد، اما نتوانست به‌طور کامل مانع از رشد آن شود. نتایج حاصل از بررسی شکل 4- ج نشان داد، غلظت‌های 112/5، 150 و 200 میکرولیتر در لیتر اسانس آویشن درون پوشانی شده در نانوزل کیتوزان - مریستیک اسید به‌طور کامل مانع از رشد قارچ شدند. محمدی و همکاران (2015) نیز گزارش کردند از بین چهار غلظت به‌کار گرفته شده اسانس آویشن شیرازی درون پوشانی شده در نانوذره

500، 1000، 1500 میلی‌گرم در لیتر) تاثیر یکسانی بر کنترل پوسیدگی داشتند. همچنین بیان کردند کاربرد اسانس آویشن روی انارهای آلوده شده به اسپور قارچ، به‌طور موثری پوسیدگی را کاهش داد. Mohammadi و همکاران (2015) نیز با کاربرد نانوذره کیتوزان و اسانس آویشن شیرازی نانوکپسوله شده در نانوذره کیتوزان بر توت فرنگی‌های غوطه‌ور شده در سوسپانسیون *Botrytis cinerea* پس از 9 روز نگهداری، بیان کردند در غلظت 1500 میکرولیتر در لیتر، پایین‌ترین درصد آلودگی توت فرنگی‌ها، برای اسانس نانوکپسوله شده در نانوذره کیتوزان (16/67 درصد) و بعد از آن برای نانوذره کیتوزان (66/67 درصد) مشاهده شد. این در حالی است که میوه‌های تیمار نشده آلودگی 100 درصد نشان دادند.

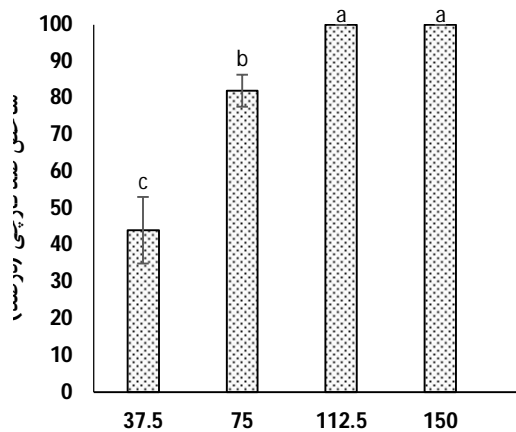
به‌عنوان نگهدارنده مواد غذایی گزارش شده است، ممکن است بعضی از آنها به دلیل انتشار سریع در بخش عمده مواد غذایی، اثرات ناکارآمد داشته و یا با اجزای مواد غذایی اثر متقابل نشان دهند که ممکن است باعث کاهش فعالیت ضد میکروبی آنها در برابر سلول هدف شود (Perricone et al, 2015). Moret و Munoz (2010) اثر ضدقارچی پوشش کیتوزان را روی انگور زمانی مشاهده کردند، که غلظت کیتوزان در محلول حداقل 0/25 درصد بود. Lopez-Reyes و همکاران (2010) نیز بیان کردند، اسانس پونه کوهی، مرزه و آویشن اثرات معنی‌داری را در برابر پاتوژن‌های *B.cinerea* و *Penicillium expansum* نشان دادند. غفوری و همکاران (1394) نیز با محلول‌پاشی پس از برداشت اسانس آویشن بر عمر انبارمانی میوه انار بیان کردند، هر سه سطح تیمار آویشن به‌کار گرفته شده



الف-غلظت اسانس آویشن (میکرولیتر/لیتر)



ب-نانوزل کیتوزان-مریستیک اسید (میکرولیتر در لیتر)

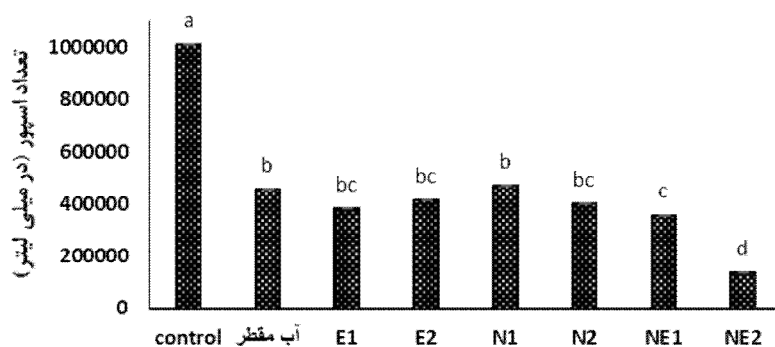


آویشن در نموشان شده در نانوذره کیتوزان مریستیک



د-بالاچپ: شاهد، بالا راست: اسانس آویشن با غلظت 75 میکرولیتر در لیتر، پایین چپ: نانوزل کیتوزان-مریستیک اسید، پایین راست: نانوزل و اسانس با غلظت 75 میکرولیتر در لیتر

شکل 4- اثر اسانس آویشن، نانوزل کیتوزان - مریستیک اسید و اسانس آویشن درون پوششانی شده در نانوزل کیتوزان - مریستیک اسید بر رشد قارچ *Botrytis cinerea*.



تیمار

شکل 5- اثر تیمارهای پوششی بر تعداد اسپور قارچ *Botrytis cinerea* در شرایط این ویوو.

E1: اسانس آویشن 75 میکرولیتر در لیتر، E2: اسانس آویشن 150 میکرولیتر در لیتر، N1: نانوزل کیتوزان - مریستیک اسید 150 میکرولیتر در لیتر، N2: نانوزل کیتوزان - مریستیک اسید 300 میکرولیتر در لیتر، NE1: 75 میکرولیتر در لیتر اسانس آویشن درون پوشانی شده در نانوزل کیتوزان - مریستیک اسید، NE2: 150 میکرولیتر در لیتر اسانس آویشن درون پوشانی شده در نانوزل کیتوزان - مریستیک اسید) شکل سمت چپ، پائین: اسپور *Botrytis cinerea*.

مشخص کننده نرم شدن میوه است نتیجه افزایش دپلی‌مریزه شدن و تجزیه پلی‌ساکاریدهای دیواره سلولی است. همچنین نتایج حاصل از بررسی جدول تجزیه واریانس نشان داد، که میزان سفتی نمونه‌ها تحت اثر تیمارهای پوششی و همچنین اثر متقابل تیمارهای پوششی × زمان قرار نگرفت (داده‌ها نشان داده نشده است). علت عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین تیمارهای مختلف پوشش خوراکی می‌تواند به دلیل ایجاد اتمسفر تعدیل‌یافته توسط فیلم بسته‌بندی و ممانعت از تبخیر و کاهش فرایند تنفس میوه‌های بسته‌بندی شده شاهد و تیمار شده باشد به‌نحوی که پوشش‌های خوراکی اثر افزایشی در حفظ سفتی بافت میوه نشان ندادند.

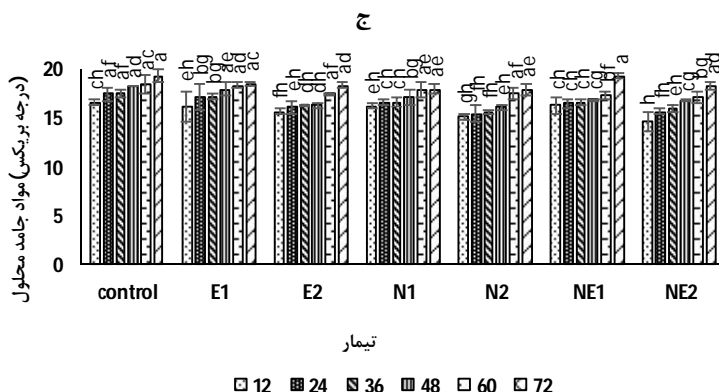
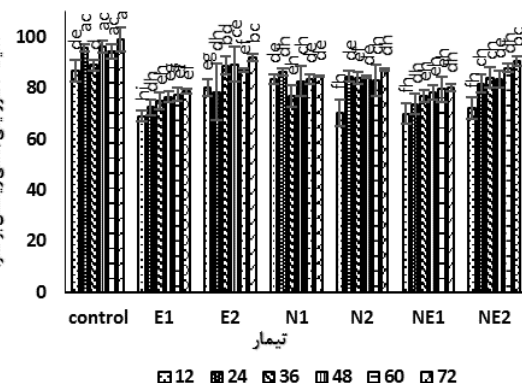
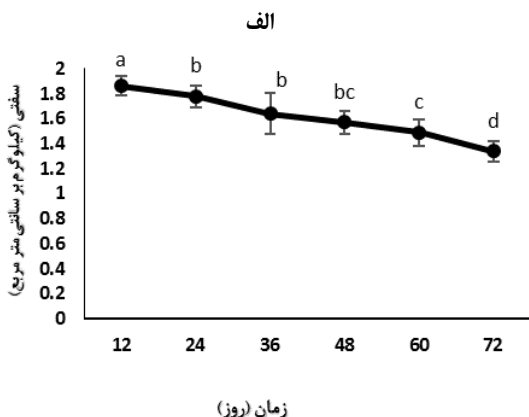
با توجه به شکل 6- ب، میزان هدایت الکترولیتی در طی زمان روندی افزایشی داشته است. در انتهای دوره نگهداری بیشترین میزان

#### سفتی بافت میوه

همانطور که در شکل 6- الف مشاهده می‌گردد، سفتی گوشت میوه با گذشت زمان روند کاهشی داشته است به‌طوری که میزان آن از 1/86 (کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع) در ابتدای زمان نگهداری، به 1/34 (کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع) در انتهای دوره رسید. بین تیمارهای مختلف پوشش خوراکی تفاوت معنی‌داری از نظر سفتی بافت میوه مشاهده نشد. نتایج به‌دست آمده با نتایج مستوفی و همکاران (1390) که بیان کردند با گذشت زمان میزان سفتی جبهه‌ها در انگور سرخ فخری شاهرودی به‌طور معنی‌داری کاهش یافته است، مطابقت داشت. همچنین Harpster و Brummell (2002) در یک بررسی گزارش کردند کاهش سفتی میوه انگور طی انبارمانی با کاهش همی‌سلولز، سلولز و پکتین همراه شده است و این تغییرات که

هدایت الکترولیتی مربوط به تیمار شاهد و کمترین میزان آن هم

مربوط به تیمار E1 بود.



شکل 6- اثر متقابل تیمارهای پوششی × زمان بر سفتی، هدایت الکترولیتی و میزان مواد جامد محلول کل.

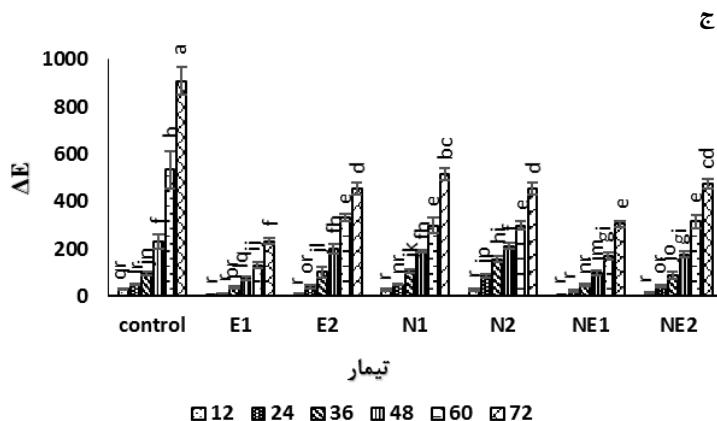
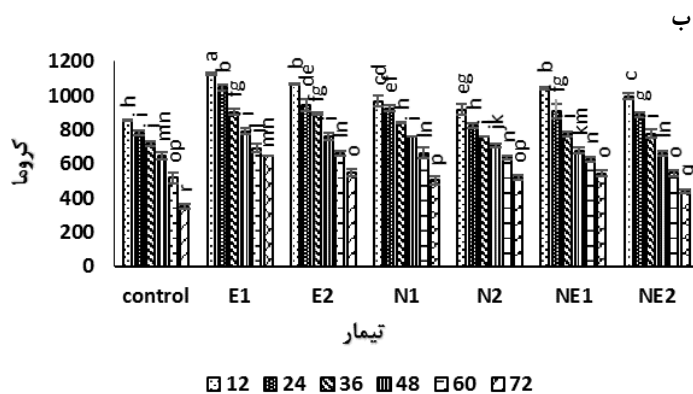
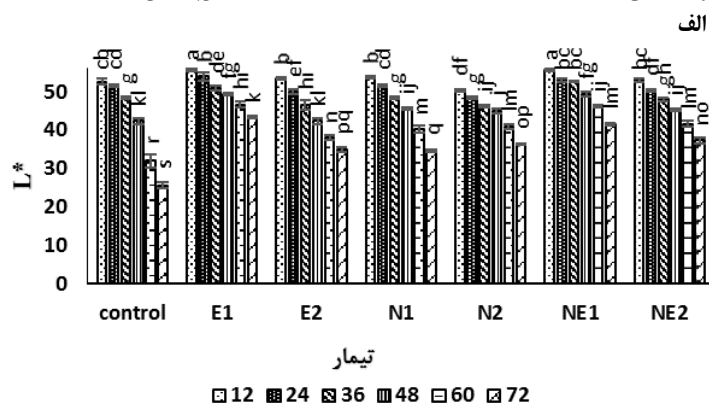
متجر به افزایش نشت یونی از غشاء سلول می‌شود. به نظر می‌رسد اسانس آویشن در دمای پایین با تاثیر در حفظ سیالیت ساختار غشای پلاسمایی و اندامک داخلی از جمله تونوپلاست مانع از هم پاشیدن آنها و در نتیجه باعث کنترل نشت یون‌ها و مواد موجود در واکوئول به سیتوزول و فضاهای سیتوپلاسمی شده است.

میزان مواد جامد محلول در طی زمان روندی افزایشی نشان داد (شکل 6-ج). در ابتدای نگهداری، کمترین میزان مواد جامد محلول، در تیمار NE2 (14/66 درجه بریکس) مشاهده گردید که البته با تیمار N2 (15/16 درجه بریکس) تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. در این زمان بیشترین میزان این صفت، در تیمار شاهد مشاهده گردید که البته تفاوت معنی‌داری با تیمارهای E1 (16/16 درجه بریکس) و NE1 (16/33 درجه بریکس) نداشت. در انتهای نگهداری نیز بیشترین میزان مواد جامد محلول برای تیمار شاهد (19/33 درجه

در پژوهشی Mohammadrezakhani و Pakkish (2015) با کاربرد پرولین و آسکوربیک اسید بر کاهش شاخص سرمازدگی و پروکسید هیدروژن بر انگور رقم تامسون در طی انبارمانی بیان کردند، در تمامی تیمارهای بکار گرفته شده و همچنین تیمار شاهد، نشت الکترولیتی روندی افزایشی داشته است. همچنین شاخص سرمازدگی و نشت الکترولیتی در میوه‌های تیمار شده با پرولین و آسکوربیک اسید به‌طور قابل توجهی نسبت به میوه‌های شاهد پایین‌تر بود. غفوری و همکاران (1394) با کاربرد اسانس آویشن در پس از برداشت میوه انار بیان کردند، اسانس آویشن نشت یونی را کاهش داده و با افزایش مدت انبارمانی نشت یونی افزایش یافت. همچنین تاثیر مثبت اسانس آویشن در کاهش خسارت سرمازدگی و نشت یونی در مدت انبارمانی را بیان کردند. سرما در بافت‌های گیاهی باعث کاهش سیالیت غشای سلولی و بروز سرمازدگی در غشاء سلولی آسیب دیده می‌شود که



بریکس) ثبت گردید که تفاوت معنی‌داری با تیمار NE1 (19/31) درجه بریکس) نشان نداد.



شکل 7- اثر متقابل تیمارهای پوششی × زمان بر مولفه‌های رنگی.

مواد جامد محلول در نمونه‌های شاهد دیده شد که با نتایج این محققان مطابق است. Topalovic و Milukovic (2010) نیز گزارش کردند که افزایش میزان مواد جامد محلول در مرحله رسیدن

با توجه به نتایج بالا بیشترین میزان مواد جامد محلول در شاهد وجود دارد، اگرچه تیمارها به لحاظ مواد جامد محلول، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند، اما به لحاظ عددی بیشترین

زمان افزایش یافته است و این افزایش در شاهد بیشتر از سایر تیمارها است (910/33 به 31/16). در مورد اختلاف رنگ کل از هر سه مولفه رنگ (L,a,b) استفاده شده است که می‌تواند شاخص مناسب‌تری برای نشان دادن تغییرات رنگ باشد (Nopwinyuwong *et al.*, 2010). همچنین گزارش شده است که تاخیر در پیری در اثر کاربرد اسانس‌ها، به‌واسطه کاهش تغییرپذیری رنگ میوه و کاهش شاخص تیرگی است (Valero *et al.*, 2006).

### نتیجه‌گیری

در این پژوهش اسانس آویشن درون‌پوشانی شده در نانوزل کیتوزان - مریستیک اسید تهیه شد. سپس ویژگی‌های مورفولوژیکی و ساختاری نانوزل کیتوزان حاوی اسانس آویشن ارزیابی شد. تصاویر SEM و ارزیابی آزمایش‌های FTIR ساختار نانویی و اتصالات موفق پیوندی مورد انتظار را تایید کردند. از طرف دیگر آزمون‌های رهایش، این ویتر و این ویوو محصول سنتز شده قابلیت رهایش اسانس از نانوزل کیتوزان و خاصیت ضدقارچی آن را تایید کردند. بررسی اثر نانوزل اسانس و اسانس به تنهایی بر ماندگاری پس از برداشت انگورهای بسته‌بندی شده با فیلم پلی‌اتیلنی، کارایی بهتر اسانس به تنهایی را نسبت به نانوزل اسانس تایید کرد. کارایی کمتر نانوزل اسانس نسبت به اسانس می‌تواند به دلیل ممانعت از انتشار اسانس به‌واسطه فیلم بسته‌بندی باشد. در صورتی که اسانس محبوس شده در کپسول کیتوزان به علت رهایش کندتر نسبت به اسانس به تنهایی، احتمالاً اثر خود را در مدت زمان بیشتری از آنچه در این پژوهش برای دوره نگهداری انگور در نظر گرفته شده نشان بدهد. با توجه به این مورد و قابلیت ضد میکروبی نانوزل اسانس، بررسی اثر نانوزل اسانس در مقایسه با اسانس بر ماندگاری انگور برای مدت طولانی‌تر ضروری به نظر می‌رسد.

انگور نتیجه کاهش آب میوه، تجزیه قندهای مرکب و تبدیل آنها به قندهای ساده و هضم سلولی است. به نظر می‌رسد با توجه به نافرآزگرا بودن و عدم وجود ذخایر نشاسته در میوه انگور و این که از دست‌دهی رطوبت منجر به تجمع قندها می‌شود استفاده از فیلم بسته‌بندی و ایجاد شرایط اتمسفر تعدیل‌یافته از تبخیر آب در میوه‌های شاهد و تیمار شده ممانعت کرده است و اثر افزایشی پوشش‌های خوراکی توام با فیلم بسته‌بندی در کاهش تبخیر آب از بافت میوه، به لحاظ آماری معنی‌دار نشده است.

### رنگ‌سنجی

مشاهده شکل 7- الف نشان می‌دهد با گذشت زمان تیرگی میوه‌ها به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است. این افزایش در نمونه‌های شاهد بیشتر از سایر تیمارها بوده است. Supapvanich و Tucker (2011) گزارش کردند که کاهش شاخص  $L^*$  در انتهای نمونه‌برداری به دلیل توسعه شیشه‌ای شدن در سطح میوه می‌باشد. کاهش  $L^*$  به از دست‌دهی آب بافت انگور مربوط است. با این حال به نظر می‌رسد که کاهش در  $L^*$  در این آزمایش رابطه تنگاتنگی با افزایش میزان قهوه‌ای شدن حبه‌ها داشته است. به نظر می‌رسد افزایش تجمع ترکیبات رنگی ملانین که باعث قهوه‌ای شدن بافت‌ها می‌شود موجب افزایش تیرگی رنگ حبه‌ها شده است (Artes-Hernandez & Aguayo, 2004).

با توجه به شکل 7- ب، شاخص کروما در تمامی تیمارها در طی زمان کاهش یافته است که این کاهش در شاهد بیشتر از سایر تیمارهاست. همچنین تمامی تیمارها میزان کرومای بیشتری را نسبت به شاهد نشان دادند. رحیمی و همکاران (1393) نیز به تاخیر افتادن تغییر در شاخص‌های درخشندگی  $L^*$ ، کروما و هیو انگل را در میوه‌های انگور تیمار شده با پوترسین گزارش کردند. با توجه به شکل 7- ج، در تمامی تیمارها، تغییرات رنگ کلی در طی

### منابع

- رحیمی، س.، میردهقان، ح.، اسماعیلی‌زاده، م. 1393. تأثیر تیمار پوترسین به روش غوطه وری تحت فشار بر کیفیت پس از برداشت دو رقم انگور. نشریه علوم باغبانی ایران، جلد 45، شماره 2، 149 - 137.
- غفوری، م.، سلیمانی، ع.، ربیعی، و.، همتی، ر. 1394. تأثیر محلول‌پاشی پس از برداشت اسانس آویشن بر عمر انبارمانی و کیفیت میوه انار (رقم پوست قرمز طارم). نشریه علوم باغبانی، جلد 29، شماره 4، 555-547.
- مستوفی، ی.، دهستانی، م.، رضوی، ه. 1390. اثر کیتوزان بر افزایش عمر پس از برداشت و ویژگی‌های کیفی انگور رقم شاه‌رودی. فصلنامه علوم و صنایع غذایی، شماره 8، جلد 30، 102-93.
- Abdolahi, A., Hassani, A., Ghuosta, Y., Bernousi, I. & Meshkatsadat, M.H., 2010, In vitro efficacy of four plant essential oils against *Botrytis cinerea* Pers.: Fr. and *Mucor piriformis* A. Fischer. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 13(1), 97-107.
- Artes-Hernandez, F., Aguayo, E. & Artes, F., 2004, Alternative atmosphere treatments for keeping quality of 'autumn seedless' table grapes during long-term cold storage. *Postharvest Biology and Technology*, 31(1), 59-67.
- Beyki, M., Zhavah, S., Khalili, S. T., Rahmani-Cherati, T., Abdollahi, A., Bayat, M., Tabatabaei, M. & Mohsenifar, A.,

- 2014, Encapsulation of *Mentha piperita* essential oil in chitosan-cinamic acid nanogel with enhanced antimicrobial activity against *Aspergillus flavus*. *Industrial Crops products*, 54, 310-319.
- Brummell, D.A. & Harpster, M.H., 2001, Cell wall metabolism in fruit softening and quality and its manipulation in transgenic plants. *Plant molecular biology*, 47(1-2), 311-339.
- Carvajal-Millan, E., Carvallo, T., Orozco, J.A., Martinez, M.A., Tapia, I., Guerrero, V.M., Chu, A.R., Llamas, J. & Gardea, A.A., 2001, Polyphenol oxidase activity, color changes, and dehydration in table grape rachis during development and storage as affected by N-(2-chloro-4-pyridyl)-N-phenylurea. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 946-951.
- Castillo, S., Navarro, D., Zapata, P.J., Guillen, F., Valero, D., Serrano, M. & Martinez-Romero, D., 2010, Antifungal efficacy of Aloe vera in vitro and its use as a preharvest treatment to maintain postharvest table grape quality. *Postharvest Biology and technology*, 57(3), 183-188.
- Chauhan, S., Gupta, K.C. & Agrawal, M., 2014, Application of Biodegradable Aloe vera gel to control post harvest decay and longer the shelf life of Grapes. *International Journal of Current Microbiology Applied Science*, 3(3), 632-642.
- Crisosto, C.H., Garner, D. & Crisosto, G., 2002, Carbon dioxide-enriched atmospheres during cold storage limit losses from Botrytis but accelerate rachis browning of 'Redglobe' table grapes. *Postharvest Biology and Technology*, 26, 181-189.
- Embuscado, M.E. & Huber, K.C., 2009, Edible films and coatings for food applications. New York, NY, USA: *springer*. pp. 213-214.
- Estevinho, B.M.A.N., Rocha, F.A.N., Santos, L.M.D.S. & Alves, M.A.C., 2013a, Using water-soluble chitosan for flavour microencapsulation in food industry. *Journal of microencapsulation*, 30(6), 571-579.
- Estevinho, B.N., Rocha, F., Santos, L. & Alves, A., 2013b, Microencapsulation with chitosan by spray drying for industry applications—A review. *Trends in Food Science and Technology*, 31(2), 138-155.
- Gray, S.J. & Hammer, K.A., 2015, Recent developments in the bioactivity of mono-and diterpenes: anticancer and antimicrobial activity. *Phytochemistry reviews*, 14(1), 1-6.
- Guo, P., Anderson, J.D., Bozell, J.J. & Zivanovic, S., 2016, The effect of solvent composition on grafting gallic acid onto chitosan via carbodiimide. *Carbohydrate polymers*, 140, 171-180.
- Hadian, M., Rajaei, A., Mohsenifar, A. & Tabatabaei, M., 2017, Encapsulation of Rosmarinus officinalis essential oils in chitosan-benzoic acid nanogel with enhanced antibacterial activity in beef cutlet against *Salmonella typhimurium* during refrigerated storage. *LWT-Food Science and Technology*, 84, 394-401.
- Hsieh, W.C., Chang, C.P. & Gao, Y.L., 2006, Controlled release properties of chitosan encapsulated volatile citronella oil microcapsules by thermal treatments. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 53(2), 209-214.
- Keawchaoon, L. & Yoksan, R., 2011, Preparation, characterization and in vitro release study of carvacrol-loaded chitosan nanoparticles. *Colloids and surfaces B: Biointerfaces*, 84(1), 163-171.
- Khalili, S.T., Mohsenifar, A., Beyki, M., Zhavah, S., Rahmani-Cherati, T., Abdollahi, A. & Tabatabaei, M., 2015, Encapsulation of Thyme essential oils in chitosan-benzoic acid nanogel with enhanced antimicrobial activity against *Aspergillus flavus*. *LWT-Food Science and Technology*, 60(1), 502-508.
- Lee, J., Lee, C., Kim, T.H., Lee, E.S., Shin, B.S., Chi, S.C., Park, E.S., Lee, K.C. & Youn, Y.S., 2012, Self-assembled glycol chitosan nanogels containing palmityl-acylated exendin-4 peptide as a long-acting anti-diabetic inhalation system. *Journal of controlled release* 161(3), 728-734.
- Lopez-Reyes, J.G., Spadaro, D., Gullino, M.I. & Garibaldia, A., 2010, Efficacy of plant essential oils on postharvest control of rot caused by fungi on four cultivars of apples in vivo. *Flavour Fragr Journal*, 25, 171-177.
- Mahdavi, S.A., Jafari, S.M., Ghorbani, M. & Assadpoor, E., 2014, Spray-drying microencapsulation of anthocyanins by natural biopolymers: A review. *Drying technology*, 32(5), 509-518.
- Martin, A., Varona, S., Navarrete, A. & Cocero, M.J., 2010, Encapsulation and co-precipitation processes with supercritical fluids: applications with essential oils. *Open Chemical Engineering Journal*, 4(1), 31-41.
- Mlikota Gabler, F. & Smilanick, J.L., 2001, Postharvest control of table grape gray mold on detached berries with carbonate and bicarbonate salts and disinfectants. *American Journal of Enology and Viticulture*, 52(1), 12-20.
- Mohammadi, A., Hashemi, M. & Hosseini, S.M., 2015, Nanoencapsulation of *Zataria multiflora* essential oil preparation and characterization with enhanced antifungal activity for controlling *Botrytis cinerea*, the causal agent of gray mould disease. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 28, 73-80.
- Mohammadrezakhani, S. & Pakkish, Z., 2015, Reduction of chilling injury and peroxide hydrogen accumulation in Thompson grape (*Vitis vinifera* L.) fruit by proline and ascorbic acid during storage. *Journal of Plant Physiology & Breeding*, 5(1), 1-12.
- Muftuoglu, F., Ayhan, Z. & Esturk, O., 2010, Modified atmosphere packaging of kabaasi apricot (*Prunus armeniaca*

- L.Kabaasi): Effect of atmosphere, packaging material type and coating on the physicochemical properties and sensory quality. *Food and Bioprocess Technology*, 12.
- Munoz, Z. & Moret, A., 2010, Sensitivity of *Botrytis cinerea* to chitosan and acibenzolar-S-methyl. *Pest management science*, 66(9), 974-979.
- Nasti, A., Zaki, N.M., de Leonardis, P., Ungphai boon, S., Sansongsak, P., Rimoli, M. G. & Tirelli, N., 2009, Chitosan/TPP and chitosan/TPP-hyaluronic acid nanoparticles: systematic optimisation of the preparative process and preliminary biological evaluation. *Pharmaceutical research*, 26(8), 1918-1930.
- Nopwinyuwong, A., Trevanich, S. & Suppakul, P., 2010, Development of a novel colorimetric indicator label for monitoring freshness of intermediate-moisture dessert spoilage. *Talanta*, 81(3), 1126-1132.
- Nuisin, R., Krongsin, J., Noppakundilokrat, S. & Kiatkamjornwong, S., 2013, Microencapsulation of menthol by crosslinked chitosan via porous glass membrane emulsification technique and their controlled release properties. *Journal of microencapsulation*, 30(5), 498-509.
- Peng, H., Xiong, H., Li, J., Chen, L. & Zhao, Q., 2010a, Methoxy poly (ethylene glycol) -grafted-chitosan based microcapsules: Synthesis, characterization and properties as a potential hydrophilic wall material for stabilization and controlled release of algal oil. *Journal of Food Engineering*, 101, 113-119.
- Peng, H., Xiong, H., Li, J., Xie, M., Liu, Y., Bai, C. & Chen, L., 2010b, Vanillin cross-linked chitosan microspheres for controlled release of resveratrol. *Food Chemistry*, 121(1), 23-28.
- Perrico, M., Arace, E., Corbe, M.R., Sinigagila, M. & Bevilacqua, A., 2015, Bioactivity of essential oils. A review on their interaction with food components. *Frontiers in Microbiology*, 1-7.
- Romanazzi, G., Karabulut, O.A. & Smilanick, J.L., 2007, Combination of chitosan and ethanol to control postharvest gray mold of table grapes. *Postharvest biology and technology*, 45(1), 134-140.
- Romanazzi, G., Lichter, A., Gabler, F.M. & Smilanick, J.L., 2012, Recent advances on the use of natural and safe alternatives to conventional methods to control postharvest gray mold of table grapes. *Postharvest Biology and Technology*, 63(1), 141-147.
- Sabounchi, S. & Massoud, R., 2016, The effects of *Zataria multiflora* essential oil on some characteristics of sultana table grapes contaminated with *Botrytis cinerea*. *Journal of Food Biosciences and Technology*, 6(1), 49-54.
- Shin, M.H., Kim, J.H., Choi, H.W., Keum, Y.S. & Chun, S.C., 2014, Effect of thymol and linalool fumigation on postharvest diseases of table grapes. *Mycobiology*, 42(3), 262-268.
- Silva, P.S., Viccini, L.F., Singulani, J.L., de Siqueira, E.P., Zani, C.L. & Alves, T.M.A., 2010, Chemical composition of the essential oil and hexanic fraction of Lippia and Lantana species. *Revista Brasileira Farmacognosia*, 20(6), 843-849.
- Supapvanich, S. & Tucker, G.A., 2011, Physicochemical changes in fresh-cut Honeydew melon fruit during storage. *African Journal of Agricultural Research*, 6(12), 2737-2742.
- Topalovic, A. & Milukovic-Petkovsek, M., 2010, Changes in sugars, organic acids and phenolics of grape berries of cultivar Cardinal during ripening. *Journal Food Agriculture Environ*, 8(3&4), 223-7.
- Valderruten, N.E., Valverde, J.D., Zuluaga, F. & Ruiz-Durántez, E., 2014, Synthesis and characterization of chitosan hydrogels cross-linked with dicarboxylic acids. *Reactive and Functional Polymers*, 84, 21-28.
- Valero, D., Valverde, J.M., Martínez-Romero, D., Guillen, F., Castillo, S. & Serrano, M., 2006, The combination of modified atmosphere packaging with eugenol or thymol to maintain quality, safety and functional properties of table grapes. *Postharvest Biology and Technology*, 41(3), 317-327.
- Wang, X.H., Li, D.P., Wang, W.J., Feng, Q.L., Cui, F.Z., Xu, Y.X. & van der Werf, M., 2003, Crosslinked collagen/chitosan matrix for artificial livers. *Biomaterials*, 24(19), 3213-3220.

## Investigation of antifungal activity of nanoencapsulation of *Thyme vulgaris* essential oil against *botrytis cinerea* in red shahroodi grape (*Vitis vinifera* CV. Red)

H. Karimi<sup>1</sup>- H. Bodaghi<sup>2\*</sup>, A. Rajaei<sup>3</sup>, Sh. Mojerlou<sup>2</sup>

Received: 2018.11.03

Accepted: 2019.09.14

**Introduction:** Fresh grapes (*Vitis vinifera* L.) show severe lesions at the post-harvest stage and during the storage period. Decreasing the quality of grapes in the post-harvest stage limits its consumption and commercialization. Some methods such as using bio-control agents, natural antimicrobials, physical methods, disinfectants agents, GRAS, (ozone, ethanol, acetic acid) have been used to control *Botrytis cinerea* after harvest. Encapsulation of the essential oils will increase their ability by increasing the effectiveness of the essential oils. Currently, chitosan has been interested for encapsulating bioactive compounds, as they are generally known to be safe and possess superior biological properties such as biodegradability, biocompatibility and non-toxicity. The aim of this study was to encapsulate thyme essential oil in chitosan nanogels to enhance and maintain its antifungal effect against *B. cinerea* in vitro and in vitro on Shahroodi red grape.

**Materials and methods:** For the purpose of this study, chitosan nanogels were first prepared and the infrared spectrum of chitosan-meric acid nanogels was measured using FT-IR430 infrared spectrophotometer at 20 ° C. The morphology of chitosan-meric acid nanogels and encapsulated essential oil was analyzed by SEM. Release test was then performed to determine the release rate of thyme essential oil encapsulated in chitosan-meric acid nanogels. Effect of chitosan-meristic acid nanogels at three levels of 0, 150 and 300 µl/L, pure thyme essential oil and thyme essential oil encapsulated in chitosan-meristic acid nanogels at three levels of 0, 75 and 150 µl / L in vitro and on the shelf life of grape fruits was studied under modified atmospheric conditions during 72 days storage at 2 to 4 °C. During storage, some traits such as firmness by manual penetrometer, electrical conductivity of fruit tissue, some components of fruit skin color and soluble solids were assessed by a refractometer.

**Results and discussion:** Infrared spectroscopy (FTIR) results confirmed the successful coupling between chitosan amin groups and carboxylic acid-meristic acid groups and scanning electron microscopy image showed that the particle size of chitosan-meric acid nanogel was than 100 nm. The Comparison of the particle size in the present study with the previous studies on the size of chitosan-meric acid nanogels was smaller and more uniform. These differences could be related to several reasons, transform the long chitosan chain into smaller fragments by initial sonication, the important role of ultrasound in the reduction of the particle size and passing the nanogels through the filter. Release test showed that the diffusion of thyme essential oil from chitosan-meric acid nanogels has a two-step process. The chitosan-meric acid nanogels prepared in this study have hydrophilic (chitosan polymer) and hydrophilic (meristic acid fatty acid chain) regions, which led to the gradual release of thyme essential oil due to their hydrophobic nature. The results of the infected packaged berries confirmed that with increasing concentration of thyme essential oil, the antifungal effect was also increased. Evaluation of the effects of essential oil and nanogels - essential oils on grape berries infected with pathogenic spores showed the highest number of spores in control treatment ( $10.125 \times 10^5$  per ml) and the lowest number in NE2 ( $1.375 \times 10^5$  per ml) were observed. Coating treatments of chitosan-meric acid nanogel and thyme essential oil encapsulated in chitosan-meric acid nanogels showed better results at higher concentrations, but in the case of essential oil, lower spores were observed. The lowest electrical conductivity and discoloration, the highest L\* component and chroma index were observed in thyme essential oil treatment with concentration of 75 µl/l. The results showed that the lower concentrations of the essential oil in the control of *botrytis cinerea* was better than the pure essential oils, whereas in the experiments on the storage of grape fruit, the treatment of thyme essential oil with a concentration of 75 µl/l It showed the most favorable result. Based on the results of the present study, the effect of essential oil nano-gel and essential oil alone on the shelf life after harvesting of grapes packed with polyethylene film confirmed that the essential oil performance was better than the essential oil nanogel. The lower performance of the essential oil nanogel than that of the essential oil alone can be due to inhibition of the essential oil diffusion through the packaging film while, the encapsulated essential oil release slower than the essential oil alone, it is likely to have an effect longer than expected in this study for the storage period of the grape. Considering this case and the antimicrobial

(\* - Corresponding Author Email: [hbodaghi@shahroodut.ac.ir](mailto:hbodaghi@shahroodut.ac.ir))

capability of essential oil nanogel, it is necessary to investigate the effect of essential oil nanogel compared to essential oil on longevity of grapes for a longer of storage period.

**Key words:** Nanoencapsulation; anti-fungal; Thyme essential oil; *Botrytis cinerea*; grape

## مقاله علمی- پژوهشی

# ارزیابی ویژگی‌های میکروبی، شیمیایی و حسی گوشت گوسفندی پوشش‌دهی شده با موسیلاژ فرنجمشک در ترکیب با اسانس زنیان جهت افزایش عمر انبارمانی در دمای یخچال

بهروز عزیزاده بهبهانی<sup>\*1</sup> - فخری شهیدی<sup>2</sup>

تاریخ دریافت: 1398/05/22

تاریخ پذیرش: 1398/06/23

### چکیده

در این پژوهش، موسیلاژ از دانه‌های کامل فرنجمشک با استفاده از آب گرم استخراج شد. پوشش ضد میکروبی موسیلاژ دانه فرنجمشک همراه با غلظت‌های صفر، 1، 1/5 و 2 درصد اسانس زنیان تولید شد. آزمون‌های میکروبی (شمارش کلی، شمارش باکتری‌های سرمادوست، شمارش کلی قارچ‌ها (کپک و مخمر)، اشرفی‌اکلی و استافیلوکوکوس اورئوس)، برخی از آزمون‌های شیمیایی (عدد پراکسید و pH) و ارزیابی حسی (رنگ، بو و پذیرش کلی) برای نمونه‌های گوشت گوسفندی نگهداری شده در دمای یخچال (4 درجه سانتی‌گراد) در روزهای صفر، 3، 6 و 9 انجام پذیرفت. براساس آزمون‌های میکروبیولوژی زمان ماندگاری نمونه پوشش داده شده با موسیلاژ فرنجمشک (فاقد اسانس) و نمونه‌های پوشش‌دهی شده حاوی غلظت‌های 1، 1/5 و 2 درصد اسانس زنیان نسبت به نمونه کنترل (فاقد پوشش و اسانس) به ترتیب 3، 6 و 6 روز افزایش یافت. نتایج نشان داد که pH نمونه‌های گوشت گوسفندی پوشش داده شده با موسیلاژ فرنجمشک و نمونه‌های حاوی اسانس زنیان نسبت به نمونه کنترل در طول دوره نگهداری (9 روز) کمتر بود. نتایج نشان داد که میزان عدد پراکسید در نمونه کنترل از 0/4 تا 9/7 میلی‌اکی‌والان پراکسید در طی 9 روز نگهداری در دمای یخچال افزایش یافت. به‌طور کلی پوشش خوراکی ضد میکروبی موسیلاژ دانه فرنجمشک حاوی اسانس زنیان به‌خوبی توانست عمر انبارمانی گوشت گوسفندی را در دمای یخچال افزایش دهد.

**واژه‌های کلیدی:** پوشش خوراکی، عدد پراکسید، عمر ماندگاری، موسیلاژ.

### مقدمه

گوشت قرمز یک ترکیب مهم در رژیم غذایی به حساب می‌آید. در هرم غذایی، گوشت و فرآورده‌های آن همراه با سایر گروه‌های غذایی مانند مرغ، ماهی و تخم‌مرغ به‌عنوان منبع پروتئین در نظر گرفته می‌شوند. گوشت قرمز یک منبع عمده پروتئینی است که دارای ارزش بیولوژیکی بالایی بوده و منبع بسیار خوبی از اسیدهای چرب ضروری، ویتامین‌های محلول، مواد معدنی و عناصر کم مقدار است. به دلیل ترکیبات موجود در گوشت قرمز، می‌توان این ماده غذایی را به‌عنوان یک محیط کشت ایده‌آل جهت رشد میکروارگانیسم‌ها در نظر گرفت. با توجه به حساسیت و فسادپذیری بالای گوشت، امروزه از روش‌های مختلفی جهت افزایش عمر ماندگاری این محصول با ارزش استفاده می‌شود. یکی از روش‌هایی که به تازگی مورد توجه پژوهشگران در صنعت غذا قرار گرفته است، استفاده از پوشش‌ها و فیلم‌های خوراکی

حاوی ترکیبات ضد میکروبی طبیعی جهت ارتقا و حفظ کیفیت گوشت و فرآورده‌های آن می‌باشد (Garriga et al., 2004; Alizadeh et al., 2017a).

پوشش‌ها و فیلم‌های خوراکی حاوی ترکیبات ضد میکروبی (اسانس، عصاره و...) برای افزایش عمر انبارمانی مواد غذایی بدون از دست دادن بازاریابی استفاده می‌شوند. پوشش‌های خوراکی ضد میکروبی از طریق آزادسازی تدریجی ترکیبات ضد میکروبی آلودگی سطحی مواد غذایی را کاهش داده و باعث افزایش عمر نگهداری محصولات می‌شوند (Buonocore et al., 2003; Buonocore et al., 2005). پوشش‌های خوراکی، لایه‌ای یکپارچه و نازکی هستند که بر سطح مواد غذایی قرار می‌گیرند. این پوشش‌ها، نه تنها برای حذف بسته‌بندی غیر خوراکی استفاده می‌شوند، بلکه عمدتاً می‌توانند به همراه بسته‌بندی‌های مرسوم، به بهبود کیفیت و ماندگاری محصول، کاهش تعداد لایه‌های بسته‌بندی، محافظت در برابر آسیب‌های مکانیکی،

\*- نویسنده مسئول: (Email: B.alizadeh@asnrukh.ac.ir  
DOI: 10.22067/ifstrj.v16i4.82449

1- استادیار، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی، ایران.  
2- استاد، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

نسبت آب به دانه (1:20) بود. pH آب جهت استخراج موسیلاژ توسط سدیم هیدروکسید و اسید هیدروکلرید 0/1 مولار تنظیم شد. موسیلاژ استخراجی شده با استفاده از اکستراکتور مجهز به صفحه چرخنده (استخراج کننده آزمایشگاهی، پارس خزر، ایران) جدا گردید و پس از عبور از صافی، در دمای 40 درجه سانتی‌گراد به روش آون خشک شد. موسیلاژ استخراجی خشک شده توسط آسیاب آزمایشگاهی پودر شده و از الک عبور داده شد. در نهایت موسیلاژ به دست آمده در شرایط خشک و خنک تا انجام آزمون‌ها، نگهداری شد (Alizadeh et al., 2017b).

#### تهیه اسانس زنیان

مقدار 50 گرم از گیاه پودر شده زنیان همراه با 500 میلی‌لیتر آب مقطر به دستگاه کلونجر شیشه‌ای ساخت شرکت آداک که اساس کار آن تقطیر آبی است منتقل و به مدت 3 ساعت با سرعت تقطیر یک میلی‌لیتر در دقیقه عمل اسانس‌گیری انجام گرفت. اسانس زنیان جمع آوری شده در دمای 4 درجه سانتی‌گراد نگهداری شد (میرزایی و همکاران، 1397).

#### تهیه گوشت گوسفندی، پوشش‌دهی و آزمون‌های زمان ماندگاری

با رعایت شرایط بهداشتی گوشت گوسفندی خریداری شده داخل کیسه‌های پلاستیکی استریل حاوی یخ به آزمایشگاه میکروبیولوژی صنعتی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد انتقال یافت. پس از انتقال به آزمایشگاه، آزمایش‌های مختلف میکروبیولوژی، شیمیایی و ترکیبات تشکیل دهنده روی نمونه گوشت گوسفندی انجام پذیرفت. 2 گرم از موسیلاژ استخراج شده با آب مقطر استریل به حجم 100 میلی‌لیتر رسانیده شد و توسط همزن مغناطیسی حرارت داده و مخلوط گردید. اسانس زنیان استریل شده (به‌عنوان ترکیب ضد میکروبی طبیعی) به محلول موسیلاژ اضافه شد (جهت حل شدن بهتر اسانس زنیان در محلول موسیلاژ از توئین 80 درصد نیز استفاده شد). در مرحله بعد نمونه‌های گوشت گوسفندی با غوطه‌ور کردن در محلول موسیلاژ فرنجمشک به مدت یک دقیقه پوشش‌دار شدند. یک گروه نیز بدون پوشش و به‌عنوان گروه کنترل انتخاب شد (سمیعی، 1397).

#### آزمون‌های میکروبیولوژی گوشت گوسفندی در زمان نگهداری در دمای یخچال

مقدار 5 گرم نمونه گوشت گوسفندی به همراه 45 میلی‌لیتر آب پپتونه 0/1 درصد به مدت یک دقیقه هموزن شد. سپس رقت‌های بعدی در لوله‌های حاوی آب پپتونه 0/1 درصد تهیه شد و در پلیت‌های حاوی محیط کشت اختصاصی عمل تلقیح انجام شد. شمارش کلی

فیزیکی، شیمیایی و میکروبی نیز کمک کنند (Bahram et al., 2014). امروزه، پوشش‌ها و فیلم‌های خوراکی در بسیاری از موارد به‌طور کامل جایگزین پوشش‌های پلیمری سنتزی یا ترموپلاستیک شده‌اند. پوشش‌ها و فیلم‌های خوراکی می‌توانند از انواع مختلفی از مواد خام شامل هیدروکلوئیدها (پلی‌ساکاریدها و پروتئین‌ها)، چربی‌ها و کامپوزیت‌ها (ترکیبی ساخته شده از دو مورد قبلی) تهیه گردند. از کربوهیدرات‌های مورد استفاده به‌عنوان پوشش‌های خوراکی می‌توان به دکسترین، کیتوزان، نشاسته و مشقات سلولز، آلژینات، موسیلاژها و صمغ‌های گیاهی اشاره نمود (سمیعی، 1397؛ جوی، 1392).

فرنجمشک که به نام‌های افرنجمشک، فرنجمسک، فرنجموشک، پلنجمشک، ریحان قرنفل و برنجمشک نیز شناخته می‌شود، گیاهی از تیره نعناعیان است. فرنجمشک به حالت خودرو در اکثر نواحی معتدل آسیا (از جمله ایران) رشد می‌کند. در ایران این گیاه در استان‌های گلستان، مازنداران، تهران و لرستان یافت می‌شود. در طب سنتی از این گیاه به‌عنوان بادشکن، ضد تشنج، تقویت‌کننده معده و افزایش ترشحات صفرا استفاده می‌شود. دانه‌های این گیاه چنانچه در معرض آب گرم قرار بگیرند می‌توانند ایجاد موسیلاژ نموده که می‌توان از آن جهت بهبود گلو درد و سرماخوردگی بهره برد (Awad et al., 2003; Bergeron et al., 2005).

تاکنون هیچگونه پژوهشی در زمینه تولید پوشش خوراکی از موسیلاژ فرنجمشک حاوی اسانس زنیان جهت افزایش عمر ماندگاری گوشت گوسفندی انجام نشده است. براساس پژوهش‌های پیشین موسیلاژ استخراج شده از دانه فرنجمشک قابلیت تولید پوشش خوراکی با ویژگی‌های مطلوب را دارا می‌باشد. در این پژوهش، اثر کاربرد پوشش خوراکی بر پایه موسیلاژ دانه فرنجمشک حاوی اسانس زنیان بر ویژگی‌های میکروبی، شیمیایی و حسی گوشت تازه گوسفندی در طول نگهداری در دمای یخچال (4 درجه سانتی‌گراد) مورد بررسی قرار گرفت.

#### مواد و روش‌ها

##### استخراج موسیلاژ از دانه فرنجمشک

دانه‌های فرنجمشک از عطاری در شهرستان مشهد (خراسان رضوی) خریداری شد. جهت برطرف کردن ناخالصی‌ها (کاه، برگ و ...) عمل بوجاری کردن دانه‌ها توسط الک آزمایشگاهی انجام شد. دانه‌های تمیز و پاک شده فرنجمشک تا انجام آزمون استخراج موسیلاژ در کیسه‌های پلاستیکی زیپ‌دار در دمای اتاق (25 درجه سانتی‌گراد) نگهداری شد. جهت استخراج موسیلاژ از دانه‌های فرنجمشک از آب گرم (عمده‌ترین روش مورد استفاده به‌منظور استخراج پلی‌ساکاریدها محسوب می‌شود) استفاده گردید. شرایط استخراج موسیلاژ از دانه فرنجمشک شامل: دما (60 درجه سانتی‌گراد)، زمان (25 دقیقه) و



### ارزیابی حسی

رنگ، بو و پذیرش کلی نمونه‌های گوشت گوسفندی توسط 15 ارزیاب آموزش دیده مورد بررسی قرار گرفت. در مورد هر یک از ویژگی‌ها امتیاز 9 به نمونه بسیار خوشایند و امتیاز 1 به نمونه بسیار ناخوشایند داده شد. نمونه‌ها با امتیاز کمتر از 4 به‌عنوان نمونه غیرقابل پذیرش تعریف شد. هنگام انجام آزمون حسی شرایط مشابه نور و دمایی برای تمامی ارزیاب‌ها یکسان بود (جوکی، 1392).

### تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

میانگین‌های به‌دست آمده برای آنالیزهای آماری استفاده شد. معنی‌دار بودن نتایج آنالیز واریانس در سطح 5 درصد و با مقایسه میانگین انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با کمک نرم‌افزار SPSS (Version 18.0, SPSS Inc., Chicago, USA) انجام پذیرفت.

### نتایج و بحث

#### تغییرات بار میکروبی کل گوشت گوسفندی طی زمان

##### نگهداری

کاهش کیفیت ماده غذایی در طول زمان نگهداری در اثر آلودگی‌های میکروبی صورت می‌گیرد. این آلودگی‌ها می‌توانند منجر به فساد و مسمومیت شوند که این امر در ارتباط با برخی از مواد غذایی مانند گوشت قرمز (به دلیل فسادپذیری بالا) با شدت بیشتری صورت گرفته و علاوه بر تهدید سلامت مصرف کننده باعث ضررهای اقتصادی نیز می‌شود (Alizadeh Behbahani et al., 2018).

میکروارگانیزم‌های زنده (استاندارد ملی ایران، شماره 5272)، شمارش باکتری‌های سرما دوست (استاندارد ملی ایران، شماره 2629)، شمارش قارچ‌ها (استاندارد ملی ایران، شماره 997)، شمارش باکتری اشرشیا کلی (استاندارد ملی ایران، شماره 2946)، شمارش باکتری استافیلوکوکوس اورئوس (استاندارد ملی ایران، شماره 1-6806) انجام پذیرفت.

#### اندازه‌گیری تغییرات عدد پراکسید نمونه‌های گوشت در

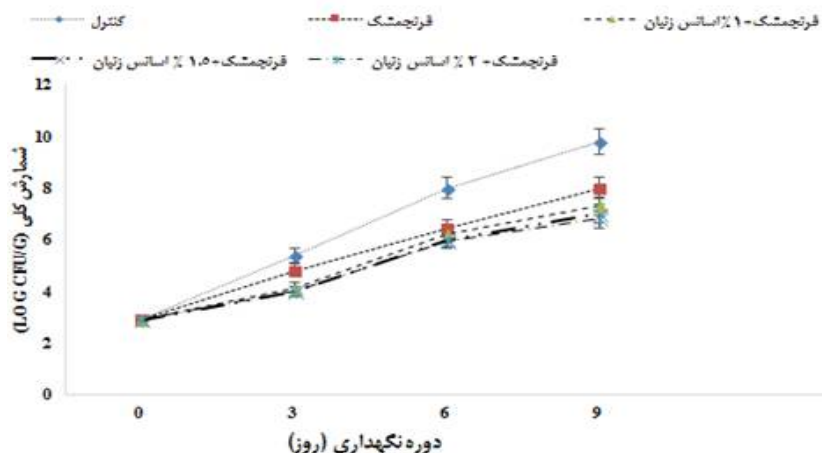
##### زمان نگهداری در دمای یخچال

برای این منظور، پس از استخراج چربی از نمونه‌های گوشت گوسفندی، حدود 30 میلی‌متر مخلوط اسید استیک و کلروفرم و 0/5 میلی‌متر یدور پتاسیم به آن اضافه شد و به مدت 2 دقیقه همزده شد. 30 میلی‌متر آب مقطر به آن افزوده و دوباره عمل همزدن تکرار شد. تشکیل حلقه بنفش یا ارغوانی در قسمت بالای ظرف نشان‌دهنده وجود پراکسید بوده، لذا در ادامه با استفاده از تیوسولفات سدیم 0/01 نرمال تا بی‌رنگ شدن محلول عمل تیتراسیون را انجام داده و میزان عدد پراکسید بر حسب میلی‌اکی‌والان اکسیژن در هر کیلوگرم طبق معادله 1، محاسبه شد (AOAC, 2002).

$$1) \quad \text{عدد پراکسید} = \frac{\text{حجم مصرفی تیوسولفات} \times \text{نرمالیت}}{\text{وزن نمونه روغن}} \times 1000$$

#### اندازه‌گیری تغییرات pH

برای اندازه‌گیری pH، ابتدا میزان 10 گرم از نمونه‌های گوشت گوسفندی درون بطری حاوی 90 میلی‌لیتر آب مقطر ریخته و هم‌وزن گردید. با دستگاه pH متر، pH در دمای اتاق اندازه‌گیری شد. میانگین 3 بار تکرار برای هر یک از نمونه‌های گوشت گوسفندی ثبت شد (استاندارد ملی ایران، شماره 1028).



شکل 1- تغییرات بار میکروبی کل نمونه‌های گوشت گوسفندی (کنترل، پوشش‌دهی شده با موسیلاژ فرنچمشک، پوشش‌دهی با موسیلاژ فرنچمشک حاوی غلظت‌های مختلف اسانس زنیان) نگهداری شده در دمای یخچال.

میکروارگانسیم‌ها جلوگیری کرده به نحوی که میزان ماندگاری در این تیمار 3 روز بیشتر از نمونه کنترل بود. نتایج به دست آمده از این پژوهش با یافته‌های طباطبایی یزدی و همکاران (1396)، همخوانی داشت.

### تغییرات باکتری‌های سرمادوست گوشت گوسفندی طی زمان نگهداری

باکتری‌های سرمادوست رایج‌ترین باکتری‌های فاسدکننده در سطح گوشت و فراورده‌های گوشتی در دمای یخچال هستند. نتایج مربوط به تغییرات باکتری‌های سرمادوست در نمونه‌های کنترل و تیمار شده در شکل 2، نشان داده شده است. نتایج آنالیز واریانس و مقایسه میانگین شمارش باکتری‌های سرمادوست نشان داد که میان تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری (در سطح 5 درصد) وجود دارد. کم‌ترین تغییر باکتری‌های سرمادوست مربوط به تیمار فرنجمشک + 2% اسانس زنیان بود. نتایج نشان داد که اختلاف معنی‌داری در سطح 5 درصد بین تیمارهای مختلف (فرنجمشک + 1% اسانس زنیان، فرنجمشک + 1/5% اسانس زنیان و فرنجمشک + 2% اسانس زنیان) وجود ندارد، هرچند شیب افزایش تعداد باکتری‌های سرمادوست در نمونه فرنجمشک + 2% اسانس زنیان نسبت به سایر تیمارها کم‌تر بود. سودوموناس‌ها، میکروارگانسیم‌هایی به شدت هوازی هستند و قادر نیستند در غیاب اکسیژن زنده بمانند (Alizadeh Behbahani et al., 2017a). پوشش موسیلاژ فرنجمشک، به‌عنوان یک ممانعت‌کننده در مقابل اکسیژن منجر به ممانعت از رشد سودوموناس‌ها که از مهم‌ترین باکتری‌های سرمادوست هستند شده است. علی‌زاده بهبهانی همکاران (2018)، نیز به نتایج مشابه‌ای دست یافتند. سودوموناس از طریق تولید لپیز و پروتاز خارج سلولی باعث کاهش کیفیت گوشت گوسفندی می‌شوند. بنابراین با کاهش ورود اکسیژن به لایه‌های سطحی گوشت گوسفندی پوشش‌دهی شده با موسیلاژ دانه فرنجمشک رشد باکتری‌های سرمادوست تا حدود زیادی کنترل می‌شود (McMillin, 2008).

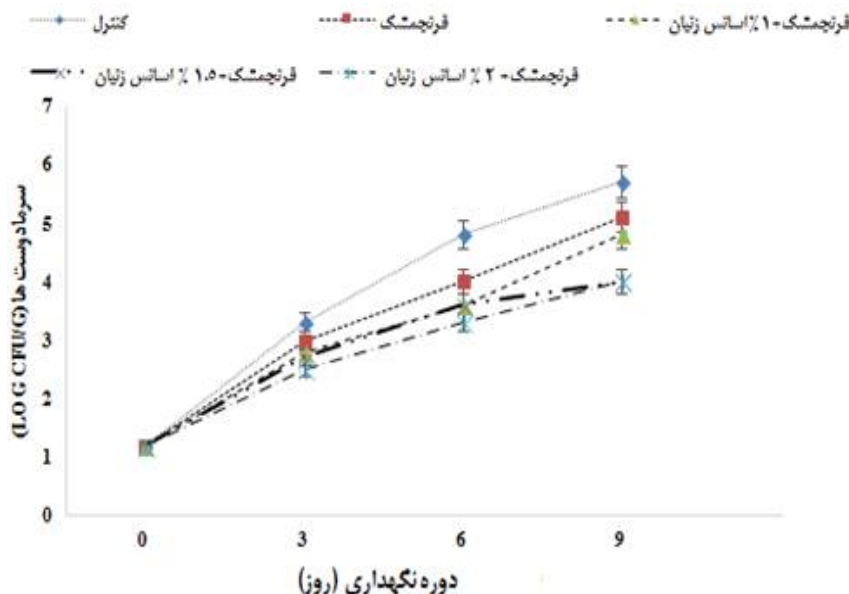
### تغییرات باکتری‌های اثرشیاکلی و استافیلوکوکوس اورئوس گوشت گوسفندی طی زمان نگهداری

نتایج تغییرات باکتری‌های اثرشیاکلی و استافیلوکوکوس اورئوس به ترتیب در شکل 3 (A و B) نشان داده شده است. نتایج نشان داد که شمارش باکتری‌های اثرشیاکلی و استافیلوکوکوس اورئوس در طی مدت زمان نگهداری نمونه‌های گوشت گوسفندی در تمامی تیمارها افزایش یافت. اما شیب افزایش در تیمارهای حاوی اسانس زنیان نسبت به نمونه‌های کنترل و فاقد اسانس کم‌تر بود. مطالعات مختلف نشان می‌دهد که ترکیبات فنلی موجود در اسانس و پوشش‌های خوراکی

نتایج تغییرات شمارش کلی گوشت گوسفندی نگهداری شده در دمای 4 درجه سانتی‌گراد در طول دوره نگهداری (9 روز) در شکل 1، نشان داده شده است. نتایج نشان داد که تعداد اولیه بار میکروبی کل برابر با  $2/9 \log \text{CFU}^1/\text{g}$  بود. طبق استاندارد این میزان بار میکروبی نشان‌دهنده کیفیت مناسب و قابل قبول برای نمونه گوشت گوسفندی می‌باشد. نتایج نشان داد در طی مدت زمان نگهداری برای نمونه‌های کنترل، نمونه پوشش داده شده با موسیلاژ فرنجمشک و نمونه‌های پوشش‌دهی شده با موسیلاژ حاوی غلظت‌های مختلف اسانس زنیان، میزان بار میکروبی کل افزایش یافت. میزان افزایش بار میکروبی کل در نمونه‌های حاوی غلظت‌های مختلف اسانس کم‌تر از نمونه کنترل و نمونه پوشش داده با موسیلاژ دانه فرنجمشک بود. نتایج نشان داد در روز نهم نگهداری نمونه‌های گوشت گوسفندی پوشش شده با موسیلاژ دانه فرنجمشک حاوی غلظت‌های مختلف اسانس زنیان که شامل: فرنجمشک + 1% اسانس زنیان، فرنجمشک + 1/5% اسانس زنیان و فرنجمشک + 2% اسانس زنیان بود، اختلاف معنی‌داری با نمونه کنترل دارد. بین نمونه گوشت گوسفندی پوشش داده با موسیلاژ دانه فرنجمشک و نمونه کنترل در روز نهم اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، اما شیب افزایش بار میکروبی کل در نمونه پوشش داده شده با فرنجمشک نسبت به نمونه کنترل کم‌تر بود. نتایج آنالیز آماری نشان داد بین نمونه کنترل با سایر تیمارها در روز سوم اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. شاید بتوان دلیل عدم معنی‌دار بودن کاهش تعداد باکتری‌ها را به رهاش اسانس زنیان در پوشش موسیلاژ فرنجمشک ذکر نمود. زیرا اسانس زنیان باید بتواند از پوشش فرنجمشک رها شده و بر میکروارگانسیم‌های موجود در سطح گوشت گوسفندی اثر بگذارد. براساس نظر کمیسیون بین‌المللی استانداردهای میکروبی مواد غذایی<sup>2</sup> حداکثر میزان مجاز بار میکروبی در گوشت گوسفندی تازه  $7 \log \text{CFU}/\text{g}$  می‌باشد (ICMSF, 1986). میزان بار میکروبی کل برای نمونه‌های کنترل در روز سوم به بعد از حد مجاز استاندارد بیشتر بود که نشان می‌دهد حداکثر ماندگاری براساس آنالیز میکروبی 3 روز بود. برای نمونه‌های فرنجمشک + 1% اسانس زنیان، فرنجمشک + 1/5% اسانس زنیان و فرنجمشک + 2% اسانس زنیان نیز مانند نمونه‌های کنترل بار میکروبی کل با افزایش زمان ماندگاری افزایش یافت، اما این افزایش با شیب کمتری بود. بیشترین ممانعت از رشد میکروارگانسیم‌ها در پژوهش حاضر در مورد نمونه‌هایی گوشت گوسفندی تحت تیمار فرنجمشک + 2% اسانس زنیان بود. شمارش کلی میکروارگانسیم‌ها در روز 9 نگهداری در تیمار فرنجمشک + 2% اسانس زنیان از حد مجاز بیشتر نشد. نتایج نشان داد که گوشت گوسفندی پوشش داده شده با موسیلاژ دانه فرنجمشک تا حدودی از رشد

پژوهشگران نشان داد که پوشش بالنگوی شیرازی حاوی اسانس توانست میزان شمارش باکتری‌های استافیلوکوکوس اورئوس و اشرشیاکلی را نسبت به نمونه کنترل کاهش دهد. نتایج این پژوهشگران با یافته‌های مطالعه حاضر همخوانی داشت.

می‌تواند عاملی در جهت کنترل رشد باکتری‌های عامل فساد باشد (Alizadeh Behbahani et al 2017a). علیزاده بهبهانی و همکاران (2018)، پوشش ضد میکروبی بر پایه موسیلاژ بالنگوی شیرازی حاوی اسانس را بر قطعات گوشت گاو مورد بررسی قرار دادند. نتایج این



شکل 2- تغییرات باکتری‌های سرمادوست نمونه‌های گوشت گوسفندی (کنترل، پوشش دهی شده با موسیلاژ فرنجمشک، پوشش دهی با موسیلاژ فرنجمشک حاوی غلظت‌های مختلف اسانس زنیان) نگهداری شده در دمای یخچال.

شده است. نتایج نشان داد که تغییرات pH در نمونه کنترل از 5/8 روز اول به 6/9 در روز نهم افزایش یافت. در طی زمان نگهداری pH نمونه‌های گوشت گوسفندی در تیمارهای فرنجمشک + 1% اسانس زنیان، فرنجمشک + 1/5% اسانس زنیان و فرنجمشک + 2% اسانس زنیان نیز افزایش یافت. مقدار pH گوشت گوسفندی پس از کشتار متفاوت و تحت تاثیر عوامل مختلفی همانند سن دام، جنس، تغذیه و شرایط کشتار می‌باشد (Alizadeh Behbahani et al 2017a, c). در مدت زمان نگهداری گوشت مقدار pH تحت تاثیر تغییرات ترکیبات نیتروژن دار و فعالیت باکتری‌ها قرار می‌گیرد. در اثر استفاده باکتری‌ها از اسیدهای آمینه، آمونیاک تولید می‌شود که در نهایت pH افزایش می‌یابد. pH اولیه نمونه‌های گوشت گوسفندی برابر با 5/8 بود. آنالیز واریانس و نتایج آماری نشان داد که pH نمونه‌های گوشت گوسفندی پوشش داده شده با موسیلاژ فرنجمشک و نمونه‌های حاوی اسانس زنیان نسبت به نمونه کنترل در طول دوره نگهداری (9 روز) کم‌تر بود. پوشش موسیلاژ فرنجمشک (حاوی اسانس زنیان یا بدون اسانس) روی گوشت گوسفندی باعث کاهش رشد میکروارگانیسم‌ها گردیده، در نتیجه با کاهش بار میکروبی روند تخریب بافت گوشت گوسفندی کندتر شد. از سویی دیگر تنفس گوشت و فعالیت میکروبی باعث تولید

### شمارش کلی قارچ‌ها (کپک و مخمر) گوشت گوسفندی طی زمان نگهداری

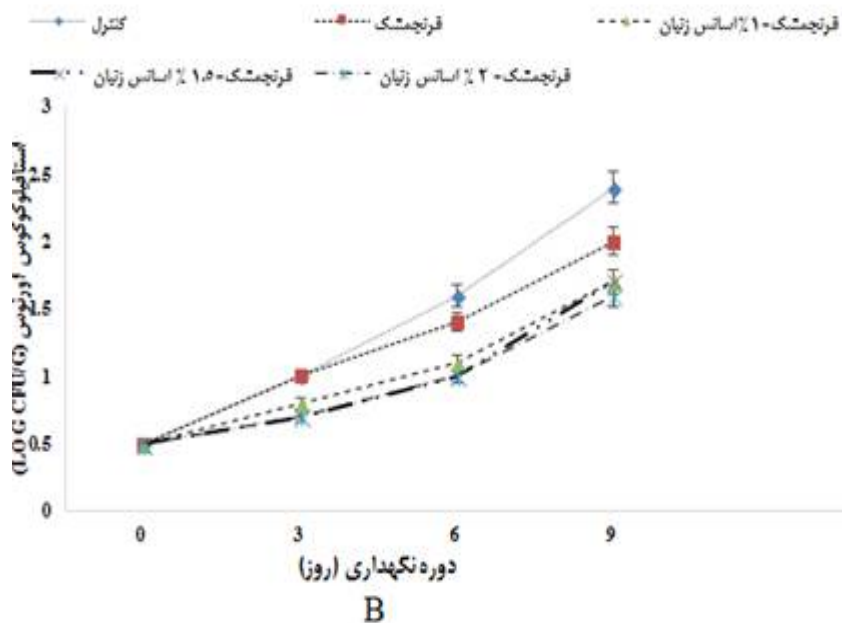
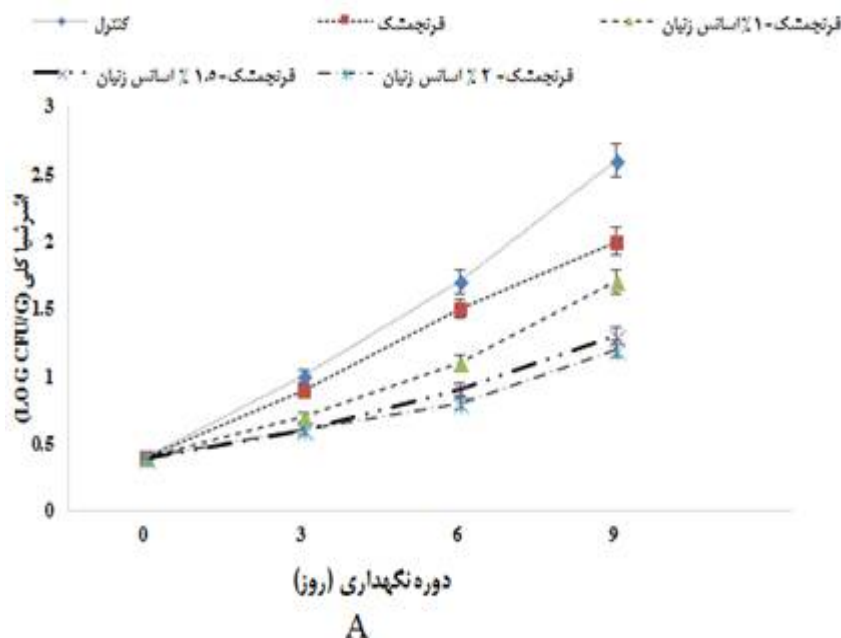
نتایج نشان داد هر چند نمونه‌های مختلف اسانس زنیان سبب کاهش رشد قارچ‌ها (کپک و مخمر) در روزهای مختلف نسبت به نمونه کنترل شده است، اما این اختلاف در سطح 5 درصد معنی‌دار نبود. در کل، نتایج شمارش قارچ‌ها در نمونه‌های گوشت گوسفندی در شکل 4 نشان داد که تعداد کپک‌ها و مخمرها در تمامی نمونه‌ها، در پایان دوره نگهداری افزایش یافت و این روند افزایشی در نمونه کنترل بیشتر از سایر نمونه‌ها بود. نتایج نشان داد که شیب روند افزایشی در نمونه‌های حاوی اسانس زنیان ملایم‌تر بود. دلیل کاهش رشد قارچ‌ها در نمونه‌های پوشش داده شده با موسیلاژ فرنجمشک را می‌توان به دلیل ممانعت‌کنندگی از ورود اکسیژن به وسیله پوشش فرنجمشک ذکر نمود. طباطبایی یزدی و همکاران (1396)، نیز به نتایج مشابه‌ای دست یافتند

### تغییرات pH گوشت گوسفندی نگهداری شده در دمای یخچال

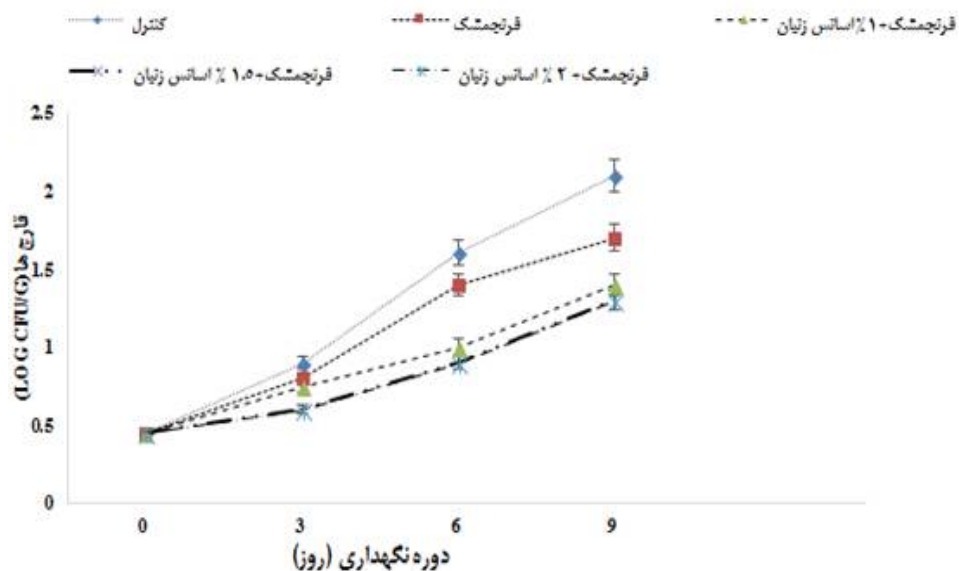
نتایج تغییرات pH گوشت گوسفندی نگهداری شده در دمای 4 درجه سانتی‌گراد در طول دوره نگهداری (9 روز) در شکل 5، نشان داده

دی‌اکسیدکربن را کاهش داده و متعاقباً باعث افزایش غلظت گاز دی‌اکسیدکربن شده است که این افزایش غلظت گاز با کاهش pH همراه است که به نوبه خود می‌تواند روی کاهش فلور میکروبی گوشت گوسفندی نیز مؤثر باشد.

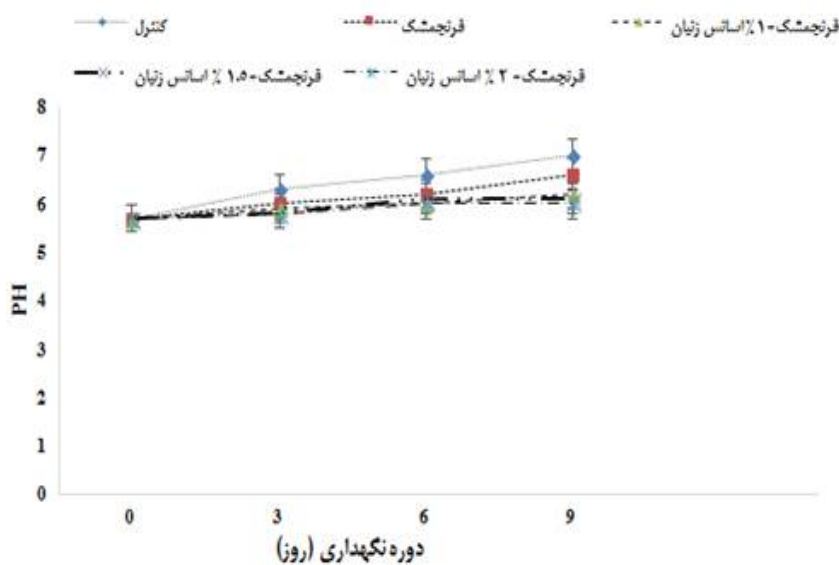
دی‌اکسید کربن می‌شود. طباطبایی یزدی و همکاران (1396)، گزارش دادند که نوع و غلظت اسانس به کار رفته در پوشش‌ها بر نفوذپذیری نسبت به گاز دی‌اکسیدکربن مؤثر است. به نظر می‌رسد حضور اسانس زنیان در پوشش خوراکی موسیلاژ دانه فرنجمشک نفوذپذیری به گاز



شکل 3- تغییرات باکتری‌های اثرشیاکلی (A) و استافیلوکوکوس اورئوس (B) نمونه‌های گوشت گوسفندی (کنترل، پوشش‌دهی شده با موسیلاژ فرنجمشک، پوشش‌دهی با موسیلاژ فرنجمشک حاوی غلظت‌های مختلف اسانس زنیان) نگهداری شده در دمای یخچال.



شکل 4- تغییرات شمارش کلی قارچ‌ها (کپک و مخمر) نمونه‌های گوشت گوسفندی (کنترل، پوشش دهی شده با موسیلاژ فرنجمشک، پوشش دهی با موسیلاژ فرنجمشک حاوی غلظت‌های مختلف اسانس زنیان) نگهداری شده در دمای یخچال.



شکل 5- تغییرات pH نمونه‌های گوشت گوسفندی (کنترل، پوشش دهی شده با موسیلاژ فرنجمشک، پوشش دهی با موسیلاژ فرنجمشک حاوی غلظت‌های مختلف اسانس زنیان) نگهداری شده در دمای یخچال.

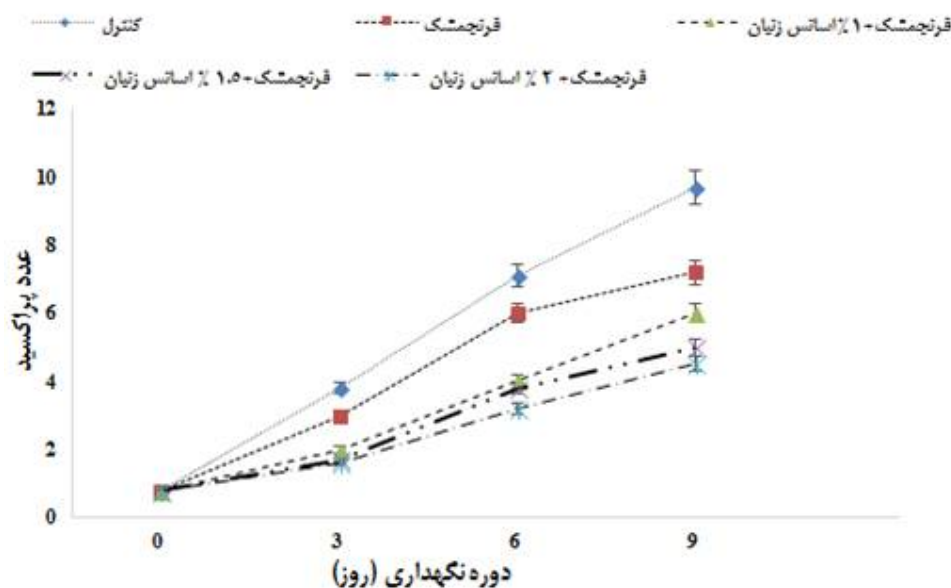
نگهداری در دمای یخچال افزایش یافت. در تمام تیمارهای مورد بررسی عدد پراکسید در طول مدت نگهداری (9 روز) افزایش یافت، این افزایش عدد پراکسید در نمونه پوشش داده شده با موسیلاژ فرنجمشک نسبت به نمونه‌های فرنجمشک + 1% اسانس زنیان، فرنجمشک + 1/5% اسانس زنیان و فرنجمشک + 2% اسانس زنیان دارای شیب بیشتری

تغییرات عدد پراکسید گوشت گوسفندی نگهداری شده در دمای یخچال

نتایج تغییرات عدد پراکسید در نمونه‌های گوشت گوسفندی در شکل 6، نشان داده شده است. نتایج نشان داد که میزان عدد پراکسید در نمونه کنترل از 0/4 تا 9/7 میلی‌اکی‌والان پراکسید در طی 9 روز

میلی‌اکی‌والان می‌باشد. به نظر می‌رسد ترکیبات فنلی موجود در اسانس زنیان به خوبی توانسته اکسیداسیون لیپیدهای موجود در گوشت گوسفندی را مهار نماید. پوشش خوراکی فرنجمشک مانع از نفوذ اکسیژن به سطح گوشت شده، در نتیجه تا حدودی اکسیداسیون لیپیدها نیز مهار شده است. اجاق و همکاران (2010)، نیز علت تاخیر اکسیداسیون در نمونه‌های پوشش داده شده با فیلم کیتوزان حاوی عصاره دارچین را نیز به فعالیت آنتی‌اکسیدانی نسبت دادند. نتایج این پژوهشگران با یافته‌های مطالعه حاضر همخوانی داشت. جوکی و همکاران (2014)، نیز به نتایج مشابه‌ای دست یافتند.

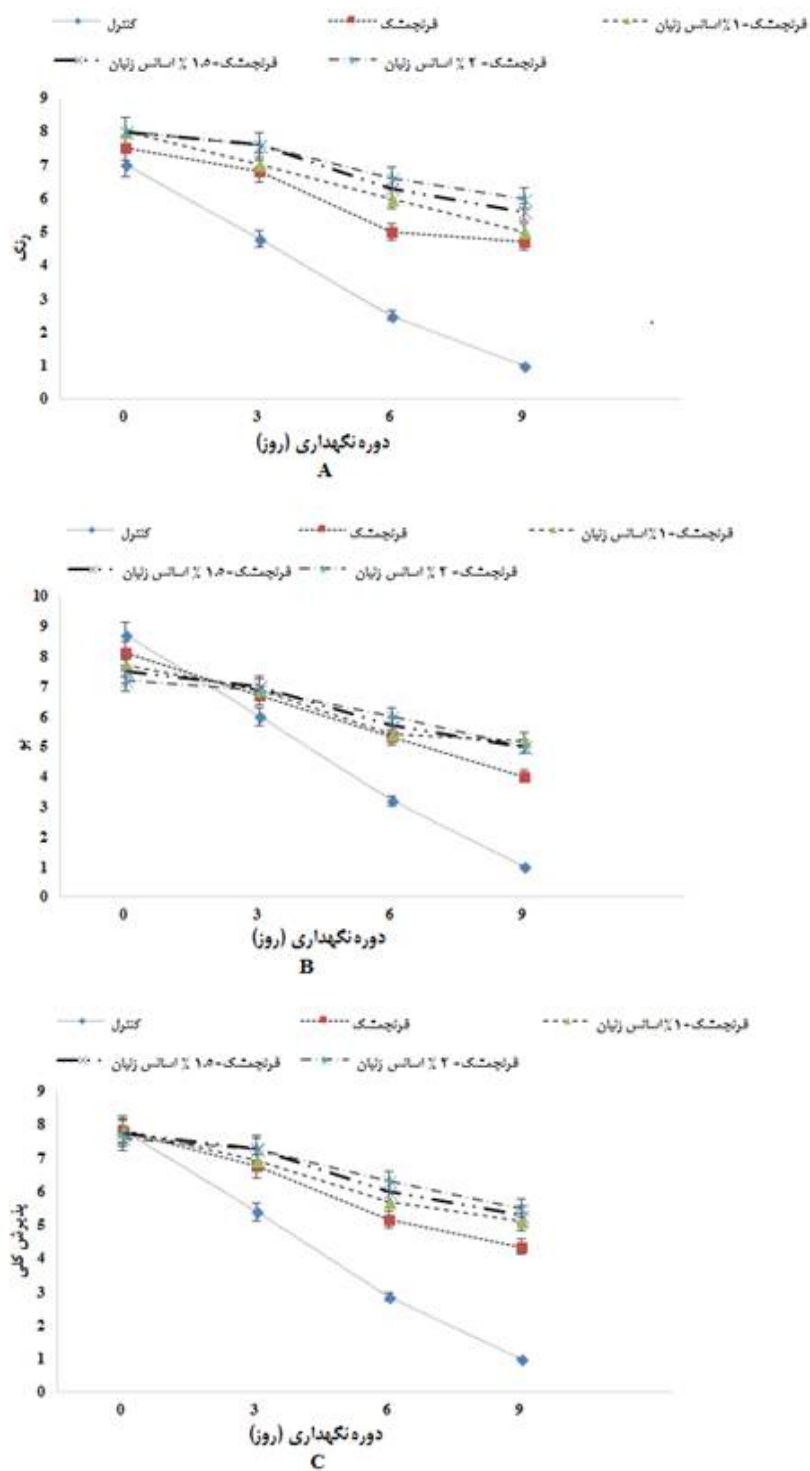
بود. نتایج نشان داد، میزان عدد پراکسید در نمونه پوشش داده شده با موسیلاژ فرنجمشک در روز نهم نگهداری 7/1 میلی‌اکی‌والان پراکسید بود که دارای اختلاف معنی‌داری با نمونه کنترل است ( $p < 0.05$ ). مقایسه بین عدد پراکسید به دست آمده در نمونه‌های پوشش داده شده با موسیلاژ فرنجمشک حاوی غلظت‌های مختلف اسانس زنیان نشان داد که نمونه حاوی 2% اسانس زنیان کم‌ترین عدد پراکسید را داشت ( $p < 0.05$ ). میزان عدد پراکسید محاسبه شده دارای اختلاف معنی‌داری با نمونه‌های کنترل و نمونه پوشش داده شده با موسیلاژ فرنجمشک داشت. براساس استاندارد حد مجاز پراکسید در نمونه گوشت 7



شکل 6- تغییرات عدد پراکسید نمونه‌های گوشت گوسفندی (کنترل، پوشش‌دهی شده با موسیلاژ فرنجمشک، پوشش‌دهی با موسیلاژ فرنجمشک حاوی غلظت‌های مختلف اسانس زنیان) نگهداری شده در دمای یخچال.

داده شده با موسیلاژ فرنجمشک فاقد اسانس زنیان نیز به ترتیب 3 و 6 روز بود. از آنجا که اسانس زنیان دارای بوی شدیدی است، مانع اصلی برای استفاده از آن به عنوان نگهدارنده‌های غذایی می‌باشد. چنانچه اسانس زنیان در شبکه فیلم یا پوشش استفاده شود می‌تواند به‌عنوان راه حلی برای این مشکل استفاده گردد. در این پژوهش پوشش خوراکی موسیلاژ فرنجمشک حاوی اسانس اثر منفی بر خواص حسی نمونه‌ها که توسط ارزیاب‌ها بررسی شد نداشت. طباطبایی یزدی و همکاران (1396)، نیز به نتایج مشابه‌ای دست یافتند.

نتایج ارزیابی حسی (رنگ، بو و پذیرش کلی) گوشت گوسفندی نگهداری شده در دمای یخچال  
نتایج ارزیابی حسی (رنگ، بو و پذیرش کلی) نمونه‌های گوشت گوسفندی نگهداری شده در دمای یخچال در شکل 7 (A، B و C)، نشان داده شده است. نتایج نشان داد که بیشترین زمان ماندگاری (پذیرش کلی) مربوط به نمونه‌های فرنجمشک + 1% اسانس زنیان، فرنجمشک + 1/5% اسانس زنیان و فرنجمشک + 2% اسانس زنیان و به مدت 9 روز بود. زمان ماندگاری برای نمونه کنترل و نمونه پوشش



شکل 7- ارزیابی حسی (رنگ A، بو B و پذیرش کلی C) نمونه های گوشت گوسفندی (کنترل، پوشش دهی شده با موسیلاژ فرنچمشک، پوشش دهی با موسیلاژ فرنچمشک حاوی غلظت های مختلف اسانس زنیان) نگهداری شده در دمای یخچال.

## نتیجه‌گیری

موسیلاژ فرنجمشک فاقد اسانس زنیان به ترتیب 6 و 9 روز به دست آمد، در حالی که مدت ماندگاری برای نمونه‌های فرنجمشک + 1% اسانس زنیان، فرنجمشک + 1/5% اسانس زنیان و فرنجمشک + 2% اسانس زنیان، 9 روز بود. به‌طور کلی پوشش خوراکی ضد میکروبی موسیلاژ دانه فرنجمشک حاوی اسانس زنیان به‌خوبی توانست زمان ماندگاری گوشت گوسفندی را در دمای یخچال افزایش دهد.

در یک جمع‌بندی کلی می‌توان بیان کرد که براساس آنالیزهای حسی بیشترین زمان ماندگاری گوشت گوسفندی مربوط به نمونه‌های فرنجمشک + 1% اسانس زنیان، فرنجمشک + 1/5% اسانس زنیان و فرنجمشک + 2% اسانس زنیان به مدت 9 روز بود. زمان ماندگاری برای نمونه کنترل و نمونه پوشش‌دهی شده با موسیلاژ فرنجمشک فاقد اسانس زنیان نیز به ترتیب 3 و 6 روز بود. براساس آنالیزهای میکروبی (شمارش کلی) زمان ماندگاری گوشت گوسفندی برای نمونه کنترل و نمونه پوشش داده شده با موسیلاژ فرنجمشک فاقد اسانس زنیان به ترتیب 3 و 6 روز به دست آمد، در حالی که مدت ماندگاری برای نمونه‌های فرنجمشک + 1% اسانس زنیان، فرنجمشک + 1/5% اسانس زنیان و فرنجمشک + 2% اسانس زنیان، 9 روز بود. بر اساس تغییرات عدد پراکسید زمان ماندگاری نمونه کنترل و نمونه پوشش داده شده با

## تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند که از "بنیاد ملی نخبگان" جهت حمایت‌های مادی و معنوی در اجرای طرح پژوهشی دوره پسا دکتری (جایزه شهید چمران) صمیمانه تشکر و قدردانی نمایند.

## منابع

- استاندارد ملی ایران. شماره 1028. گوشت و فرآورده های آن - تعیین pH روش آزمون مرجع.
- استاندارد ملی ایران. شماره 1-6806. میکروبیولوژی مواد غذایی و خوراک دام - شمارش استافیلوکوکوس های کواگولاز مثبت (استافیلوکوکوس ارتوس و سایر گونه ها).
- استاندارد ملی ایران. شماره 2629. روش شمارش میکرو ارگانسیم‌های (سرماگرا و سرما دوست).
- استاندارد ملی ایران. شماره 2946. روش جستجو و شمارش بیشترین تعداد احتمالی اشرشیا کلی در مواد غذایی - روش جستجو و شمارش اشرشیا کلی با استفاده از روش بیشترین تعداد احتمالی.
- استاندارد ملی ایران. شماره 5272. میکرو بیولوژی مواد غذایی و خوراک دام- روش جامع برای شمارش کلی میکروارگانسیم ها در 30 درجه سلیسیوس.
- استاندارد ملی ایران. شماره 997. روش جستجو و شمارش قارچها ( کپک‌ها و مخمرها ) به شمارش پرگنه در 25 درجه سلیسیوس.
- جوکی، م. 1392. تولید و تعیین خصوصیات فیلم‌های خوراکی ضد میکروبی بر پایه موسیلاژ دانه به. رساله دکتری علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
- سمیعی، ا. 1397. فرمولاسیون و تعیین ویژگی‌های پوشش‌های خوراکی ضد میکروبی بر پایه موسیلاژ دانه ریحان، در ترکیب با اسانس‌های گیاهی زردچوبه و برگ ریحان، و بررسی اثر آن‌ها بر ایمنی و افزایش زمان ماندگاری فیله مرغ نگهداری شده در دمای یخچال. رساله دکتری علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
- طباطبایی یزدی، ف، علیزاده بهبهانی، ب، وسیعی، ع، روشنگر، س، مرتضوی، ع. 1396. تولید پوشش خوراکی ضد میکروبی بر پایه موسیلاژ دانه بارهنگ کبیر در ترکیب با اسانس گلپر: بررسی ویژگیها و کاربرد آن در گوشت گاو نگهداری شده در دمای یخچال. مجله میکروبیولوژی کاربردی در صنایع غذایی. 3 (3): 21-1.
- میرزایی، ا، پیروزمند، س، موسوی، ز، روستایان، ع. 1397. بررسی ترکیبات شیمیایی اسانس گیاه هلیکریزوم آرتمیزیوئیدس، اثرات ضد میکروبی و سمیت سلولی آن بر روی رده سلولی سرطان کولون و آنالیز بیان ژن‌های آپوپتوزی با روش PCR. مجله دانشگاه علوم پزشکی قم. 12 (3): 9-18.
- Alizadeh Behbahani, B., Shahidi F, Yazdi FT, Mortazavi SA, Mohebbi M. (2017a). 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 of Biological Macromolecules*, 94:515-526.
- Alizadeh Behbahani, B., Yazdi, F. T., Shahidi, F., Hesarinejad, M. A., Mortazavi, S. A., & Mohebbi, M. (2017b). Plantago major seed mucilage: Optimization of extraction and some physicochemical and rheological aspects. *Carbohydrate Polymers*, 155, 68-77.
- Alizade Behbahani, B., Yazdi, F. T., Shahidi, F., Mortazavi, S. A., & Mohebbi, M. (2017c). 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.



- Alizadeh Behbahani, B., & Imani Fooladi, A. A. (2018). Shirazi balangu (*Lallemantia royleana*) seed mucilage: chemical composition, molecular weight, biological activity and its evaluation as edible coating on beefs. *International Journal of Biological Macromolecules*, 114, 882-889.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 2002. Peroxide Value of Oils and Fats Method 965.33. Official Methods of Analysis (17th edn). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.
- Awad, R., Arnason, J., Trudeau, V., Bergeron, C., Budzinski, J., Foster, B., & Merali, Z. (2003). Phytochemical and biological analysis of skullcap (*Scutellaria lateriflora* L.): a medicinal plant with anxiolytic properties. *Phytomedicine*, 10(8), 640-649.
- Bahram, S., Rezaei, M., Soltani, M., Kamali, A., Ojagh, S. M. and Abdollahi, M. 2014. Whey protein concentrate edible film activated with cinnamon essential oil. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38(3), 1251-1258.
- Bergeron, C., Gafner, S., Clausen, E., & Carrier, D. J. (2005). Comparison of the chemical composition of extracts from *Scutellaria lateriflora* using accelerated solvent extraction and supercritical fluid extraction versus standard hot water or 70% ethanol extraction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(8), 3076-3080.
- Buonocore, G. G., Conte, A., Corbo, M. R., Sinigaglia, M., & Del Nobile, M. A. (2005). Mono-and multilayer active films containing lysozyme as antimicrobial agent. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 6(4), 459-464.
- Buonocore, G. G., Del Nobile, M. A., Panizza, A., Corbo, M. R., & Nicolais, L. (2003). A general approach to describe the antimicrobial agent release from highly swellable films intended for food packaging applications. *Journal of Controlled Release*, 90(1), 97-107.
- Garriga, M., Grebol, N., Aymerich, M., Monfort, J., & Hugas, M. (2004). Microbial inactivation after high-pressure processing at 600 MPa in commercial meat products over its shelf life. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 5(4), 451-457.
- ICMSF, "International Commission on Microbiological Specification for Foods". *Microorganisms in Foods 2. Sampling for Microbiological Analysis: Principles and Specific Applications*, 2nd ed., University of Toronto Press, Toronto, Canada, 1986.
- Jouki, M., Yazdi, F.T., Mortazavi, S.A., Koocheki, A., Khazaei, N. 2014. Effect of quince seed mucilage edible films incorporated with oregano or thyme essential oil on shelf life extension of refrigerated rainbow trout fillets. *International Journal of Food Microbiology* 174: 88-97.
- McMillin, K.W., 2008. Where is MAP going? A review and future potential of modified atmosphere packaging for meat. *Meat Science*, 80, 43-65.
- Ojagh, S.M., Rezaei, M., Razavi, S.H., Hosseini, S.M.H. 2010. Development and evaluation of a novel biodegradable film made from chitosan and cinnamon essential oil with low affinity toward water. *Food Chemistry*, 122(1): 161-166.

## Evaluation of microbial, chemical and sensory characteristics of coated lamb with *Scutellaria lateriflora* seed mucilage in combination with *Carum copticum* essential oil to shelf life extension at refrigerated storage

B. Alizadeh Behbahani<sup>\*1</sup>, F. Shahidi<sup>2</sup>

Received: 2019.08.13

Accepted: 2019.09.14

**Introduction:** Meat and meat products undergo chemical and microbial spoilage during production, transportation, storage and consumption. Antimicrobial edible coatings containing natural herbal extracts and essential oil possess various benefits and are currently used to design novel active biodegradable packaging. Natural polysaccharides are considered as potentially good candidates to fabricate edible coatings and provide a shelf life extender. There are no researches in the literature concerning the potential effect of *Carum copticum* essential oil (CCEO) enriched *Scutellaria lateriflora* seed mucilage (SLSM) based edible coatings on the quality and shelf life of lamb during refrigeration storage. The objective of this study was therefore to investigate the inhibitory effect of CCEO loaded SLSM edible coating towards lipid oxidation and microbial spoilage of lamb during cold storage conditions.

**Materials and methods:** In this study, SLSM was extracted from whole seeds using hot-water extraction. Edible coating was prepared by dissolving 2 g of the extracted SLSM and 0.1 g of Tween 80 in 100 mL of sterilized distilled water. The mixture was stirred and heated for 2 h. Afterwards, CCEO was added to the SLSM solution at 0, 1, 1.5, and 2%, and the obtained solution was used as an antimicrobial coating for extending the shelf-life of lamb slices. The control and the coated lamb samples were analyzed periodically for microbiological (total viable count, psychrotrophic count, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* and fungi), chemical (peroxide value and pH), and sensory characteristics (color, odor and overall acceptability).

**Results and discussion:** SLSM extended the microbial shelf life of lamb by 3 days, whereas SLSM + 1% CCEO, SLSM + 1.5% CCEO and SLSM + 2% CCEO resulted in a significant shelf life extension of the lamb by 6, 6, and 6 days, respectively as compared to the control samples. The results demonstrate that the EO-rich edible coating functions as an oxygen barrier and, in turn, limits the growth of most important and aerobic psychrotrophic bacteria, i.e. *Pseudomonas* species, which are mainly responsible for the fresh lamb spoilage under aerobic conditions. The results showed that the pH of lamb coated with SLSM and samples containing CCEO was lower than the control. The results showed that the peroxide value in the control sample increased from 0.4 to 9.7 meq oxygen/kg during 9 days of refrigerated storage. Based on the finding of this study, the use of CCEO-loaded coating manifestly lowered the meat lipid oxidation. The resultant edible coating manifestly improved the shelf life of lamb through suppressing microbial spoilage and inhibiting lipid oxidation. The coating containing 2% CCEO conferred good quality characteristics to the lamb and expanded its refrigeration shelf life.

**Keywords:** Edible coating, Peroxide value, Shelf life, Mucilage.

---

1. 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.  
2. Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran  
(\*- Corresponding Author Email: B.alizadeh@asnrkh.ac.ir)

## مقاله علمی- پژوهشی

# بهینه‌یابی فرمول نان حجیم حاوی صمغ‌های فارسی و ریحان

محمد مسعود حفیظ<sup>1</sup> - زهرا شیخ الاسلامی<sup>2\*</sup>

تاریخ دریافت: 1398/03/27

تاریخ پذیرش: 1398/06/30

## چکیده

امروزه استفاده از صمغ‌های بومی در فرآورده‌های غلات با هدف بهبود کیفیت رو به افزایش است. در این تحقیق، اثر دو نوع صمغ فارسی و ریحان در سطوح صفر تا یک درصد با کمک طرح مرکب مرکزی بر پارامترهای فعالیت آبی، رطوبت، حجم مخصوص، تخلخل، سختی و کشش‌پذیری نان حجیم بررسی گردید. نتایج نشان داد که با افزایش میزان صمغ‌ها در فرمول نان حجیم، میزان فعالیت آبی کاهش ولی میزان رطوبت، ویژگی‌های حسی، سختی و کشش‌پذیری افزایش یافت. در حالی که امتیاز ویژگی‌های حسی (رنگ پوسته، بافت، بو، مزه و پذیرش کلی)، حجم مخصوص و تخلخل نمونه‌ها با افزایش درصد صمغ‌ها ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت. قابل ذکر است که نمونه حاوی 0/46 درصد صمغ دانه ریحان و 0/35 درصد صمغ دانه فارسی کمترین میزان سختی و بیشترین میزان حجم مخصوص، تخلخل و کشش‌پذیری را از خود نشان داد و این نمونه به‌عنوان نمونه بهینه معرفی شد. با بررسی ریز ساختار نمونه بهینه با نمونه فاقد صمغ نیز مشخص گردید، نمونه حاوی صمغ ریحان و فارسی از بافت یکنواخت‌تری در مقایسه با نمونه شاهد برخوردار بود.

**واژه‌های کلیدی:** بهینه‌یابی، نان حجیم، صمغ دانه ریحان، صمغ فارسی، میکروسکوپ الکترونی.

## مقدمه

1391). هیدروکلوئیدها از افزودنی‌هایی هستند که در نان سبب افزایش کیفیت و افزایش زمان ماندگاری آن می‌شوند به عبارت دیگر هیدروکلوئیدها در محصولات نانوائی جهت به تأخیر انداختن فرآیند بیاتی و بهبود کیفیت مورد استفاده قرار می‌گیرند (Barcenas and Rosell, 2005; Primo-Martin et al., 2008). پلی‌ساکاریدهای استخراج شده از گیاهان در صنایع غذایی بیشتر مورد توجه قرار می‌گیرند. این پلیمرها به دلیل طبیعی بودن برای بسیاری از مصرف کنندگان از مطلوبیت بیشتری برخوردار هستند (Primo-Martin et al., 2013). اخیراً تقاضا برای هیدروکلوئیدها با خواص کارکردی ویژه افزایش یافته است، بنابراین یافتن منابع جدید صمغ‌های گیاهی با خواص مناسب جهت استفاده در صنعت اهمیت ویژه‌ای دارد و محققان صنعت غذا همواره به دنبال یافتن منابع جدید پلی‌ساکاریدی می‌باشند. از روزگاران قدیم ریحان<sup>3</sup> به‌عنوان یک گیاه دارویی به‌طور وسیع در خاور دور به‌ویژه در چین و هند استفاده می‌شده است. ریحان از خانواده نعنائیان<sup>4</sup>، گیاهی یکساله علفی ایستاده، تقریباً این گیاه بدون کرک، معطر و به ارتفاع 30-60 سانتی‌متر می‌باشد. حالت تب‌بر، ضدانگل و اشتهاآور داشته و برای معالجه برخی ناراحتی‌های قلبی و درمان آفت دهان به‌کار می‌رود (Agnihotr and Kaushik, 1999). پوسته رویی دانه‌های ریحان را لایه‌ای موسیلاژی پوشانیده است و هنگامی که

در اکثر کشورهای جهان، غلات تأمین‌کننده بیشترین مقدار کالری، پروتئین، فیبر، ویتامین‌ها و مواد معدنی مورد نیاز انسان می‌باشد. در میان غلات، گندم به دلیل خواص تغذیه‌ای و تکنولوژیکی ویژه، بیشتر مورد توجه می‌باشد. از مهمترین فرآورده‌های پرمصرفی که از این ماده غذایی با ارزش تهیه می‌شود، می‌توان به نان اشاره کرد. نان یکی از مواد غذایی اصلی در سراسر جهان به‌ویژه در کشورهای خاورمیانه است. با وجود توسعه و رقابت در زمینه تولید انواع مواد غذایی در جهان، نان هنوز هم نقش کلیدی در جیره غذایی دارد (Gomes-Ruffi et al., 2012). نان حجیم به نانی اطلاق می‌شود که دارای ضخامت بیش از 5 سانتی‌متر بوده و فرآیند تخمیر در آن‌ها به‌طور کامل در اتاق تخمیر صورت گرفته و پس از پخت دارای بافتی متخلخل، اسفنجی و یکنواخت بوده و ماندگاری بیشتری داشته و از قابلیت هضم و جذب آسانتری برخوردار است (Naghypour et al.,

<sup>1</sup> - دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران.

<sup>2</sup> - بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.

\* - نویسنده مسئول: (Email: shivashеikholeslami@yahoo.com:)  
DOI: 10.22067/iftstr.v16i4.81014

و فارسی به منظور رسیدن به حداقل سختی و حداکثر حجم مخصوص، تخلخل، پذیرش کلی و کشش پذیری بود.

### مواد و روش‌ها

آرد ستاره با درجه استخراج 83 درصد (گلمکان، ایران) با رطوبت 13 درصد و حاوی 29/7 درصد گلوتن مرطوب خریداری گردید. سایر مواد مورد نیاز در آزمایشات شامل شکر، روغن نباتی مایع از یک فروشگاه عرضه‌کننده مواد اولیه قنادی و مخمر نانوبایی (دکتر اوتکر، ترکیه) خریداری شد. دانه ریحان از بازار محلی شهرستان مشهد تهیه شدن و با دستگاه آسیاب (BOSCH CNCM13ST، آلمان) خرد شده و از غربال با مش 100 عبور داده شد. صمغ فارسی نیز از شرکت ریحان گام پارسیان خریداری تجهیزات این مطالعه می‌توان به فر پخت (Zuccihelli Forni، ایتالیا)، دستگاه اندازه‌گیری فعالیت آبی (Novasina ms1-aw، Axair Ltd، سوئیس)، آون آزمایشگاهی (Jeto Tech، کره جنوبی) و اسکنر (HP Scanjet G3010، چین) اشاره نمود.

### استخراج صمغ دانه ریحان

تهیه صمغ ریحان مطابق با روش کاراژیان و همکاران (2011) انجام شد. ابتدا دانه به صورت دستی تمیز و ناخالصی آن جدا گردید. جهت استخراج ترکیبات هیدروکلوئیدی دانه ریحان در شرایط بهینه (دمای 37 درجه سانتی‌گراد، نسبت آب به دانه 37:1، pH=8/5) از دستگاه اکستراکتور از نوع سانتریفیوژ سبیدی (dmo412 Hettich، آلمان) استفاده شد. عصاره استخراج‌شده در آون با دمای  $60 \pm 2$  درجه سانتی‌گراد خشک و سپس آسیاب (آرتيسان، مدل 5000) و الک (مش 50) گردید. پودر حاصله در کیسه‌های پلی‌اتیلنی زیپ‌دار قرار داده شد و تا زمان مصرف در مکانی خشک و خنک نگهداری گردید.

### بررسی ترکیبات صمغ ریحان و فارسی (زدو)

مقدار رطوبت، خاکستر، چربی و پروتئین پودر صمغ ریحان و زدو طبق استاندارد (AOAC، 2000) اندازه‌گیری خواهد شد. ضریب تبدیل 6/25 برای تعیین پروتئین استفاده گردید. درصد کربوهیدرات نیز از اختلاف مجموع فاکتورهای رطوبت، خاکستر، چربی و پروتئین با 100، محاسبه شد.

### تهیه خمیر و نان حجیم

در این مطالعه برای تهیه نان حجیم از 100 قسمت آرد، 55 قسمت آب، 2 قسمت روغن، 1/2 قسمت نمک، 0/8 قسمت شکر، 0/7 قسمت مخمر استفاده شد. پس از توزین مواد اولیه، آردگندم به مدت 1 دقیقه درون خمیر گیر بدون افزودن سایر مواد هم‌زده شد، تا هوا

داخل آب قرار می‌گیرند سریعاً متورم می‌شوند (Hosseini parvar et al., 2010). صمغ فارسی که آن را زدو، زدو، ازدو، جدو، انگوم، صمغ شیرازی و صمغ قراصیا می‌نامند، صمغی است شفاف که از درخت بادام کوهی از خانواده گلسرخیان به دست می‌آید. صمغ فارسی کاربردهای دارویی، غذایی و صنعتی بسیاری دارد به طوری که امروزه از آن به عنوان عامل تعلیق‌کننده و امولسیون‌کننده به همراه صمغ عربی و کتیرا در داروسازی و همچنین به علت داشتن خاصیت چسبندگی در قرص‌سازی استفاده می‌شود. از لحاظ طب سنتی نیز صمغ فارسی کاربرد فراوانی داشته، مثلاً در منطقه گچساران، صمغ فارسی برای رفع دندان درد به کار می‌رود (Samari-Khalah and Abbasi, 2017). اهمیتی که افزودنی‌ها به ویژه صمغ‌ها، امولسیفایرها و هموکتان‌ها در بهبود کیفیت محصولات صنایع پخت به ویژه انواع مختلف نان دارند، سبب گردیده است که در این زمینه تحقیقات فراوانی انجام گیرد. در همین زمینه صحرانیان و همکاران (2013) با بررسی اثر زانتان و کربوکسی متیل سلولز بر خصوصیات رئولوژی و ویژگی‌های کمی و کیفی نان به این نتیجه رسیدند که میزان جذب آب، زمان توسعه و مقاومت خمیر با افزایش میزان صمغ در فرمولاسیون افزایش یافت. همچنین نتایج نشان داد که با افزودن صمغ به فرمولاسیون نان به دلیل جبران کاهش میزان گلوتن در فرمولاسیون از سفتی نمونه‌ها نسبت به نمونه فاقد صمغ کاسته شد. Shalini و همکاران (2007) با افزودن هیدروکلوئیدهای مختلف به آرد مورد استفاده در نان چپاتی، سبب بهبود در پارامترهای کیفی نان از قبیل گسترده‌گی، مقاومت در برابر پاره شدن، رنگ و ویژگی‌های حسی شدند. Demirkesen و همکاران (2010) اثر صمغ‌های گوار، گزانتان، دانه لوکاست، هیدروکسی پروپیل متیل سلولز، پکتین، گزانتان- گوار، دانه لوکاست- گزانتان و امولسیفایر دانم را بر خصوصیات رئولوژیکی نان بدون گلوتن بر پایه آرد برنج مورد ارزیابی قرار دادند. بر اساس نتایج این پژوهش، بیش‌ترین میزان الاستیسیته خمیر و کم‌ترین میزان سفتی مغز نان در نمونه‌های حاوی صمغ گزانتان- گوار و گزانتان- دانه لوکاست مشاهده شد. صحرانیان و همکاران (1393) تأثیر صمغ بومی بالنگوی شیرازی را بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی نان بربری نیمه حجیم بدون گلوتن سورگوم مورد بررسی قرار دادند. براساس نتایج این محققین مشخص گردید که با افزایش صمغ بالنگوی شیرازی در فرمولاسیون نان بدون گلوتن، میزان رطوبت و مؤلفه رنگی  $L^*$  پسته افزایش یافت. از دیگر محققین که تأثیر صمغ‌ها را بر خصوصیات مختلف محصولات پختی مورد بررسی قرار دادند می‌توان به شیخ‌الاسلامی و همکاران (1395)، هجرانی و همکاران (1395)، Rosell و همکاران (2001)، Mandala و همکاران (2007 و 2008)، Gomes-Ruffi و همکاران (2012) و محمدی و همکاران (2012) اشاره نمود. هدف از این مطالعه تعیین شرایط بهینه تولید فرمولاسیون نان حجیم با افزودن صمغ دانه ریحان

### ارزیابی بافت نان

ارزیابی بافت نان در فاصله زمانی 2 ساعت پس از پخت، با استفاده از دستگاه بافت‌سنج انجام گرفت. حداکثر نیروی مورد نیاز برای نفوذ یک پروب استوانه‌ای با انتهای صاف (2 سانتی‌متر قطر در 2/3 سانتی‌متر ارتفاع) با سرعت 30 میلی‌متر در دقیقه از مرکز نان، به‌عنوان شاخص سفتی<sup>1</sup> و میزان کش آمدن به‌عنوان شاخص کشش‌پذیری محاسبه گردید. نقطه شروع<sup>2</sup> و نقطه هدف<sup>3</sup> به ترتیب 0/05 نیوتن و 30 میلی‌متر بود. در واقع میزان سفتی با توجه به منحنی نیرو - تغییر شکل به‌دست آمد. به این صورت که سفتی برابر با حداکثر مقدار نیرو در منحنی نیرو - تغییر شکل بود و بر اساس گرم نیوتن بیان شد.

### ارزیابی ویژگی‌های حسی

هدف از انجام این آزمون تعیین مقبولیت کلی نمونه ما به‌وسیله کارشناسان مجرب بود. خصوصیات حسی نان شامل رنگ پوسته، بافت، مزه، بو و پذیرش کلی با روش امتیازدهی هدونیک 5 نقطه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفت. امتیازات بین 1 تا 5 (خیلی بد - خیلی خوب) در نظر گرفته شد (Sheikholeslami et al., 2018).

### تصویر تهیه شده با میکروسکوپ الکترونی

به‌منظور بررسی ساختار نان (نمونه شاهد و نمونه بهینه حاوی ترکیب صمغ فارسی و ریحان) با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی (TESCAN, VEGA، جمهوری چک)، از مغز نان نمونه‌هایی به شکل مکعب‌های کوچک به ابعاد  $2/5 \times 2/5 \times 2/5$  سانتی‌متر جدا شد و در نیتروژن مایع منجمد گردید و سپس با خشک‌کن انجمادی (CHRIST, LD 1-4، آلمان) خشک شد. نمونه‌های خشک شده تحت خلاء و تحت بخارات طلا توسط دستگاه لایه نشانی طلا (K450X, EMITECH، انگلستان) قرار گرفتند، بنابراین نمونه‌ها با طلا پوشش داده شد و نمونه‌ها رسانا شدند. در نتیجه این امر، شرایط برای گرفتن عکس مناسب، فراهم گردید. در نهایت تصاویر با SEM و ولتاژ 15 KV ثبت گردید (Ahlborn et al., 2005).

### تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

روش‌شناسی سطح پاسخ، با استفاده از یک طرح چرخش‌پذیر مرکب مرکزی برای ارزیابی پارامترهای ثابت مطالعه، غلظت صمغ دانه ریحان ( $X_1$ ) و صمغ فارسی ( $X_2$ )، بر میزان فعالیت آبی، رطوبت، حجم مخصوص، تخلخل، سختی و کشش‌پذیری به‌عنوان پارامترهای

وارد بافت آرد شود. پس از 1 دقیقه، سایر مواد خشک (به‌جز نمک) نیز اضافه و مواد باهم مخلوط شدند. پس از مخلوط شدن مواد اولیه خشک، آب به خمیر اضافه و خمیر ورز داده شد. سپس نمک و روغن افزوده شد. عملیات هم‌زدن به مدت 6 دقیقه به طول انجامید. خمیر به میز کار منتقل گشته و به مدت 30 دقیقه به آن استراحت داده شد تا تخمیر اولیه سپری گردد پس از طی این مرحله خمیر به چانه‌هایی به وزن تقریبی 250 گرم تقسیم گردید و مجدداً به مدت 10 دقیقه استراحت داده شد. توسط دستگاه فرم‌دهنده به خمیر فرم داده و خمیر در قالب‌هایی از جنس گالوانیزه در ابعاد  $5/5 \times 8/5 \times 15/5$  که دیواره آن‌ها چرب‌شده ریخته شد و این قالب‌ها به مدت 45 دقیقه در گرم‌خانه با دمای 45 درجه سانتی‌گراد و در حضور بخار آب قرار گرفتند و بعد از اتمام زمان گرم‌خانه‌گذاری، عملیات پخت انجام شد و نان در دمای اولیه 230 درجه سانتی‌گراد به مدت 15 دقیقه در فر پخت قرار گرفت. پس از پخت نان درون کیسه‌های پلی‌اتیلنی قرار گرفته و پس از سرد شدن آزمون‌های لازم روی آن‌ها انجام پذیرفت.

### اندازه‌گیری میزان فعالیت آبی

اندازه‌گیری میزان فعالیت آبی با استفاده از دستگاه واتر اکتیویتی‌متر به فاصله زمانی 3 ساعت بعد از پخت و در دمای 25 درجه سانتی‌گراد انجام گردید (Naghypour et al., 1391).

### میزان رطوبت

میزان رطوبت بر طبق روش AOAC 44-15، محاسبه شد (AOAC, 2008).

### اندازه‌گیری حجم مخصوص

حجم نمونه‌های حاصله با استفاده از روش جابه‌جایی دانه کلزا اندازه‌گیری شد (Sheikholeslami et al., 2018). برای این منظور در فاصله زمانی 2 ساعت پس از پخت، قطعه جدا شده از هر نمونه نان به ابعاد  $5 \times 5$  سانتی‌متر را با ترازوی دیجیتالی و دقت 1 میلی‌گرم توزین گردید. سپس حجم استوانه مدرج را به میزان 250 میلی‌لیتر با دانه کلزا جایگزین شد. آنگاه قطعه نان مورد نظر در درون استوانه مدرج قرار داده شد و حجم نهایی گزارش گردید.

### ارزیابی میزان تخلخل

برای ارزیابی میزان تخلخل نمونه‌ها از روش پردازش تصویر توسط عکس‌برداری با دوربین دیجیتال با وضوح 12 مگاپیکسل و آنالیز نرم‌افزار Image استفاده شد (Sheikholeslami et al., 2018).

1 Hardness  
2 Trigger Point  
3 Target Value

بهترین شرایط تولیدی برای فرمولاسیون نان‌های حجیم بود. از این رو طرح آماری سطح پاسخ انتخاب گردید. آنالیز آماری توسط نرم‌افزار Design Expert نسخه 6.0.2 صورت گرفت.

متغیر، مورد استفاده قرار گرفت. به کمک این طرح کلیه ضرایب مدل رگرسیون درجه دوم و اثر متقابل فاکتورها قابل برآورد هستند. مهمترین مسئله در این تحقیق بررسی اثر متقابل فاکتورها و یافتن

جدول 1- انتخاب مدل برای پارامترهای مورد اندازه‌گیری

کشش پذیری		سختی		تخلخل		حجم مخصوص		رطوبت		فعالیت آبی		مدل‌ها
P	SS	P	SS	P	SS	P	SS	P	SS	P	SS	
	5719/57		36782		5083/5		143/49		13502		7/03	عرض مبدا
0/46	16/50	0/0001>	231/56	0/395	52/21	0/613	0/98	0/001	24/98	0/001	0/002	مدل خطی
0/0001>	100/9	0/93	0/029	0/901	0/46	0/620	0/27	0/8196	0/051	0/1436	0/00009	چندجمله‌ای ساده
0/603	0/0012	0/017	22/09	0/0001>	244/22	0/0022	7/63	0/7461	0/66	0/0017	0/0022	چندجمله‌ای درجه دوم
0/971	0/0008	0/9162	0/34	0/002	10/36	0/051	1/12	0/0045	6/73	0/127	0/000516	چندجمله‌ای درجه سوم
	0/007		9/47		0/36		0/49		0/87		0/000437	باقیمانده
	5836/97		37045/96		5391/07		153/98		13535/48		7/04	کل

SS و P به ترتیب مجموع مربعات و درصد احتمال می‌باشد.

## نتایج و بحث

### ترکیبات شیمیایی صمغ ریحان و فارسی (زدو)

مرتبط است و بر رفتار جذبی و امولسیفایری صمغ تأثیرگذار است (Anderson et al., 1998). همچنین لازم به ذکر است نتایج به‌دست آمده از خصوصیات شیمیایی صمغ فارسی در این پژوهش با نتایج خالصی و همکاران (1391) که به بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و عملکردی صمغ زدو تراوشی از گیاه *Amygdalus scoparia Spach* در منطقه میان جنگل استان فارس پرداختند مشابهت دارد. این محققان میزان رطوبت، خاکستر کل، پروتئین، چربی و کربوهیدرات را به ترتیب 9/47، 1/62، 0/50، صفر و 88/40 درصد وزنی - وزنی گزارش کردند. از سوی دیگر ناجی و همکاران (2016) و ناجی و همکاران (2017) با بررسی ترکیبات شیمیایی صمغ ریحان نتایج مشابهی را گزارش نمودند. این محققان میزان رطوبت، خاکستر کل، پروتئین، چربی و قند کل را به ترتیب 5/92، 5/36، 2/37، صفر و 92/44 درصد وزنی - وزنی گزارش کردند.

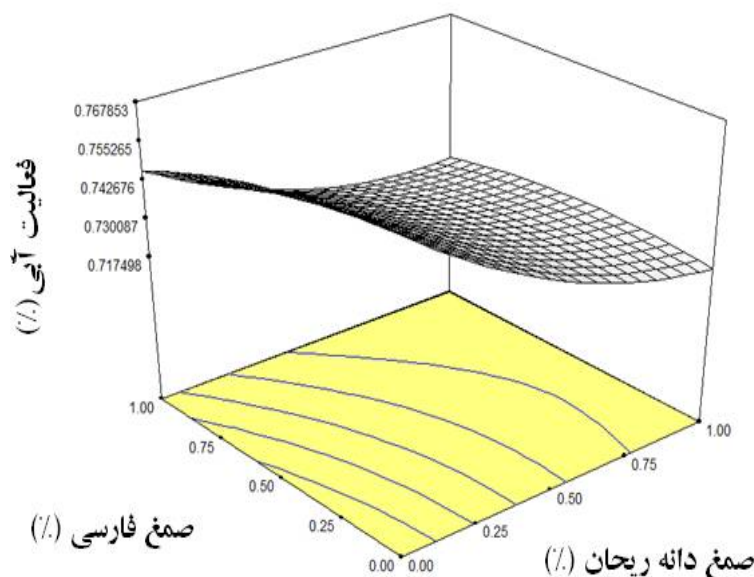
در جدول 2 خصوصیات شیمیایی صمغ ریحان و فارسی (زدو) آورده شده است. اهمیت شناخت خصوصیات شیمیایی صمغ‌ها به این دلیل است که تفاوت ساختار شیمیایی آن‌ها، باعث تفاوت در ویژگی‌های عملکردی می‌شود و بر کارایی و کاربرد آن‌ها تأثیر می‌گذارد. جدول 2 خصوصیات شیمیایی صمغ ریحان و فارسی (زدو) را نشان می‌دهد.

ساختار شیمیایی صمغ زدو با سایر صمغ‌های رایج تراوشی مانند صمغ عربی، صمغ کتیرا و غیره متفاوت است (Yebeben et al., 2009). این اختلاف بیانگر تفاوت ساختار صمغ‌ها است. تحقیقات گذشته نشان می‌دهند مقدار نیتروژن صمغ‌های ترش‌چی عامل متغییری است که منحصر با مقدار ترکیبات پروتئینی و آمینواسیدی

جدول 2- خصوصیات شیمیایی صمغ ریحان و فارسی (زدو)

خصوصیات صمغ (%)	صمغ ریحان	صمغ فارسی (زدو)
رطوبت	5/97±0/05	9/34±0/06
خاکستر کل	5/36±0/11	1/69±0/04
پروتئین	2/44±0/00	0/57±0/00
چربی	00/00±0/00	00/00±0/00
کربوهیدرات	86/24±0/11	88/38±0/01

جذب آب موجود در مغز نان شده و از این‌رو میزان آب آزاد محیط را کاهش می‌دهند (Guarda *et al.*, 2004). نتایج این بخش با نتایج لازاریدوا و همکاران مطابقت داشت (Lazaridou *et al.*, 2007). بر اساس نظر بارسناس و راسل طبیعت هیدروفیل صمغ‌ها موجب افزایش جذب آب آرد شده و باعث افزایش نگهداری آب و کاهش مولکول‌های آب آزاد و در نتیجه کریستالیزاسیون مجدد آمیلوپکتین می‌شود (Barcenas and Rosell, 2006). معادله 1 ارائه شده در جدول 3 بیانگر کم‌بودن اثر درجه دوم میزان صمغ فارسی بر میزان فعالیت آبی بود، در حالی که اثر مستقل میزان صمغ ریحان بیشترین تأثیر را داشت.



شکل 1- شکل سه بعدی تغییرات فعالیت آبی نمونه‌ها، تحت تأثیر افزودن صمغ‌های فارسی و دانه ریحان

(et al., 2003; Ronda *et al.*, 2005). در همین راستا محمد امینی و همکاران (1386) با بررسی اثر افزودن صمغ بالنگو شیرازی در چهار سطح 0/25، 0/5، 0/75 و 1 درصد در فرمولاسیون نان بیان نمودند که با افزایش غلظت این صمغ در خمیر، میزان جذب آب به‌طور معنی‌داری افزایش یافت به‌طوری که بیش‌ترین میزان این عامل مربوط به نمونه حاوی 1 درصد از صمغ بالنگوشیرازی بود و همین امر سبب افزایش میزان رطوبت محصول نهایی شد. نتایج این بخش با نتایج Skara و همکاران (2013) و Mandala و همکاران (2008) مطابقت داشت. همچنین با بررسی روند تغییرات میزان رطوبت نمونه‌ها در برابر تغییرات میزان صمغ‌های مورد استفاده (مدل شماره 2

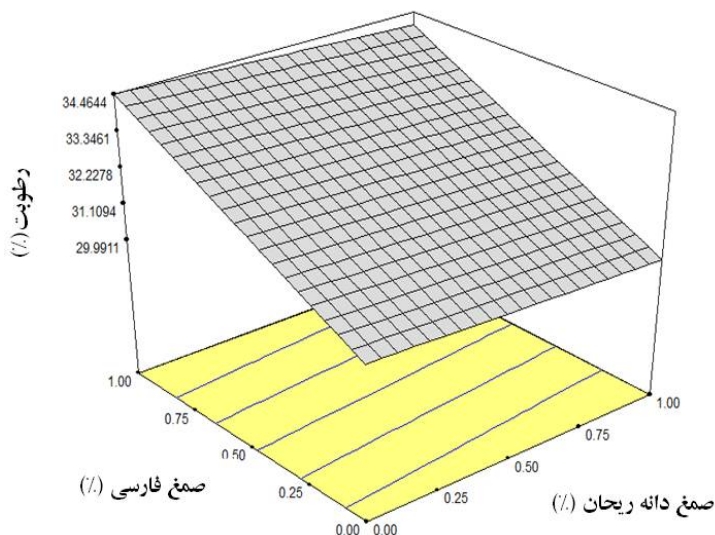
### بررسی روند تغییرات فعالیت آبی

شکل 1 نشان داد که بهترین مدل برای برازش داده‌های حاصل از تغییرات فعالیت آبی، مدل چندجمله‌ای درجه دوم بود. از طرفی آنالیز واریانس داده‌ها نیز نشان داد که تمامی پارامترها به‌جز اثر درجه دوم میزان صمغ فارسی در فرمول بر میزان فعالیت آبی نان‌های تولیدی معنی‌دار بود (در سطح 5 درصد). کمترین مقدار فعالیت آبی نمونه‌های تهیه شده تحت شرایطی به‌دست آمد که میزان صمغ ریحان و فارسی در بیشترین مقدار خود قرار داشتند. همانطور که در شکل 1 مشخص است با افزایش میزان صمغ‌ها در فرمولاسیون، میزان فعالیت آبی کاهش یافت که این کاهش با افزایش میزان صمغ دانه ریحان بیشتر بود. صمغ‌ها به‌دلیل داشتن گروه‌های هیدروکسیل در ساختار خود با ملکول‌های آب پیوندهای هیدروژنی برقرار کرده و در نتیجه سبب

### بررسی روند تغییرات رطوبت نان‌های تولیدی

نتایج (جدول 1) حاصل از تجزیه و تحلیل اطلاعات آماری بیان‌گر معنی‌دار بودن اثر خطی صمغ فارسی بر میزان رطوبت نان‌های تولیدی بود. نتایج نشان داد که با افزایش میزان صمغ ریحان در فرمولاسیون، میزان رطوبت به مقدار ناچیزی کاهش ولی با افزایش صمغ فارسی میزان رطوبت به‌طور چشمگیری افزایش یافت (شکل 2). دلیل افزایش رطوبت با استفاده از صمغ وجود گروه‌های هیدروکسیل در ساختار هیدروکلوئیدها است که باعث واکنش بیشتر آنها با آب از طریق پیوندهای هیدروژنی می‌شود. این امر ظرفیت نگهداری رطوبت را در دردهی ماندگاری نان افزایش می‌دهد (Gujral

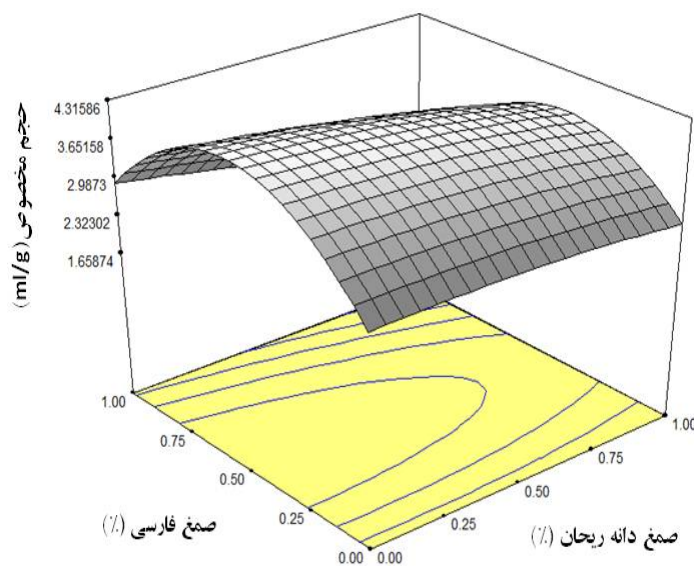
که در جدول 3 آورده شده است) مشخص گردید که در این ویژگی بیشترین اثر مربوط به تغییرات خطی میزان صمغ فارسی بود.



شکل 2- شکل سه بعدی تغییرات میزان رطوبت نمونه‌ها، تحت تأثیر افزودن صمغ‌های فارسی و ریحان

تغییرات بافت خمیر و گلوتن آن به‌شمار می‌رود که با روش مختلف پخت ارزیابی می‌شود (Naghipour *et al.*, 1391; Hejrani *et al.*, 2011; Karazhiyan *et al.*, 1395).

**بررسی روند تغییرات میزان حجم مخصوص نمونه‌ها**  
جدول انتخاب مدل (جدول 1) نشان داد که بهترین مدل برای برازش داده‌های حاصل از حجم مخصوص نمونه‌ها، مدل چندجمله‌ای درجه دوم بود. ارزیابی حجم نان یکی از بهترین معیارهای ارزیابی



شکل 3- شکل سه بعدی تغییرات میزان حجم مخصوص نمونه‌ها، تحت تأثیر افزودن صمغ‌های فارسی و ریحان

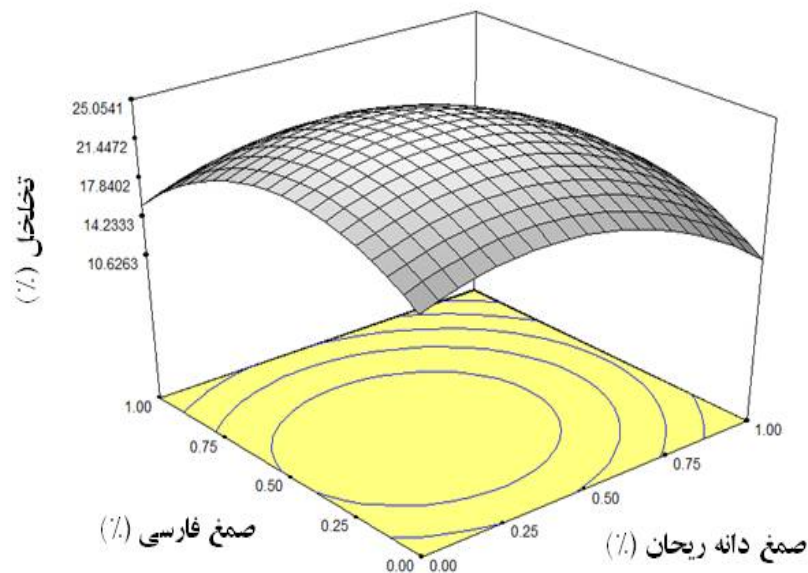
عمل می‌آید، نسبت داد. با افزایش صمغ فارسی در فرمولاسیون نان‌های تولیدی ابتدا میزان حجم مخصوص نمونه‌ها افزایش و سپس کاهش یافت. محققان دلیل افزایش حجم مخصوص با استفاده از صمغ‌ها را در محصولات پخت ناشی از تأثیر صمغ‌ها بر ازدیاد قوام و

همانطور که شکل 3 نشان می‌دهد افزودن صمغ دانه ریحان سبب کاهش حجم مخصوص نان شد که علت آن را می‌توان به افزایش ضخامت دیواره حباب‌های هوای موجود در خمیر که به موجب آن از انبساط سلول‌های گازی در طی فرآیند پخت مانع به



یافت. تخلخل ناشی از حفظ گاز بیشتر در خمیر است، هیدروکلوئیدها با افزایش قوام خمیر، تشکیل شبکه موقت ژل و افزایش سفتی دیواره‌های احاطه‌کننده سلول‌های حاوی گاز در نان، موجب حفظ بیشتر گاز دی‌اکسید کربن و بخار آب تولید شده در خمیر می‌شوند که در نتیجه آن منجر به افزایش تخلخل نان‌ها می‌شوند، همچنین برخی از صمغ‌ها خواص امولسیفایری نشان داده و لایه سطحی دور حباب‌های گاز در خمیر تشکیل می‌دهند که به حفظ گاز کمک می‌کند (Sahraiyani et al., 2013; Mohammadi et al., 2012). نتایج این بخش با نتایج Whitehurst (2004) مطابقت داشت. کاهش تخلخل را نیز می‌توان به علت تشکیل شبکه قوی‌تری که سبب تراکم بیش از اندازه مغز نان‌های حاصل و جلوگیری از رشد سلول‌های گازی شده و بافت تقریباً بدون حباب هوا تشکیل می‌دهد که پی‌آمد آن کاهش تخلخل نان‌های حاصل بود، نسبت داد (Barcenás and Rosell, 2006).

مدل پیشنهادی برای میزان تخلخل نمونه‌ها در جدول 3 ارائه شده است که در آن پارامتر درجه دوم صمغ فارسی بیشترین اثر را بر میزان تخلخل نمونه‌ها به همراه داشت.



شکل 4- شکل سه‌بعدی تغییرات میزان تخلخل نمونه‌ها، تحت تأثیر افزودن صمغ‌های فارسی و ریحان

بررسی تغییرات میزان سختی نمونه‌ها نشان داد که درصد صمغ فارسی در فرمولاسیون بیشترین اثرگذاری را بر میزان سختی داشت و اثرگذاری آن از نوع مثبت بود، بدین معنی که با افزایش آن در فرمولاسیون، میزان سختی نمونه‌ها افزایش معنی‌داری داشت

استحکام محیط داخلی خمیر و افزایش الاستیسیته که به موجب آن سلول‌های گازی نمی‌توانند به‌خوبی به‌هم متصل شده و رشد می‌کنند، می‌دانند (Bell, 1990). همچنین بیان شده است که صمغ‌ها خواص امولسیفایری دارند و یک لایه سطحی دور حباب‌های گاز تشکیل می‌دهند که به نگهداری گاز در خمیر کمک می‌کند. صحرائیان و همکاران (1393) با افزودن 1 درصد صمغ بالنگو شیرازی در فرمولاسیون نان بدون گلوتن با کاهش حجم مخصوص نمونه‌ها مواجه شدند. شیخ‌الاسلامی و همکاران (1395) در پژوهش خود نشان دادند که افزایش غلظت صمغ‌های کتیرا و بالنگو از 0/3 به 0/5 باعث کاهش حجم مخصوص و تخلخل در نان بربری نیم‌پز منجمد شد. این محققان علت کاهش حجم نان در پی بیشتر شدن غلظت صمغ‌ها را عدم انبساط آن‌ها در طی فرآیند پخت، اختلال در مرحله تخمیر که ناشی از افزایش بیش از حد آب توسط صمغ‌ها بود، دانستند.

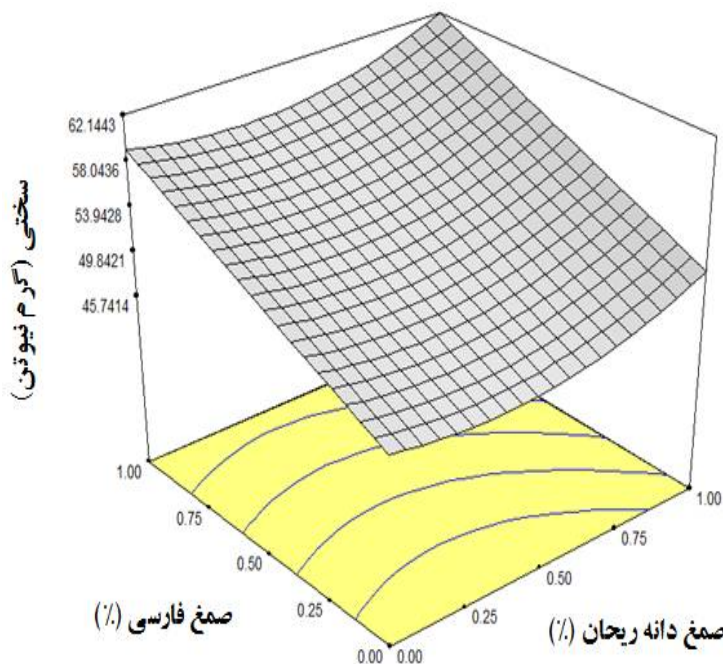
#### بررسی روند تغییرات میزان تخلخل نان‌های تولیدی

نتایج نشان داد که بهترین مدل برای برازش داده‌های حاصل از تخلخل نمونه‌ها، مدل چندجمله‌ای درجه دوم بود (جدول 1). شکل 4 نشان داد که با افزایش صمغ‌ها در فرمولاسیون نان‌های تولیدی ابتدا میزان تخلخل نمونه‌ها افزایش و سپس با شدت بیشتری کاهش

#### بررسی روند تغییرات میزان سختی نان‌های تولیدی

مقاومت مغز نان به تغییر شکل تحت عنوان سفتی مطرح می‌شود که به‌عنوان یک شاخص مهم در بیات شدن نان در نظر گرفته می‌شود (Primo-Martin et al., 2008).

پخت محصول اجازه خروج آب اضافی را نمی‌دهد. از طرفی چنانچه زمان پخت طولانی‌تر شود خود صمغ و یا امولسیفایر از طریق باند شدن با مولکول‌های آب مانع از خروج رطوبت و آب اضافی می‌شوند و هم‌چنان بافت میانی محصول تولیدی خمیری خواهد بود و سفتی قابل ملاحظه‌ای مشاهده می‌گردد و با این کار تنها پوسته‌ای تیره و خشک حاصل می‌شود (Sheikholeslami *et al.*, 1395). رابطه مستقیم بین حجم مخصوص و سفتی نان وجود دارد، نان با سفتی بیشتر حجم کمتری دارد. مدل پیشنهادی برای میزان سختی نمونه‌ها در جدول 3 ارائه شده است.



شکل 5- شکل سه‌بعدی تغییرات میزان سفتی نمونه‌ها، تحت تأثیر افزودن صمغ‌های فارسی و ریحان

کشش‌پذیری، پارامتر اثر متقابل دو صمغ به کار رفته در فرمولاسیون در رتبه اول قرار داشت. با افزایش صمغ‌ها در فرمولاسیون میزان کشش‌پذیری آنها افزایش یافت که البته در غلظت‌های بالای صمغ‌ها کشش‌پذیری نمونه‌ها به صورت خیلی جزئی کاهش یافت (شکل 6). در پژوهش شیخ الاسلامی و همکاران (1395) و هجرانی و همکاران (1395) نتایج مشابهی از استفاده از صمغ گوار در افزایش کشش‌پذیری نان گزارش شد، همچنین در نتایج آنها نشان داده شد بیشتر شدن غلظت صمغ تأثیر منفی بر کشش‌پذیری داشته و سبب کاهش آن شده است.

اطلاعات موجود در جدول 3 نشان می‌دهد که مدل‌های به‌دست آمده و برازش داده شده برای هر کدام از متغیرهای اندازه‌گیری شده در شرایط مورد مطالعه به صورت دقیقی و با صحت بسیار بالایی، قابلیت

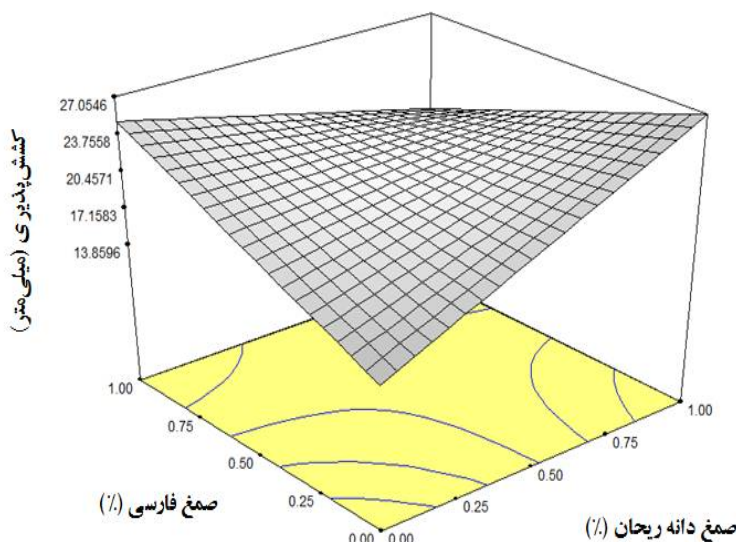
( $P < 0/01$ )، با توجه به شکل 5، با افزایش هر دو صمغ به کار رفته در نان‌های تولیدی میزان سختی نمونه‌های تولیدی افزایش یافت. این افزایش احتمالاً به دلیل افزایش بیش از اندازه رطوبت محصول و ایجاد یک بافت چسبنده و صمغی مانند در مرکز نمونه‌های تولیدی می‌باشد که به موجب آن محصول تولیدی طی آزمون فشرده شدن در زیر پروب دستگاه بافت‌سنج مقاومت بیشتری نموده و در نتیجه آن میزان سختی بیشتری مشاهده می‌گردد. افزودنی‌های صنایع پخت چنانچه در حد مورد نیاز در محصول استفاده نشوند از طریق افزایش جذب آب خمیر، بافتی خمیری و چسبنده ایجاد می‌کنند و مدت زمان

#### بررسی روند تغییرات میزان کشش‌پذیری نان‌های تولیدی

جدول 1 نشان داد که بهترین مدل انتخابی برای میزان کشش‌پذیری نمونه‌های تولیدی، مدل چندجمله‌ای ساده بود که بر مبنای این مدل، آنالیزها صورت گرفت. نتایج آنالیز واریانس مدل سطح پاسخ نشان داد که اثرات خطی پارامترهای مورد بررسی و همچنین اثر متقابل آنها تأثیر معنی‌داری روی میزان کشش‌پذیری نمونه‌ها داشت ( $P < 0/01$ ) ولی اثرات درجه دوم پارامترهای مورد بررسی تأثیر معنی‌داری بر میزان کشش‌پذیری نداشتند به همین دلیل از مدل مربوطه (مدل شماره 6) در جدول 3 حذف گردیدند. بررسی نتایج و جدول 3 مشخص نمود که در بین اثرات خطی مدل سطح پاسخ، پارامتر درصد صمغ دانه ریحان بیشترین تأثیر را بر روند میزان کشش‌پذیری داشت، البته در بین تمام پارامترهای موثر بر میزان

مناسب اطلاعات مورد مطالعه به‌وسیله مدل‌های ارائه شده می‌باشند (جدول 2).

برازش داده‌های مطالعه را دارا بودند. ضریب تغییرات پایین و ضریب تبیین و ضریب تبیین اصلاح شده بالا همه نشانه‌هایی از برازش



شکل 6- شکل سه‌بعدی تغییرات میزان کشش‌پذیری نمونه‌ها، تحت تأثیر افزودن صمغ‌های فارسی و ریحان

جدول 2- مدل‌های برازش داده شده برای پارامترهای مورد اندازه‌گیری

P	CV	R <sup>2</sup> -adj	R <sup>2</sup>	مدل به‌دست آمده	متغیر اندازه‌گیری شده	ردیف
0/000	0/51	0/938	0/964	$y = 0.73 - 0.019x_1 - 0.006x_2 + 0.0081x_1^2 - 0.0041x_2^2 + 0.0047x_1 \cdot x_2$	فعالیت آبی (%)	1
0/008	2/83	0/703	0/750	$y = +32.23 - 0.21x_1 + 2.03x_2$	رطوبت (%)	2
0/005	14/46	0/735	0/859	$y = +4.06 - 0.36x_1 - 0.18x_2 - 0.10x_1^2 - 1.49x_2^2 - 0.26x_1 \cdot x_2$	حجم مخصوص (ml/g)	3
0/000	6/26	0/940	0/965	$y = +24.59 - 2.726x_1 - 1.15x_2 - 4.67x_1^2 - 5.77x_2^2 + 0.34x_1 \cdot x_2$	تخلخل (درصد)	4
0/020	2/23	0/936	0/963	$y = +51.97 + 1.62x_1 + 1.625x_2 + 6.00x_1^2 + 2.60x_2^2 + 0.043x_1 \cdot x_2$	سختی (gN)	5
0/000	0/15	0/999	0/999	$y = +20.98 + 1.57x_1 + 0.52x_2 - 5.02x_1 \cdot x_2$	کشش‌پذیری (mm)	6

افزایش سفتی بافت و خشک شدن بیش از اندازه پوسته ممانعت نموده و محصول قابل پذیرش به‌لحاظ بافت برای مصرف‌کننده ایجاد کرده است.

نمونه حاوی 0/5 درصد صمغ ریحان و 0/3 درصد صمغ فارسی بالاترین امتیاز مزه را داشت. نتایج اثر متقابل این صمغ‌ها بر امتیاز بو نیز حاکی از آن بود که نمونه حاوی 0/3 درصد صمغ ریحان و فارسی و نمونه حاوی 0/5 درصد صمغ ریحان و فاقد صمغ فارسی بالاترین امتیاز را داشتند. نتایج اثر متقابل صمغ ریحان و فارسی بر پذیرش کلی نشان داد که نمونه حاوی 0/3 درصد صمغ فارسی و 0/5 درصد صمغ ریحان بالاترین مقبولیت را در ارزیابی حسی کسب نمود. شیخ الاسلامی و همکاران (1396) در نتایج پژوهش استفاده از صمغ بالنگو

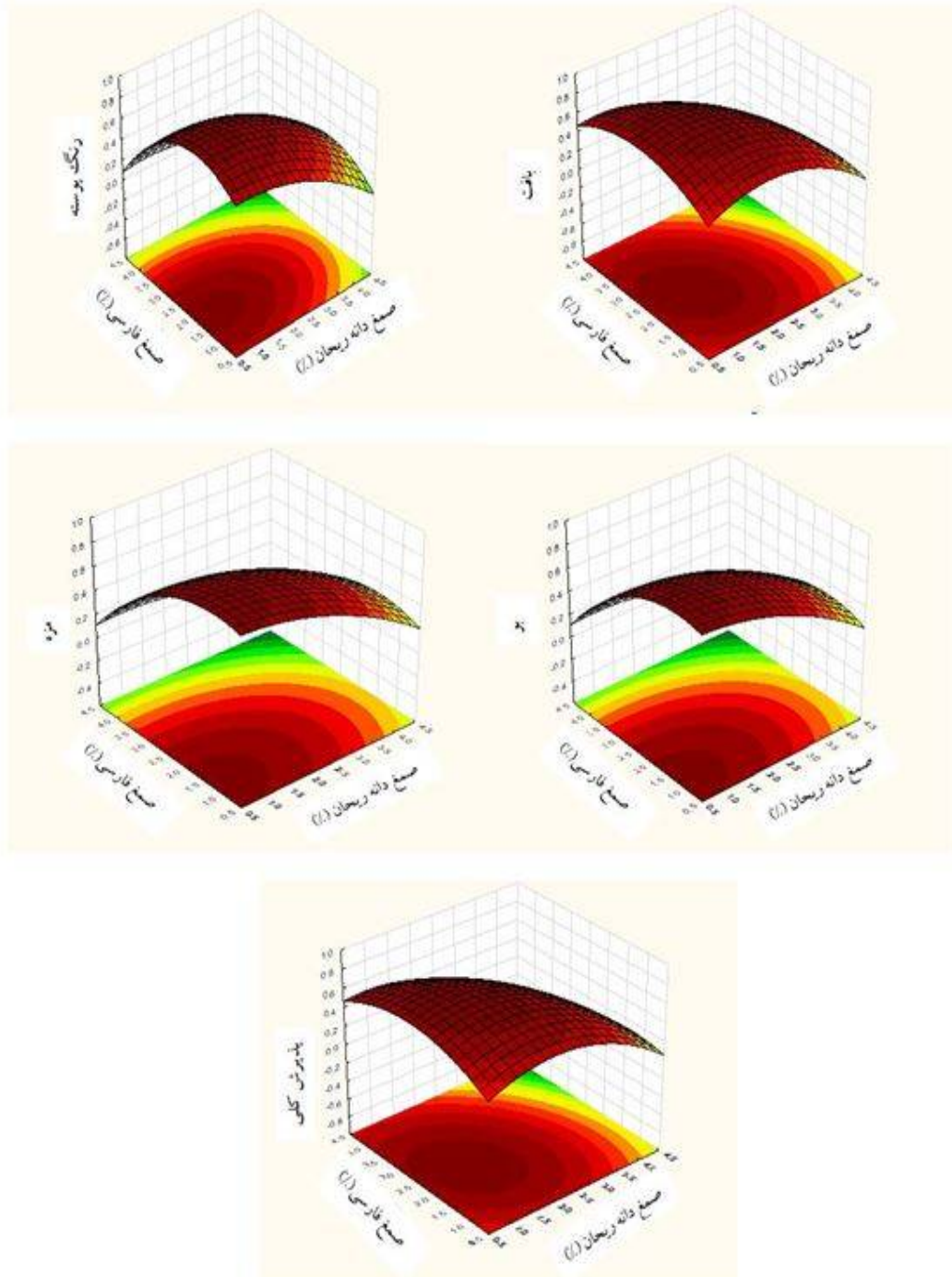
#### بررسی روند تغییرات خصوصیات حسی

شکل 7 نشان‌دهنده تغییرات امتیاز ویژگی‌های حسی (رنگ پوسته، بافت، بو، مزه و پذیرش کلی) تحت تأثیر افزودن همزمان صمغ‌های فارسی و ریحان بر نان است. نتایج اثر متقابل صمغ ریحان و فارسی نشان داد که رنگ نمونه حاوی 0/3 درصد صمغ ریحان و 0/5 درصد صمغ فارسی بیش‌ترین امتیاز را از جانب ارزیابان حسی کسب نمود.

نمونه حاوی 0/3 درصد صمغ فارسی و 0/5 درصد صمغ ریحان و بعد از آن نمونه حاوی 0/3 درصد صمغ ریحان و فارسی دارای بهترین بافت بودند. در واقع حضور سطح مناسب صمغ در فرمولاسیون با نگهداری متناسب رطوبت در حین پخت در بافت محصول نهایی از

باعث بهبود امتیاز حسی نان بربری نیم‌پز شد و افزایش میزان غلظت صمغ‌ها تا سطح 0/5 باعث کاهش امتیاز حسی بافت، طعم و آروما شد.

و کتیرا به نان نیم‌پز منجمد بیان کردند که ظاهر محصول، طعم، بافت و آروما مهمترین خصوصیات هستند که بر پذیرش محصول موثر می‌باشند. افزودن صمغ‌های بالنگو و کتیرا در سطح 0/3 درصد



شکل 7- شکل سه بعدی تغییرات امتیاز ویژگی‌های حسی نمونه‌ها، تحت تأثیر افزودن صمغ‌های فارسی و ریحان



بهینه‌یابی گردید. نتایج نشان داد که به‌منظور رسیدن به اهداف ذکر شده، بایستی غلظت صمغ دانه ریحان 0/46 درصد و غلظت صمغ فارسی 0/35 درصد باشد. تحت شرایط مذکور مطلوبیت 0/736 حاصل گردید (جدول 3).

### بهینه‌سازی فرمولاسیون نان‌های تولیدی

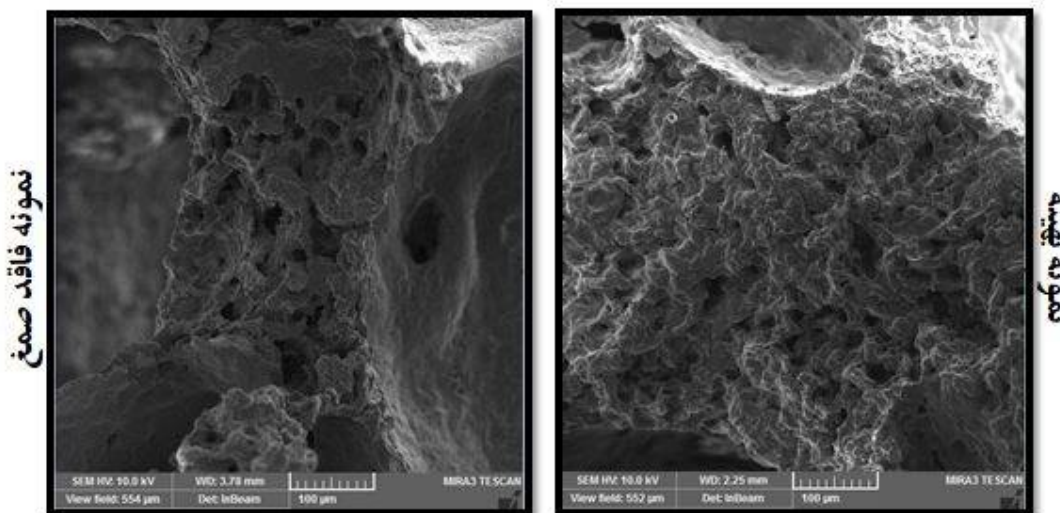
به‌منظور یافتن بهترین شرایط تهیه فرمولاسیون نان با افزودن صمغ دانه ریحان و فارسی با توجه به غلظت آن‌ها که در دامنه غلظتی صفر تا یک درصد تنظیم شده بود. فرایند بهینه‌سازی فرمولاسیون در شرایط ذکر شده به‌منظور رسیدن به حداقل سختی و حداکثر حجم مخصوص، تخلخل، پذیرش کلی و کشش‌پذیری

جدول 3- بهینه‌سازی فرمولاسیون نان‌های تولیدی

صمغ دانه ریحان (%)	صمغ فارسی (%)	فعالیت آبی (%)	رطوبت (%)	حجم مخصوص (ml/g)	تخلخل (%)	سختی (gN)	کشش‌پذیری (mm)	پذیرش کلی
0/42	0/35	0/738	31/67	4/03	24/77	50/02	20/32	4/5

0/35 درصد فارسی (نمونه بهینه) در مقایسه با نمونه فاقد صمغ ریحان و فارسی دارای ریز ساختار یکنواخت‌تر بود. علت این امر را می‌توان چنین توجیه نمود که حضور در صمغ در فرمولاسیون نان سبب بهبود و تقویت شبکه گلوتهی شده است که در نهایت منجر به ایجاد ریزساختاری یکدست و یکنواخت گردیده است. رحیمی و همکاران (1398) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند و بیان کردند در کیک حاوی صمغ بارهنگ ریزساختار محصول تولیدی پیوسته و یکنواخت‌تر بود که با نتایج تحقیق پیش رو مشابهت داشت.

مقایسه تصویر تهیه شده از ریز ساختار نمونه فاقد صمغ ریحان و فارسی و نمونه بهینه در بخش پیشین نمونه حاوی 0/42 درصد صمغ ریحان و 0/35 درصد صمغ فارسی به‌عنوان نمونه بهینه این پژوهش معرفی شدند. از این رو ریز ساختار این نمونه (نمونه بهینه) در مقایسه با ریزساختار نمونه فاقد صمغ ریحان و فارسی قرار گرفت. شکل 8 تصویر تهیه شده از این دو نمونه با میکروسکوپ الکترونی را نشان می‌دهد. همانطور که نتایج نشان داد نمونه حاوی صمغ 0/42 درصد ریحان و



شکل 8- تصویر میکروسکوپ الکترونی نمونه فاقد صمغ و نمونه بهینه (حاوی 0/42 درصد صمغ ریحان و 0/35 درصد صمغ فارسی)

از خصوصیات نان حجیم بررسی شد. نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش غلظت صمغ‌ها در فرمولاسیون نان، میزان رطوبت، سختی، کشش‌پذیری و امتیاز خصوصیات حسی افزایش ولی فعالیت آبی کاهش یافت. در حالی که با افزایش صمغ فارسی ابتدا میزان حجم

### نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه در فرایند تولید نان، استفاده از هیدروکلوئیدها جهت به تأخیر انداختن فرآیند بیاتی و بهبود کیفیت آن مناسب است، لذا در این تحقیق اثر افزودن دو صمغ دانه ریحان و فارسی بر برخی

به ترتیب 0/42 و 0/35 درصد باشد. در نهایت ریزساختار نمونه بهینه با نمونه فاقد صمغ مقایسه شد که نتایج بیانگر ساختار یکنواخت‌تر نمونه حاوی ترکیبی از دو صمغ ریحان و فارسی بود.

مخصوصاً، تخلخل و امتیاز خصوصیات حسی افزایش و سپس کاهش یافت. همچنین در این پژوهش به بهینه‌سازی فرمولاسیون نان‌های تولیدی پرداخته شد و مشخص گردید، به‌منظور رسیدن شرایط بهینه فرمولاسیون نان حجیم، بایستی درصد صمغ دانه ریحان و فارسی

## منابع

- Agnihotr, A. and Kaushik, N. 1999. Transfer of double low characteristics in early maturing *Brassica napus* L. *Journal of Oil Seed Research*. 16 (2): 227 – 229.
- Ahlborn, G. J., Pike, O. A., Hendrix, S. B., Hess, W. M. & Huber, C. S. 2005. Sensory, mechanical and microscopic evaluation of staling in low protein and gluten-free bread. *Cereal Chemistry*, 82: 328-335.
- Anderson, D. M. W. and Andon, S. A. (1998). Water-soluble food gums and the role in product development. *Cereal Food World*, 33: 844-850.
- AOAC. 2008. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists, Vol. II. Arlington, VA: Association of Official Analytical Chemists.
- Armero, E. and Collar, C. 1996. Antistaling additive effects on fresh wheat bread quality. *Food Science and Technology International*. 2:323-333.
- Barcenas, M. E. and Rosell, C.M. 2005. Effect of HPMC addition on the microstructure, quality and aging of wheat bread. *Food Hydrocolloids*. 19: 1037-1043.
- Barcenas, M. E. and Rosell, C. M. 2006. Different approaches for improving the quality and extending the shelf life of the partially baked bread: low temperatures and HPMC addition. *Journal of Food Engineering*. 72, 92–99.
- Bell, D. A. 1990. Methylcellulose as a structure enhancer in bread baking. *Cereal Foods World*. 35(10): 1001-1006.
- Demirkesen, I., Mert, B., Sumnu, G. and Sahin, S. 2010. Rheological properties of gluten-free bread formulation. *Journal of Food Engineering*. 96: 295-303.
- Gomes-Ruffi, C. R., Cunha, R. H., Almeida, E. L., Chang, Y. K. Steel, C. J. 2012. Effect of the emulsifier sodium stearyl lactylate and of the enzyme maltogenic amylase on the quality of pan bread during storage. *LWT-Food Science and Technology*. 49: 96-101.
- Gujral, H.S., Guardiola, I., Carbonell, J.V. and Rosell, C.M. 2003. Effect of cyclodextrinase on dough rheology and bread quality from rice flour. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 51: 3814-3818
- Guarda, A., Rosell, C. M., Benedito, C. and Galloto, M. J. 2004. Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. *Food hydrocolloids*. 18: 241-247.
- Hejrani, T., Mortazavi, S. A., Sheikholeslami, Z., Ghiyafe Davoodi, M. 2015. Effect of guar gum and amylase on quality of part baked frozen Barbari bread. *Iranian Food Science and Technology, Research Journal*. 11 (5), 508-520
- Hosseini parvar, S. H., Matia-merino, L., Goh, K. K. T., Razavi, S. M. A. and Mortazavi, A. 2010. Steady shear flow behavior of gum extracted from *O cimum bacilicum* L. seed: effect of concentration and temperature. *Journal of Food Engineering*. 101: 236-243.
- Karazhiyan H, Razavi SMA, Phillips GO. 2011. Extraction optimization of a hydrocolloid extract from cress seed (*Lepidium sativum*) using response surface methodology. *Food Hydrocolloid* 25: 915–920.
- Khalesi, H., Alizadeh, M. and Rezad Yari, M. (2012). Evaluation of physicochemical and functional properties of Zedu gum from *Amygdalus scoparia* Spach plant. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 8(3): 317-326. [In Persian].
- Lazaridou, A., Duta, D., Papageorgiou, M., Belc, N. and Biliaderis, C.G. 2007. Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. *Journal of Food Engineering*. 79(3):1033-1047.
- Mandala, I., Kapetanakou, A. and Kostaropoulos, A. 2008. Physical properties of breads containing hydrocolloids stored at low temperature: II-Effect of freezing. *Food Hydrocolloids*. 22(8):1443- 1451.
- Mandala, I., Karabela, D. and Kostaropoulos, A. 2007. Physical properties of breads containing hydrocolloids stored at low temperature. I. Effect of chilling. *Food Hydrocolloids*, 21: 1397-1406.
- Mohammad Amini, A., Hdad Khodaparast, M. H. 1386. Optimization of extraction condition of *Lallemantiaroyleana* and its effect on rheological properties and quality of volume bread compared with xanthan. Thesis for master, Ferdowsi university pf Mashhad.
- Mohammadi, M. Sadeghnia, N. Azizi, M.H., Neyestani, T.R. and Mortazavian, A.M. 2014. Development of gluten-free flat bread using hydrocolloids: Xanthan and CMC. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. 20: 1812–1818.
- Naghipoor, F., Sahraian, B., Sheikholeslami, Z. 1391. Evaluation of time and temperature of baking on quantitative and qualitative properties of semi-bulk Barbari bread. *Iranian Food Science and Technology, Research Journal*, 4 (3): 9-16.

- Naji-Tabasi, S. & Razavi, S. M. A.. 2017. Functional properties and applications of basil seed gum: An overview. *Food Hydrocolloids*. 73: 313-325.
- Naji-Tabasi, S., Razavi, S. M. A., Mohebbi, M. & Malaekheh-Nikouei, B. 2016. New studies on basil (*Ocimum basilicum* L.) seed gum: Part I-Fractionation, physicochemical and surface activity characterization. *Food Hydrocolloids*. 52: 350-358.
- Primo-Martin, C., De Beukelaer, H., Hamer, R.J. and Van Vliet, T. 2008. Fracture behaviour of bread crust: Effect of ingredient modification. *Journal of Cereal Science*. 48 604–612.
- Rahimi, SH., Sheikholeslami, Z. and Seyedain Ardebili, S. M. (2019). The effect of Barhang (*Plantago major*. L) gum quality and sensory characteristics of composite low-fat cup cake (Wheat-Quinoa). *Food Science and Technology*, 88(16): 123-134. [In Persian].
- Ronda, F., Gomes, M., Blanco, C. A., and Caballero, P. A. 2005. Effects of polyols and nondigestible oligosaccharides on the quality of sugar free sponge cakes. *Journal of Food Chemistry*. 90: 549-55.
- Rosell, C.M., Rojas, J.A. and Benedito de Barber, C. 2001. Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. *Food Hydrocolloids*. 15: 75-81.
- Sahraiyani, B., Karimi, M., Hadad Khodaparast, M. H., Ghiafe Davoodi, M., Sheikholeslami, Z., Naghipour, F. 2013. The effect of Balangu Shirazi (*Lallemantiaroyleana*) gum on quantitative and qualitative of surghum gluten free bread. *Iranian journal of food science and technology*, 42 (12): 129-139.
- Sahraiyani, B., Naghipour, F., Karimi, M. and Ghiafe Davoodi, M. 2013. Development of gluten-free flat bread using hydrocolloids: Xanthan and CMC. *Food Hydrocolloids*. 30: 698-703.
- Samari-Khalaj, M., Abbasi, S. 2017. Solubilisation of Persian gum: Chemical modification using acrylamide. *International Journal of Biological Macromolecules*, 101: 187-195.
- Shalini, K. G. and Laxmi, A. 2007. Influence of additives on rheological characteristics of whole –wheat dough and quality of chapatti (Indian unleavened flat bread) Part I – hydrocolloides. *Food Hydrocolloids*. 21:110-117.
- Sheikholeslami, Z., Hejrani, T., Karimi, M., Ghiafeh Davoodi, M., Fatemian, H. 1395. Effect of L. Sativum Seed Gum, Tragacanth and Concentrations on Properties of Partly Baked Frozen Barbari Bread. *Journal of Research and Innovation in Food Science*, 5 (4): 395-404.
- Sheikholeslami Z, Karimi M, Komeili HR, Mahfouzi M. 2018. A new mixed bread formula with improved physicochemical properties by using hull-less barley flour at the presence of guar gum and ascorbic acid. *LWT-Food Science and Technology* 93: 628–633.
- Skara, N., Novotni, D., Cukelj, N., Smerdel, B., & Curi, D. 2013. Combined effects of inulin, pectin and guar gum on the quality and stability of partially baked frozen bread. *Food Hydrocolloids*. 30(1):428-436.
- Whitehurst, R.J. 2004. Emulsifiers in food technology. Blackwell publishing, Northampton, UK.
- Yebeyen, D., Lemenih, M. and Feleke, S. (2009). Characteristics and quality of Arabic gum from naturally grown Acacia Senegal (Linne) Wild trees in the Central Rift Valley of Ethiopia. *Food Hydrocolloids*, 23: 175-180.

## Optimization of loaf bread formulation including Farsi and Basil Gum

M. M. Hafiz<sup>1</sup>, Z. Sheikholeslami<sup>\*2</sup>

Received: 2019.06.17

Accepted: 2019.09.21

**Introduction:** In baked foods, hydrocolloids have been used for retarding staling and improving the quality of fresh products ((Ba'rcenas et al 2003, 2004). Researchers found that all hydrocolloids are able to hold moisture loss during crumbing of bread and reduce the rate of water loss and moisture to increase the bread crumb (Arendt, 2013). *Ocimum basilicum L.*, and *Amygdalus scoparia.*, commonly known as Basil and Farsi gums, are a good source for pharmaceutical, food and industrial applications. The aim of this study was to evaluate the effect of *Ocimum Basilicum* and Farsi gums on optimization of loaf bread production by decreasing the hardness and increasing the special volume, porosity and extensibility values by using the response surface method.

**Materials and methods:** The *Ocimum basilicum* seeds were first cleaned, then seeds were soaked in distilled water to obtain a water to seed ratio of 37:1 at 40 °C and pH = 7. Separation of the hydrocolloid from the swollen seeds was achieved by passing the seeds through an extractor equipped with a rotating plate that scraped the gum layer on the seed surface. The extracted solution was then filtered and dried in an air forced oven at 60°C and finally the powder was milled, sieved using a mesh 18 sifter, packed and kept at cool and dry condition (Karazhiyan et al., 2010, Mohamad Amini et al., 2007). Farsi gum in powder were bought from Rihan gum Parsian co. The effect of Basil and Farsi seed gum concentration (0-1%) on water activity, moisture, specific volume, hardness and extensibility of bread was investigated. For Data Analysis used SPSS software and Duncan test, for mean comparisons.

**Results and discussions:** The results revealed that the water activity in bread was decreased while an enhancement was observed in moisture, hardness and extensibility with an increase at gum concentration. Further, the specific volume and porosity of bread were increased and then decreased by adding the gum with higher level. In order to reach to a minimum hardness and maximum specific volume, porosity and extensibility, the concentration of Basil and Farsi seed gum should be 0.46 and 0.35% respectively. The results of this study showed that any increase in concentration of gum in the formulation, makes moisture content, hardness and elongation to be increased, but the activity of water decreased. However, with the increase of Farsi gum, the amount of specific volume and porosity increased and then decreased. In the end, it can be stated that, in order to obtain optimal conditions for bread formulation, the percentage of basil and Farsi gum seeds should be 0.42 and 0.35% respectively.

**Keywords:** Optimization, Loaf bread, Basil seed gum, Farsi seed gum, Electronic microscope.

---

1. M.S.C of Department of Food Science & Technology, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran

2. Agricultural engineering research department. KhorasanRazavi agricultural and natural resources research education center, Agriculture Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mashhad, Iran.

(\*Corresponding authors Email: shivasheikholeslami@yahoo.com)



## مقاله علمی- پژوهشی

# تأثیر اسانس زیره سیاه بر ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی، میکروبی و حسی پنیر فتای فراپالایش

مرضیه مومنی سروستانی<sup>1</sup> - حنان لشکری<sup>2\*</sup>

تاریخ دریافت: 1398/02/23

تاریخ پذیرش: 1398/07/03

### چکیده

اسانس زیره سیاه فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی بالایی دارد و می‌تواند منجر به بهبود و ارتقای ماندگاری سیستم‌های غذایی گردد. به منظور بررسی تأثیر اسانس زیره سیاه بر خصوصیات فیزیکی‌شیمیایی، میکروبی و حسی پنیر فتای فراپالایش غلظت‌های مختلف اسانس زیره سیاه (صفر، 0/05، 0/1 و 0/15 درصد) به پنیر اضافه شد و نمونه‌های پنیر در روزهای 3، 20 و 60 دوره نگهداری آنالیز شدند. نتایج نشان داد که اسانس زیره سیاه دارای تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال 5% بر اسیدیته، pH و خاصیت آنتی‌اکسیدانی بوده و با افزایش اسانس pH کاهش و اسیدیته و خاصیت آنتی‌اکسیدانی افزایش یافتند. همچنین اسانس زیره سیاه در سطح احتمال 5% اثر معنی‌داری بر روی میزان پروتئین، چربی، نمک و ماده خشک پنیر نداشت. نتایج نشان داد دوره نگهداری بر میزان چربی، نمک و پروتئین تأثیر معنی‌داری نداشت. با افزایش درصد اسانس در پنیر، به‌طور معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) شاخص \*L کاهش و شاخص \*b افزایش یافت. بررسی خصوصیات حسی در طی دوره نگهداری نشان داد، افزودن اسانس بر روی رنگ، بافت تأثیر معنی‌داری نداشته ولی بر طعم و پذیرش کلی تأثیر معنی‌دار است. طعم پنیر در پایان دوره نگهداری نسبت به روز سوم و بیستم کاهش معنی‌داری نشان داد. در مجموع تیمار حاوی 0/05 درصد اسانس از نظر خصوصیات حسی دارای بالاترین امتیاز بود.

واژه‌های کلیدی: اسانس، پنیر، حسی، زیره سیاه، فیزیکی‌شیمیایی، میکروبی.

### مقدمه

(Zeinali, 2007). زیره سیاه<sup>3</sup> که در زبان انگلیسی *Black caraway* نامیده می‌شود، گیاهی چندساله و خودگشن از خانواده چتریان<sup>4</sup> است. دانه زیره سیاه در طب سنتی به‌عنوان ضدنفخ، ضداسهال، تب‌بر، کاهنده چربی و کلسترول خون، ضدآلرژی و برطرف‌کننده سوء هاضمه کاربرد دارد (Pourmortazavi et al., 2005). اسانس‌ها (روغن‌های فرار یا روغن‌های اتری) مایعات روغنی معطری هستند که از اجزای مختلف گیاه به‌دست می‌آیند (Burt, 2004). اثر ضد میکروبی اسانس‌ها در مطالعات مختلف به اثبات رسیده است. ترکیبات مختلف در اسانس زیره سیاه شامل کومین آلدهید، گاما ترپینن، پاراسایمن و مواد مؤثره دیگری است که اغلب از ترکیبات ترپنی هستند و کاربردهای فراوانی به‌عنوان مواد آنتی‌باکتریال و آنتی‌اکسیدان دارند (Shankaracharya and Shankaracharya, 1988). لبنیات از مغذی‌ترین و ضروری‌ترین مواد غذایی در رژیم غذایی می‌باشد. در تقسیم‌بندی تغذیه‌ای پنیر از گروه پروتئین‌ها بوده، بنابراین بهینه‌سازی ویژگی‌های پنیر فتای فراپالایشی، به‌منظور افزایش مصرف توسط مردم، ضروری به‌نظر می‌رسد و از طرفی

از آن‌جا که سلامت غذا یک مسأله بنیادی از دیدگاه مصرف‌کننده و صاحبان صنایع غذایی بوده است و با عنایت به گزارش‌های مرتبط با موارد متعدد عفونت‌های حاصل از مواد غذایی آلوده، توجه به سلامت غذا و ارائه راهکارهایی جهت حفظ هرچه بیشتر سلامت مواد غذایی در حال گسترش است. به علت دیدگاه منفی روز افزون و ناخوشایند مصرف‌کنندگان در استفاده از مواد غذایی که در آن‌ها از نگهدارنده‌های شیمیایی استفاده شده از یک طرف و از طرف دیگر مشکلات متعدد مسئولان در روش‌ها و سیستم‌های کنترلی مواد غذایی که گران و وقت‌گیر است، توجه روز افزون تولیدکنندگان و مسئولین بهداشتی به استفاده از نگهدارنده‌های طبیعی و گیاهی معطوف شده است (Karim, 1997). زیره سیاه یکی از مهم‌ترین و ارزشمندترین گیاهان دارویی است (Pour-seyedi, 1994) که به‌صورت وحشی در مناطقی از ایران که آب و هوای خشک دارند، مانند استان‌های کرمان، فارس، اصفهان و یزد می‌روید (Abduganiew et al., 1997; Dekhoda, 1975).

(Email: hlashkari@gmail.com)

\*- نویسنده مسئول:

DOI: 10.22067/ijfst.v16i4.80664

3 - Bunium persicum Boiss.

4 - Apiaceae

1- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد سروستان، ایران، سروستان.

2- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد زرین دشت، ایران، زرین دشت.

توسط دستگاه پاستوریزاسیون خامه پاستوریزه شد و دوباره خامه پاستوریزه و شیر با هم مخلوط شده و به دستگاه اولترافیلتراسیون ارسال و در آنجا طی چندین مرحله، شیر آبیگری و تغلیظ شده و بریکس آن به حدود 24 رسید. رتنتیت دوباره همونیزه (فشار 100 بار) و پاستوریزه (دمای 78 درجه سانتی‌گراد) شد و با دمای بین 32 تا 36 درجه سانتی‌گراد به سمت دستگاه بسته‌بندی ارسال گردید. سپس در قسمت بسته‌بندی رتنتیت با استارتر 0/01% و آنزیم رنت 0/01% به همراه غلظت‌های مختلف اسانس مخلوط و توسط دستگاه فیلر درون لیوان‌ها تزریق گردید. بعد از گذشت حدود نیم ساعت رتنتیت لخته شده و به پنیر تبدیل شد در ادامه کاغذ پارشمنت قرار داده شد، سپس روی آن نمک (2%) تهیه شده از شرکت هامر ریخته و درب آن مهر و موم گردید و به مدت 24 ساعت در گرمخانه با دمای 30-35 درجه سانتی‌گراد داده شد و پس از رسیدن pH به 4/9 به سردخانه منتقل شد.

#### اندازه‌گیری اسیدیته

میزان اسیدیته بر اساس استاندارد ملی شماره 2852 اندازه‌گیری شد. مقدار اسیدیته برحسب اسید لاکتیک محاسبه گردید.

#### اندازه‌گیری pH

میزان pH بر اساس استاندارد ملی شماره 2852 اندازه‌گیری شد.

#### اندازه‌گیری چربی

آزمون چربی به کمک روش ژربر بر اساس استاندارد ملی 8785 انجام شد.

#### اندازه‌گیری پروتئین

میزان پروتئین بر اساس استاندارد ملی شماره 1811 به کمک روش کلدال اندازه‌گیری گردید.

#### اندازه‌گیری ماده خشک

میزان ماده خشک طبق استاندارد ملی ایران به شماره 1753 اندازه‌گیری شد.

#### اندازه‌گیری نمک

میزان نمک به روش موهر اندازه‌گیری شد (حسینی، 1377).

$$(1) \quad 100 \times \frac{0.0585 \times \text{نیترا ت نقره} \times \text{نیترا ت نقره} \times \text{نیترا ت نقره}}{\text{وزن نمونه}} = \text{درصد نمک}$$

#### اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی

ابتدا عصاره‌گیری از پنیر انجام گردید و سپس فعالیت آنتی‌اکسیدانی نیز به روش DPPH و با خواندن جذب نمونه‌ها در طول موج 517

در سال‌های اخیر مصرف‌کنندگان به مسأله سلامتی اهمیت بیشتری داده و به دنبال مصرف غذاهایی با ویژگی‌های عملکردی بالاتر، افزون بر ارزش تغذیه‌ای می‌باشند (Fox 1993).

تاکنون تحقیقات فراوانی در بررسی اثر اسانس زیره سیاه بر ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی و میکروبی پنیر از جمله تأثیر فعالیت آنتی‌اکسیدانی اسانس زیره سبز بر کیفیت پنیر سفید پرچرب (رفیعی و همکاران 1394)، فعالیت ضد میکروبی اسانس زیره سیاه کرمانی در پنیر گودا (طاهرخانی و همکاران 1393)، اثر اسانس زیره سبز بر رشد *استافیلوکوکوس اورتوس* در پنیر سفید ایرانی (صادقی و همکاران 1389)، بهبود خصوصیات کیفی پنیر دومیاتی را با استفاده از عصاره‌های گیاهی زیره سبز و سیاه (Jahan and Abdel-Hakim, 2015)، تأثیر روغن زیره سیاه بر باکتری‌های پاتوژن مانند *استافیلوکوکوس اورتوس*، *اشرشیا کلائی*، *لیستریا منوسیتوجنز* و *سالمونلا* در پنیر (Ramadan Hassanien et al., 2014)، تأثیر دانه زیره سیاه را بر خصوصیات بیوشیمیایی و مقبولیت پنیر (Abdel-Razig et al., 2014)، تأثیر روغن زیره بر خصوصیات شیمیایی و حسی پنیر سفید سوندانی (Ahmed Hamid, 2014) و تأثیر دانه و روغن زیره سیاه بر کیفیت باکتریولوژیکی پنیر سفید نرم (Alsawaf and Alnaemi, 2011) صورت گرفته است اما پژوهشی بر روی پنیر فتای فراپالایش گزارش نشده است. هدف از این پژوهش بررسی اثر غلظت‌های مختلف اسانس زیره سیاه بر ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی، میکروبی و حسی پنیر فتای فراپالایش بود.

#### مواد و روش‌ها

شیر تازه از شرکت ارژن فارس تهیه شد. استارتر (شامل گونه‌های *لاکتوکوکوس لاکتیس*، *لاکتوکوکوس اسیدوفیلوس* و *لوکونوستوک*)، آنزیم رنت (کریستین هانسن، دانمارک) و اسانس زیره (گران‌دیس، همدان) خریداری شد.

#### شناسایی ترکیبات اسانس زیره

توسط روش کروماتوگرافی گازی انجام پذیرفت. اسانس‌ها توسط دستگاه گاز کروماتوگرافی متصل به طیف‌سنج جرمی (GC/MS) تجزیه شده و با استفاده از محاسبه ضرایب بازداری هر یک از اجزای تفکیک شده و طیف جرمی آن‌ها و مقایسه با استاندارد، ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس با دستگاه GC/MS (Labomed، آمریکا) تعیین و شناسایی شد (Bourgou et al., 2010).

#### تولید پنیر فراپالایش و افزودن اسانس

تولید پنیر در شرکت ارژن فارس انجام شد. ابتدا شیر خام مخزن نگهداری منتقل و بعد دمای آن به حدود 50 درجه سانتی‌گراد رسید و توسط سپراتور، چربی آن جدا گردید و شیر بدون چربی توسط دستگاه میکروفیلتراسیون تا حدود 99/7 درصد میکروبی‌زدایی شد و خامه نیز

را از لحاظ طعم، رنگ، بافت و پذیرش کلی ارزیابی کردند. به این ترتیب که بیشترین نمره یعنی 5 به منزله عالی بودن نمونه و 1 کمترین نمره که نشان‌دهنده خیلی بد بودن نمونه است (Hashemi Gahrue *et al.*, 2017).

### تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

در این مطالعه ابتدا تیمارهای پنیر فتای فراپالایش حاوی مقادیر مختلف اسانس زیره سیاه (صفر، 0/05، 0/1 و 0/15%) تولید و پس از نگهداری در یخچال، در روزهای 3، 20 و 60 آزمون‌های فیزیکیوشیمیایی، حسی و میکروبی بر روی آن انجام گردید. آزمایشات در قالب طرح کاملاً تصادفی و در 3 تکرار انجام شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار (SPSS17) و با استفاده از جدول ANOVA یک طرفه آنالیز شد و از آزمون دانکن ( $p < 0/05$ ) برای مقایسه میانگین‌ها و جهت ترسیم نمودارها از نرم‌افزار اکسل استفاده شد.

### نتایج و بحث

#### شناسایی ترکیبات اسانس زیره

ترکیبات اصلی شناسایی شده در اسانس زیره شامل  $\alpha$ -Thujene (2/81%)، p-Cymene (67/11%)، Linalool (4/47%)، Thymoquinone (12/11%)، Carvacrol (7/63%) و Longifolene (5/87%) بودند (شکل 1).

#### اسیدیته

میزان اسیدیته تیمارهای مختلف در طول دوره نگهداری در جدول 1 قابل مشاهده است. با توجه به نتایج تغییرات اسیدیته در روز سوم در بین تیمارهای مختلف معنی‌دار ( $p < 0/05$ ) نیست، اما در طول دوره نگهداری تغییرات معنی‌دار ( $p < 0/05$ ) است، به طوری که همواره یک روند افزایشی در تیمارها در روز 20 و 60 دوره نگهداری مشاهده می‌شود. با افزایش درصد زیره در روز 20 اسیدیته از 1/27 درصد اسید لاکتیک در شاهد به 1/35 درصد در تیمار 0/15 درصد اسانس رسید و در روز 60 از 1/32 درصد در شاهد به 1/40 درصد در تیمار حاوی 0/15 درصد اسانس رسید. در همه تیمارها با گذشت زمان میزان اسیدیته به طور معنی‌داری ( $p < 0/05$ ) افزایش یافت و این افزایش در تیمار حاوی 0/15 درصد اسانس بیشتر از سایر تیمارها بود. در نمونه شاهد از 1/19 به 1/32 درصد و در نمونه 0/05 درصد اسانس از 1/20 به 1/36 درصد و در نمونه 0/1 درصد اسانس از 1/22 به 1/38 درصد و در نمونه 0/15 درصد اسانس از 1/23 به 1/40 درصد اسید لاکتیک رسید.

#### pH

میزان pH تیمارهای مختلف در طول دوره نگهداری در جدول 2 قابل مشاهده است.

نانومتر به دست آمد (رضایی‌ارمی و همکاران، 1391). 20 گرم پنیر با 20 گرم آب مقطر مخلوط و همگن شد. نمونه همگن شده به مدت 10 دقیقه، با سرعت 1500 دور در دقیقه، 2 بار سانترفیوژ کرده و مایع رویی جدا گردید و تا انجام مراحل بعدی آزمایش در دمای 4 درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. 10 میلی‌لیتر محلول DPPH 50 درصد اتانول را با 80 میلی‌لیتر اتانول رقیق کرده و با دستگاه طیف‌سنج چک شد تا عدد نشان داده شده توسط دستگاه زیر 1 باشد. ضمناً قبلاً دستگاه توسط اتانول کالیبره شده سپس به محلول DPPH رقیق شده مقدار 250 میکرولیتر مایع رویی جدا شده در مرحله قبل اضافه شد و به مدت 10 دقیقه در مکان تاریک قرار گرفته و سپس در دستگاه طیف‌سنج قرار داده شده و جذب در طول موج 517 نانومتر خوانده شد.

$$\text{DPPH} \text{ جذب} = \frac{\text{DPPH خالص} - \text{جذب نمونه}}{\text{DPPH خالص}} \times 100 \quad (2)$$

### رنگ‌سنجی

توسط سیستم عکسبرداری با انتقال تصاویر به رایانه و با استفاده از نرم‌افزار فتوشاپ انجام شد (Gahrue *et al.*, 2019).

### شمارش کلی فرمها

شمارش کلی فرم‌ها بر اساس استاندارد میکروبی شیر و فرآورده‌های لبنی به شماره 2406 انجام شد به منظور شمارش کلی فرم‌ها از روش کشت پورپلیت و محیط کشت ویولت رد بایل آگار (VRB) (مرک، آلمان) استفاده شد. انکوباسیون در دمای 30 درجه سانتی‌گراد به مدت 24 ساعت انجام شد و نتایج به وسیله دستگاه پلیت کلنی کانتور شمارش و به صورت cfu/g گزارش شد.

### شمارش کپک و مخمرها

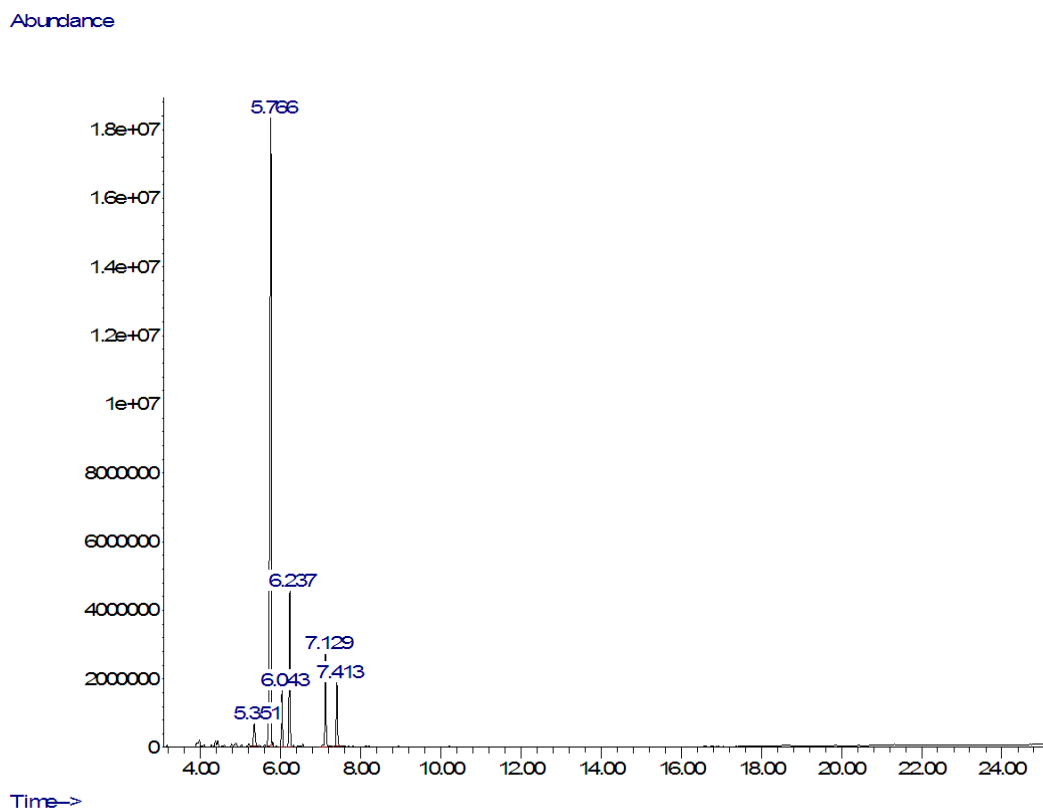
شمارش کپک و مخمر بر اساس استاندارد میکروبی شیر و فرآورده‌های لبنی به شماره 2406 انجام شد. به منظور شمارش کپک و مخمر از روش کشت سطحی و محیط کشت YGC آگار (مرک، آلمان) استفاده شد. انکوباسیون در دمای 25 درجه سانتی‌گراد به مدت 5 روز انجام شد و نتایج به وسیله دستگاه پلیت کلنی کانتور شمارش و به صورت cfu/g گزارش شد.

### شناسایی استافیلوکوکوس اورئوس

شناسایی و شمارش استافیلوکوکوس اورئوس بر اساس استاندارد ملی 6806 انجام گردید.

### ارزیابی حسی

پس از آموزش‌های مقدماتی، تعداد 9 نفر به عنوان ارزیاب انتخاب شد و با استفاده از روش هدونیک 5 نقطه‌ای نمونه‌های پنیر تولید شده



شکل 1- ترکیبات شناسایی شده در اسانس زیره

جدول 1- تأثیر مقادیر مختلف اسانس زیره سیاه بر میزان اسیددیده پنیر در طی دوره نگهداری			
تیمار (% اسانس)	روز 3	روز 20	روز 60
شاهد	1/19±0/011c A	1/27±0/011 b C	1/32±0/015aC
0/05	1/20±0/011 c A	1/30±0/011 b B	1/36±0/01 a B
0/1	1/22±0/03c A	1/33±0/011 b A	1/38±0/01 a AB
0/15	1/23±0/03 c A	1/35±0/015b A	1/40±0/01a A

میانگین‌های دارای حروف مشترک کوچک در هر ردیف و میانگین‌های دارای حروف مشترک بزرگ در هر ستون در سطح احتمال 5% دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

4/53، در نمونه 0/05 درصد اسانس از 4/66 به 4/49 و در نمونه 0/1 درصد اسانس از 4/65 به 4/46 و در نمونه 0/15 درصد اسانس از 4/63 به 4/39 رسید. افزودن اسانس زیره سیاه به پنیر موجب کاهش معنی‌دار pH نسبت به تیمار کنترلی گردید.

#### ماده خشک

میزان ماده خشک تیمارهای مختلف در طول دوره نگهداری در جدول 3 قابل مشاهده است. با توجه به نتایج تغییرات ماده خشک در روزهای مختلف در بین تیمارهای مختلف معنی‌دار نیست ( $p > 0/05$ ).

با توجه به نتایج تغییرات pH در روز سوم در بین تیمارهای مختلف معنی‌دار نیست ( $p > 0/05$ )، اما در طول دوره نگهداری تغییرات معنی‌دار ( $p < 0/05$ ) است، به طوری که همواره یک روند کاهشی در تیمارها در روز 20 و 60 دوره نگهداری مشاهده می‌شود. با افزایش درصد زیره در روز 20 pH از 4/57 در شاهد به 4/47 در تیمار 0/15 درصد اسانس رسید و در روز 60 از 4/53 در شاهد به 4/39 در تیمار حاوی 0/15 درصد اسانس رسید. در همه تیمارها با گذشت زمان میزان pH به طور معنی‌داری ( $p < 0/05$ ) کاهش یافت و این کاهش در تیمار حاوی 0/15 درصد اسانس بیشتر از سایر تیمارها بود. در نمونه شاهد از 4/66 به

0/15% اسانس، گذشت زمان تأثیر معنی‌داری ( $p < 0/05$ ) بر میزان ماده خشک ندارد. افزودن اسانس زیره سیاه به پنیر تأثیر معنی‌داری بر میزان ماده خشک پنیر نداشت..

در نمونه شاهد و 0/05 درصد اسانس با گذشت زمان میزان ماده خشک به‌طور معنی‌داری ( $p < 0/05$ ) افزایش یافت. در نمونه شاهد و 0/05 درصد اسانس از 37/00 به 37/25 درصد رسید. اما در نمونه 0/1% و

جدول 2- تأثیر مقادیر مختلف اسانس زیره سیاه بر میزان pH پنیر در طی دوره نگهداری

تیمار (% اسانس)	روز 3	روز 20	روز 60
شاهد	4/66 ± 0/06 a A	4/57 ± 0/03 b A	4/53 ± 0/01 b A
0/05	4/66 ± 0/04 a A	4/54 ± 0/02 b AB	4/49 ± 0/01 b A
0/1	4/65 ± 0/05 a A	4/50 ± 0/05 b B	4/46 ± 0/05 b AB
0/15	4/63 ± 0/02 a A	4/47 ± 0/03 b B	4/39 ± 0/06 b B

میانگین‌های دارای حروف مشترک کوچک در هر ردیف و میانگین‌های دارای حروف مشترک بزرگ در هر ستون در سطح احتمال 5% دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

جدول 3- تأثیر مقادیر مختلف اسانس زیره سیاه بر میزان ماده خشک پنیر در طی دوره نگهداری

تیمار (% اسانس)	روز 3	روز 20	روز 60
شاهد	37/00 ± 0/10 b A	37/10 ± 0/10 ab A	37/25 ± 0/05 a A
0/05	37/00 ± 0/15 b A	37/08 ± 0/02 ab A	37/25 ± 0/09 a A
0/1	37/00 ± 0/28 a A	37/07 ± 0/08 a A	37/26 ± 0/20 a A
0/15	37/00 ± 0/30 a A	37/10 ± 0/10 a A	37/30 ± 0/26 a A

میانگین‌های دارای حروف مشترک کوچک در هر ردیف و میانگین‌های دارای حروف مشترک بزرگ در هر ستون در سطح احتمال 5% دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

مختلف در بین تیمارهای مختلف معنی‌دار نیست ( $p > 0/05$ ). در همه تیمارها با گذشت زمان میزان چربی تغییر معنی‌داری ( $p < 0/05$ ) نداشت. افزودن اسانس زیره سیاه به پنیر تأثیر معنی‌داری بر میزان چربی نداشت.

#### چربی

میزان چربی تیمارهای مختلف در طول دوره نگهداری در جدول 4 قابل مشاهده است. با توجه به نتایج تغییرات میزان چربی در روزهای

جدول 4- تأثیر مقادیر مختلف اسانس زیره سیاه بر میزان چربی پنیر در طی دوره نگهداری

تیمار (% اسانس)	روز 3	روز 20	روز 60
شاهد	15/00 ± 0/05 a A	15/05 ± 0/05 a A	15/11 ± 0/07 a A
0/05	15/00 ± 0/15 a A	15/03 ± 0/15 a A	15/16 ± 0/11 a A
0/1	15/00 ± 0/20 a A	15/08 ± 0/07 a A	15/20 ± 0/10 a A
0/15	15/00 ± 0/10 a A	15/03 ± 0/05 a A	15/16 ± 0/15 a A

میانگین‌های دارای حروف مشترک کوچک در هر ردیف و میانگین‌های دارای حروف مشترک بزرگ در هر ستون در سطح احتمال 5% دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

#### نمک

میزان نمک تیمارهای مختلف در طول دوره نگهداری در جدول 6 قابل مشاهده است. با توجه به نتایج تغییرات نمک در روزهای مختلف در بین تیمارهای مختلف معنی‌دار نیست ( $p > 0/05$ ). در همه تیمارها با گذشت زمان میزان نمک تغییرات معنی‌داری ( $p < 0/05$ ) نداشت. افزودن اسانس زیره سیاه به پنیر تأثیر معنی‌داری بر میزان نمک نداشت.

#### پروتئین

میزان پروتئین تیمارهای مختلف در طول دوره نگهداری در جدول 5 قابل مشاهده است. با توجه به نتایج تغییرات پروتئین در روزهای مختلف در بین تیمارهای مختلف معنی‌دار نیست ( $p > 0/05$ ). در همه تیمارها با گذشت زمان میزان پروتئین تغییرات معنی‌داری ( $p < 0/05$ ) نداشت. افزودن اسانس زیره سیاه به پنیر تأثیر معنی‌داری بر میزان پروتئین نداشت.

جدول 5- تأثیر مقادیر مختلف اسانس زیره سیاه بر میزان پروتئین پنیر در طی دوره نگهداری

تیمار (% اسانس)	روز 3	روز 20	روز 60
شاهد	14/00± 0/15 a A	13/93± 0/50 a A	14/05± 0/52aA
0/05	14/00± 0/62 a A	13/92± 0/62 a A	14/12± 0/14 a A
0/1	14/00± 0/35 a A	13/90± 0/65 a A	14/03± 0/20 a A
0/15	14/00± 0/54 a A	13/95± 0/27a A	14/16± 0/17 a A

میانگین‌های دارای حروف مشترک کوچک در هر ردیف و میانگین‌های دارای حروف مشترک بزرگ در هر ستون در سطح احتمال 5% دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

جدول 6- تأثیر مقادیر مختلف اسانس زیره سیاه بر میزان نمک پنیر در طی دوره نگهداری

تیمار (% اسانس)	روز 3	روز 20	روز 60
شاهد	2/50± 0/15 a A	2/51 ± 0/02 a A	2/53± 0/12aA
0/05	2/50± 0/10 a A	2/51± 0/09 a A	2/53± 0/15 a A
0/1	2/50 ± 0/08 a A	2/52± 0/11 a A	2/55± 0/11 a A
0/15	2/50± 0/12 a A	2/52± 0/14 a A	2/55± 0/14 a A

میانگین‌های دارای حروف مشترک کوچک در هر ردیف و میانگین‌های دارای حروف مشترک بزرگ در هر ستون در سطح احتمال 5% دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

### خاصیت آنتی‌اکسیدانی

به طوری که میزان IC50 از 20/24 میکروگرم / لیتر در تیمار شاهد به 4/76 میکروگرم / لیتر در تیمار 0/15 درصد اسانس رسید که به دلیل وجود ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی می‌باشد. افزودن اسانس زیره سیاه به پنیر موجب کاهش معنی‌دار میزان IC50 گردید.

میزان IC50 تیمارهای مختلف در روز چهارم نگهداری در جدول 7 قابل مشاهده است. نتایج نشان می‌دهد که بین تیمارهای مختلف از نظر میزان IC50 در سطح احتمال 5% اختلاف معنی‌داری وجود دارد. تغییرات میزان اسانس موجب کاهش معنی‌دار میزان IC50 گردید،

جدول 7- تأثیر مقادیر مختلف اسانس زیره سیاه بر IC50 (میکروگرم / لیتر) در پنیر در روز 40 نگهداری

تیمار (% اسانس)	IC50 (میکروگرم / لیتر)
شاهد	20/24± 0/60 A
0/05	14/29± 0/56 B
0/1	8/33± 0/40 C
0/15	4/76± 0/14 D

میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال 5% دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

### شاخص‌های رنگ L\*، a\* و b\*

به طوری که میزان شاخص رنگ L\* از 81/66 در تیمار شاهد به 74/00 در تیمار 0/15 درصد اسانس رسید. افزودن اسانس زیره سیاه به پنیر موجب کاهش معنی‌دار شاخص رنگ L\* گردید.

میزان شاخص‌های رنگ تیمارهای مختلف در روز 40 نگهداری در جدول 8 قابل مشاهده است.

### شاخص رنگ L\*

مؤلفه a\* نشان‌دهنده تغییرات رنگ از قرمز تا سبز است به طوری که هرچه عدد ما به سمت منفی پیش برود نشان‌دهنده این مطلب است که رنگ ماده غذایی به سمت رنگ سبز تمایل پیدا می‌کند و هرچه به سمت مثبت پیشروی کند حاکی از این مطلب است که رنگ ماده غذایی به سمت رنگ قرمز متمایل می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که بین

شاخص L معادل روشنایی تصویر است که مقدار آن بین صفر تا 100 متغیر است. عدد صفر معادل مشکی و 100 نمایانگر سفید است. نتایج نشان می‌دهد که بین تیمارهای مختلف از نظر میزان شاخص رنگ L\* در سطح احتمال 5% اختلاف معنی‌داری وجود دارد. تغییرات میزان اسانس موجب کاهش معنی‌دار میزان شاخص رنگ L\* گردید،

است. نتایج نشان می‌دهد که بین تیمارهای مختلف از نظر میزان شاخص رنگ  $b^*$  در سطح احتمال 5 درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. تغییرات میزان اسانس موجب افزایش میزان شاخص رنگ  $b^*$  گردید، به طوری که میزان شاخص رنگ  $b^*$  از 6/00 در تیمار شاهد به 13/00 در تیمار 0/15 درصد اسانس رسید. افزودن اسانس زیره سیاه موجب افزایش معنی دار شاخص رنگ  $b^*$  گردید.

تیمارهای مختلف از نظر میزان شاخص رنگ  $a^*$  در سطح احتمال 5 درصد اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. افزودن اسانس زیره سیاه تأثیر معنی‌داری بر شاخص رنگ  $a^*$  نداشت.

#### شاخص رنگ $b^*$

شاخص  $b^*$  معادل زردی است و مانند  $a^*$  نامحدود است و مقادیر مثبت آن معادل رنگ زرد و مقادیر منفی این کمیت معادل رنگ آبی

جدول 8- تأثیر مقادیر مختلف اسانس زیره سیاه بر شاخص‌های رنگ  $L^*$ ،  $a^*$  و  $b^*$  در پنیر در روز 40 نگهداری

تیمار (% اسانس)	$L^*$	$a^*$	$b^*$
شاهد	81/66± 3/78 A	-2/00±1/00 A	6/00±1/00C
0/05	77/33±1/52 AB	-1/66±0/57 A	7/66±3/05 BC
0/1	75/00± 3/60 B	-1/33±0/57 A	10/33±2/08 AB
0/15	74/00±3/60 B	-1/00±0/00 A	13/00±2/00 A

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح احتمال 5% دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

مختلف در بین تیمارهای مختلف معنی‌دار ( $p < 0/05$ ) می‌باشد. همواره نمونه 0/05 و 0/1 درصد دارای طعم بهتری نسبت به شاهد هستند، به طوری که غلظت 0/05 درصد اسانس دارای بالاترین امتیاز طعم است. افزایش اسانس در همه روزها موجب کاهش پذیرش طعم شده است. در روز 3 از 4/55 در تیمار 0/05 به 3/44 در تیمار 0/1 درصد اسانس، در روز 20 از 4/66 به 3/66 و در روز 60 از 4/11 به 3/00 کاهش یافت. در همه تیمارها با گذشت زمان امتیاز طعم به طور معنی‌داری ( $p < 0/05$ ) تغییر یافت. با گذشت زمان امتیاز طعم ابتدا تا روز بیستم افزایش و سپس تا پایان دوره نگهداری کاهش یافت. میزان امتیاز طعم در نمونه شاهد از 3/26 به 3/22، در نمونه 0/05 درصد اسانس از 4/55 به 4/11، در نمونه 0/1 درصد اسانس از 4/22 به 3/77 و در نمونه 0/15 درصد اسانس از 3/44 به 3/00 رسید. افزودن اسانس زیره سیاه به پنیر در غلظت‌های بالا موجب کاهش معنی‌دار امتیاز طعم نسبت به تیمار کنترلی گردید.

#### خصوصیات میکروبی پنیر

##### کلی فرم، کپک و مخمر و استافیلوکوکوس اورئوس

نتایج نشان داد که در هیچ‌یک از تیمارهای مورد مطالعه و در هیچ‌یک از زمان‌ها آلودگی کلی فرمی یافت نشد. همچنین نتایج نشان داد که در هیچ‌یک از تیمارهای مورد مطالعه و در هیچ‌یک از زمان‌ها آلودگی کپک و مخمر یافت نشد. در بررسی تأثیر اسانس بر استافیلوکوکوس اورئوس نتایج نشان داد که همه تیمارهای مورد مطالعه در طی دوره بررسی از نظر آلودگی به استافیلوکوکوس اورئوس منفی بودند.

#### خصوصیات حسی

##### طعم

میزان امتیاز طعم تیمارهای مختلف در طول دوره نگهداری در جدول 9 قابل مشاهده است. با توجه به نتایج تغییرات طعم در روزهای

جدول 9- تأثیر مقادیر مختلف اسانس زیره سیاه بر طعم پنیر در طی دوره نگهداری

تیمار (% اسانس)	روز 3	روز 20	روز 60
شاهد	3/66± 0/50 ab B	4/00± 0/50 a BC	3/22±0/44b BC
0/05	4/55±0/52 a A	4/66± 0/50 a A	4/11± 0/60 a A
0/1	4/22±0/66 a A	4/33± 0/70 a AB	3/77± 0/83 a AB
0/15	3/44± 0/52 ab B	3/66± 0/70 a C	3/00 ± 0/50 b C

میانگین‌های دارای حروف مشترک کوچک در هر ردیف و میانگین‌های دارای حروف مشترک بزرگ در هر ستون در سطح احتمال 5% دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

**رنگ**

میزان اسانس ثابت می‌باشد. در همه تیمارها با گذشت زمان امتیاز طعم تغییر معنی‌داری نداشت ( $p > 0/05$ ). افزودن اسانس زیره سیاه به پنیر تأثیر معنی‌داری بر رنگ نداشت.

میزان امتیاز رنگ تیمارهای مختلف در طول دوره نگهداری در جدول 10 قابل مشاهده است. با توجه به نتایج تغییرات رنگ در روزهای مختلف در بین تیمارهای مختلف معنی‌دار نمی‌باشد ( $p > 0/05$ ) و با تغییر

**جدول 10- تأثیر مقادیر مختلف اسانس زیره سیاه بر رنگ پنیر در طی دوره نگهداری**

تیمار (% اسانس)	روز 3	روز 20	روز 60
شاهد	4/11± 0/60 a A	4/11± 0/60 a A	4/00±0/50 a A
0/05	4/11± 0/60 a A	4/11± 0/60 a A	4/00±0/50 a A
0/1	4/11± 0/60 a A	4/11± 0/60 a A	4/00±0/50 a A
0/15	4/11± 0/60 a A	4/11± 0/60 a A	4/00±0/50 a A

میانگین‌های دارای حروف مشترک کوچک در هر ردیف و میانگین‌های دارای حروف مشترک بزرگ در هر ستون در سطح احتمال 5% دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

**بافت**

روزهای مختلف با تغییر میزان اسانس ثابت می‌باشد. در همه تیمارها با گذشت زمان امتیاز بافت به تغییر معنی‌داری ( $p < 0/05$ ) نداشت. افزودن اسانس زیره سیاه به پنیر تأثیر معنی‌داری بر بافت نداشت.

میزان امتیاز بافت تیمارهای مختلف در طول دوره نگهداری در جدول 11 قابل مشاهده است. با توجه به نتایج تغییرات بافت در روزهای مختلف در بین تیمارهای مختلف معنی‌دار نمی‌باشد ( $p > 0/05$ ) و در

**جدول 11- تأثیر مقادیر مختلف اسانس زیره سیاه بر بافت پنیر در طی دوره نگهداری**

تیمار (% اسانس)	روز 3	روز 20	روز 60
شاهد	4/11± 0/78 a A	4/00± 0/70 a A	3/88±0/60aA
0/05	4/11± 0/78 a A	4/00± 0/70 a A	3/88±0/60aA
0/1	4/11± 0/78 a A	4/00± 0/70 a A	3/88±0/60aA
0/15	4/11± 0/78 a A	4/00± 0/70 a A	3/88±0/60aA

میانگین‌های دارای حروف مشترک کوچک در هر ردیف و میانگین‌های دارای حروف مشترک بزرگ در هر ستون در سطح احتمال 5% دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

**پذیرش کلی**

0/15 درصد اسانس کاهش یافت. در همه تیمارها با گذشت زمان پذیرش کلی تغییر معنی‌داری ( $p < 0/05$ ) نداشت. با گذشت زمان پذیرش کلی تا روز بیستم افزایش و تا پایان دوره نگهداری کاهش یافت. میزان پذیرش کلی در نمونه شاهد از 3/66 به 3/44، در نمونه 0/05% اسانس از 4/33 به 4/00، در نمونه 0/1% اسانس از 4/22 به 3/77 و در نمونه 0/15% اسانس از 3/66 به 3/33 رسید. افزودن اسانس زیره سیاه به پنیر در غلظت‌های بالا موجب کاهش معنی‌دار پذیرش کلی گردید.

میزان پذیرش کلی تیمارهای مختلف در طول دوره نگهداری در جدول 12 قابل مشاهده است. با توجه به نتایج تغییرات پذیرش کلی در روزهای مختلف در بین تیمارهای مختلف معنی‌دار ( $p < 0/05$ ) می‌باشد، به‌طوری‌که غلظت 0/05 درصد اسانس موجب افزایش و غلظت‌های بالاتر اسانس موجب کاهش پذیرش کلی می‌گردد اما این کاهش در روز 3 و 20 کمتر از میزان پذیرش کلی در نمونه شاهد نخواهد بود. در روز 60 میزان پذیرش کلی از 3/44 در تیمار شاهد به 3/33 در تیمار

**جدول 12- تأثیر مقادیر مختلف اسانس زیره سیاه بر پذیرش کلی پنیر در طی دوره نگهداری**

تیمار (% اسانس)	روز 3	روز 20	روز 60
شاهد	3/66± 0/70 a B	3/77± 0/44 a B	3/44±0/72a AB
0/05	4/33± 0/50 a A	4/44± 0/52 a A	4/00±0/50a A
0/1	4/22± 0/66 a AB	4/33± 0/70 a A	3/77±0/66a AB
0/15	3/66± 0/50 a B	3/77± 0/44 a B	3/33±0/50a B

میانگین‌های دارای حروف مشترک کوچک در هر ردیف و میانگین‌های دارای حروف مشترک بزرگ در هر ستون در سطح احتمال 5% دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.



اندکی کاهش و پس از آن اندکی افزایش می‌یابد. کاهش اولیه احتمالاً به علت تجزیه پروتئین‌های پنیر و ورود اندکی از آن به آب پنیر می‌باشد. رفیعی و همکاران (1394) بیان نمودند که با افزایش غلظت اسانس زیره سبز و ترخون عدد پراکسید در پنیر کاهش یافت که می‌تواند ناشی از افزایش غلظت ترکیبات آنتی‌اکسیدانی نظیر کومین آلدهید و یا استراگول موجود در اسانس زیره سبز و ترخون دانست که به‌طور مؤثری مانع از فساد اکسیداتیو چربی پنیر می‌گردد. Reddy و همکاران (2018) نشان دادند که ترکیبات فنلی، فلاونوئیدها و ترینوئیدها ترکیبات اصلی گیاه زیره را تشکیل می‌دهند و ویژگی‌های مهارکنندگی اسانس زیره را می‌توان به وجود این ترکیبات نسبت داد. غلامزاده و همکاران (1392) بیان نمودند که عصاره زیره سیاه موجب به تأخیر انداختن اکسیداسیون چربی‌ها در ماهی می‌گردد. حقیر السادات و همکاران (1389) بیان نمودند که میزان  $IC_{50}$  زیره سیاه بومی یزد  $2/85$  میکروگرم بر میلی‌لیتر می‌باشد.

اسماعیلی (1394) بیان نمود که تأثیر مقادیر عصاره برگ زیتون بر روی شاخص‌های رنگی نمونه‌ها معنی‌دار بود، به‌طوری که با افزایش غلظت عصاره میزان شاخص  $L^*$  کاهش یافت. اکبرپور (1395) بیان نمود که افزودن موسیلاژ ختمی به ماست موجب افزایش شاخص رنگ  $a^*$  شد. اسماعیلی (1394) بیان نمود که تأثیر مقادیر عصاره برگ زیتون و مدت زمان نگهداری بر روی شاخص‌های رنگی نمونه‌ها معنی‌دار بود، به طوری که با افزایش غلظت عصاره و مدت زمان نگهداری میزان شاخص  $b^*$  افزایش یافت. Tarakci و همکاران (2011) بیان نمودند که در همه نمونه‌های لبنه حاوی ترکیبات گیاهی شاخص رنگ  $b^*$  بر اساس گیاه اضافه شده تغییر نمود.

سلیمانی و همکاران (1389) بیان نمودند که اسانس زیره سیاه دارای تأثیر ضد میکروبی بر روی *سالمونلا* و *شیگلا* می‌باشد. Reddy و همکاران (2018) اثر ضدباکتریایی زیره سیاه را بر روی *اشرشیاکلا* به اثبات رسانده‌اند. کامکار و همکاران (1396) بیان نمودند که فیلم حاوی اسانس زیره سیاه قادر به کاهش کلی فرم‌ها در قیله مرغ می‌باشد. طاهرخانی و همکاران (1394) بیان نمودند که اسانس زیره سیاه قادر به کاهش تعداد مخمرها و باکتری‌های هوازی در پنیر گودا می‌باشد. Jahan و Abdel-Hakim (2015) بیان نمودند که عصاره‌های زیره سیاه و سبز دارای خصوصیات ضد میکروبی قوی در پنیر دومباتی می‌باشند. عطایی کچویی (1395) بیان نمود که زیره سیاه دارای اثر ضد میکروبی مناسبی بر روی *استافیلوکوکوس اورئوس* می‌باشد. سلیمانی و همکاران (1389) بیان نمودند که اسانس زیره سیاه دارای تأثیر ضد میکروبی بر روی *استافیلوکوکوس اورئوس* و *باسیلوس سوبتیلیس* می‌باشد. دلیل اصلی خواص ضد میکروبی زیره حضور کومین آلدهید در آن ذکر شده است. به‌نظر می‌رسد که کومین آلدهید، آلفاپینن و سایرینن از جمله ترکیبات با خاصیت ضدباکتریایی در اسانس زیره سیاه هستند. Reddy و همکاران (2018) اثر ضدباکتریایی زیره سیاه را بر

Bourgou و همکاران (2010) ترکیبات اصلی اسانس زیره را  $\alpha$ -Thujene (6/9%)، p-Cymene (60/5%)، Limonene (1/4%)، Thymoquinone (3/0%)، Carvacrol (2/4%) و Longifolene (0/9%) معرفی کردند. Hajhashemi و همکاران (2004) ترکیبات اصلی اسانس زیره را  $\alpha$ -Thujene (9/8%)، p-Cymene (37/3%)، Linalool (9/9%)، Thymoquinone (13/7%)، Carvacrol (1/6%) و Longifolene (6/4%) معرفی کردند.

افزودن اسانس زیره سیاه به پنیر موجب افزایش معنی‌دار اسیدیته نسبت به تیمار کنترلی گردید. Ahmed Hamid (2014) بیان نمود که میزان اسیدیته پنیر با افزایش غلظت اسانس زیره سیاه و در طی دوره نگهداری میزان اسیدیته پنیر افزایش یافت. افزودن اسانس زیره موجب افزایش اسیدیته پنیر گردید که دلیل آن می‌تواند اثر اسیدی ترکیبات اسانس زیره (Linalool) باشد. نتایج به‌دست آمده با نتایج محققان نامبرده و همچنین Ramadan Hassanien (2014) مطابقت داشت. Ramadan Hassanien و همکاران (2014) بیان نمودند که میزان اسیدیته پنیر در طی دوره نگهداری افزایش می‌یابد. Abdel-Razig و همکاران (2014) بیان نمودند که با گذشت زمان میزان pH پنیر کاهش می‌یابد که عمده دلیل آن افزایش تولید لاکتیک اسید می‌باشد. در طی زمان باکتری‌های کشت‌های آغازگر و بعضی از باکتری‌های موجود در پنیر لاکتوز شیر را به اسید لاکتیک تبدیل می‌کنند.

امرابی و همکاران (1386) بیان نمودند که دوره نگهداری اثر معنی‌داری بر روی میزان ماده خشک پنیر UF نداشت. قدس روحانی و همکاران (1389) بیان نمودند که میزان مواد جامد کل پنیر در طی دوره نگهداری تغییرات محسوس ندارد اما تا روز 40 تقریباً ثابت بوده و پس از آن اندکی افزایش می‌یابد که علت آن را می‌توان آب‌اندازی مختصر در طی دوره نگهداری دانست که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد. Ramadan Hassanien و همکاران (2014) بیان نمودند که میزان ماده خشک پنیر در طی دوره نگهداری افزایش می‌یابد. افزایش میزان ماده خشک در طی دوره نگهداری در نتیجه خروج آب از پنیر با پیشرفت اسیدیته و چروکیدگی لخته می‌باشد.

Ahmed Hamid (2014) بیان نمود که میزان چربی پنیر تحت تأثیر افزودن اسانس قرار نگرفت. امرابی و همکاران (1386) بیان نمودند که دوره نگهداری اثر معنی‌داری بر روی میزان چربی پنیر UF نداشت. قدس روحانی و همکاران (1389) بیان نمودند که درصد چربی پنیر در طی دوره نگهداری افزایش یافت که علت آن افزایش مواد جامد کل در اثر آب‌اندازی می‌باشد. Ramadan Hassanien و همکاران (2014) بیان نمودند که میزان چربی پنیر در طی دوره نگهداری افزایش می‌یابد.

قدس روحانی و همکاران (1389) بیان نمودند که تغییرات میزان پروتئین پنیر در طی دوره نگهداری نامحسوس بوده و تا روز چهارم

طی دوره نگهداری خصوصیات حسی پنیر کاهش یافت و در روز سی‌ام نمونه‌های پنیر دارای بهترین خصوصیات حسی بودند. در پایان دوره نگهداری نمونه‌های پنیر دارای پایین‌ترین امتیاز خصوصیات حسی بودند. Ahmed Hamid (2014) بیان نمود که خصوصیات حسی پنیر در طی دوره نگهداری تحت تأثیر معنی‌داری قرار می‌گیرد و در پایان دوره نگهداری خصوصیات حسی کاهش می‌یابد. کاهش خصوصیات حسی در پایان دوره نگهداری ناشی از فعالیت پروتئولیتیک و لیپولیتیک میکروارگانیسم‌ها می‌باشد.

### نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از بررسی تأثیر اسانس زیره سیاه بر خصوصیات شیمیایی نشان داد که اسانس زیره سیاه دارای تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال 5% بر اسیدیته، pH و خاصیت آنتی‌اکسیدانی بوده و موجب کاهش pH و افزایش اسیدیته و خاصیت آنتی‌اکسیدانی گردید. همچنین اسانس زیره سیاه در سطح احتمال 5% اثر معنی‌داری بر روی میزان پروتئین، چربی، نمک و ماده خشک پنیر نداشت. در طی دوره نگهداری میزان چربی، نمک و پروتئین تغییر معنی‌داری نداشت اما میزان اسیدیته به‌طور معنی‌داری افزایش و pH کاهش یافت. نتایج حاصل از بررسی تأثیر اسانس زیره سیاه بر شاخص‌های رنگ \*L، \*a و \*b\* پنیر نشان داد که با افزایش درصد اسانس در پنیر؛ شاخص رنگ روشنایی کاهش یافت. همچنین با افزایش درصد اسانس شاخص رنگ \*a\* افزایش یافت اما از نظر آماری در سطح احتمال  $P \leq 0/05$  تأثیر معنی‌داری نداشت. با افزایش درصد اسانس در پنیر شاخص رنگ \*b\* به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. نتایج حاصل از بررسی تأثیر اسانس زیره سیاه بر خصوصیات حسی پنیر در طی دوره نگهداری نشان داد که افزودن اسانس زیره سیاه به پنیر بر روی طعم و پذیرش کلی تأثیر معنی‌داری نداشته است. در طی دوره نگهداری تغییر معنی‌داری در رنگ، بافت و پذیرش کلی مشاهده نشد اما امتیاز طعم پنیر در پایان دوره نگهداری نسبت به روز سوم کاهش معنی‌داری نشان داد. در مجموع تیمار حاوی 0/05 درصد اسانس از نظر خصوصیات حسی دارای امتیاز بالاتری بود.

روی استافیلوکوکوس اورئوس به اثبات رسانده‌اند. کامکار و همکاران (1396) بیان نمودند که فیلم حاوی اسانس زیره سیاه قادر به کاهش استافیلوکوکوس اورئوس در فیله مرغ می‌باشد.

قدس روحانی و همکاران (1389) بیان نمودند که در طی دوره نگهداری پنیر UF امتیاز طعم ابتدا تا روز بیستم افزایش و سپس تا روز شصت‌ام کاهش می‌یابد. Ahmed Hamid (2014) بیان نمود که اسانس زیره سیاه موجب بهبود طعم پنیر گردید. Ramadan Hassanien و همکاران (2014) بیان نمودند که در پایان دوره نگهداری پنیر حاوی 0/2 درصد اسانس زیره دارای طعم بهتری بود. با توجه به تغییرات طعم در طول دوره نگهداری بهتر است پنیر حاوی اسانس زیره دوره نگهداری کوتاه‌تری داشته باشد تا طعم مطلوب‌تر باشد. Abdel-Razig و همکاران (2014) بیان نمودند که زیره سیاه دارای تأثیر معنی‌داری بر ظاهر پنیر بود و میزان 1/5 درصد زیره بهترین نتایج را از نظر رنگ نشان داد. Ahmed Hamid (2014) بیان نمود که رنگ پنیر تحت تأثیر غلظت‌های اسانس زیره سیاه قرار نگرفت. Abdel-Razig و همکاران (2014) بیان نمودند که زیره سیاه دارای تأثیر معنی‌داری بر ظاهر پنیر بود و میزان 1/5 درصد زیره بهترین نتایج را از نظر بافت نشان داد. Ahmed Hamid (2014) بیان نمود که بافت پنیر تحت تأثیر غلظت‌های اسانس زیره سیاه قرار نگرفت. Ramadan Hassanien و همکاران (2014) بیان نمودند که بین نمونه پنیر کنترلی و پنیر حاوی اسانس زیره سیاه از نظر ظاهر و بافت تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. در پایان دوره نگهداری نسبت به روز اول امتیاز بافت اندکی کاهش یافت و دوره نگهداری اثر معنی‌داری بر بافت پنیر نداشت. قدس روحانی و همکاران (1389) بیان نمودند که تغییر امتیاز بافت در طی دوره نگهداری ناچیز بوده و اندکی کاهش می‌یابد. Abdel-Razig و همکاران (2014) بیان نمودند که زیره سیاه دارای تأثیر معنی‌داری بر ظاهر پنیر بود و میزان 1/5 درصد زیره بهترین نتایج را از نظر پذیرش کلی نشان داد. رفیعی و همکاران (1394) بیان نمودند که افزودن اسانس زیره سبز به پنیر موجب بهبود پذیرش کلی گردید. طاهرخانی و همکاران (1394) بیان نمودند که افزودن اسانس زیره سیاه در غلظت 0/1 و 0/2 درصد باعث بهبود خواص حسی و پذیرش کلی نمونه‌های پنیر گودا شد. Abdel-Razig و همکاران (2014) بیان نمودند که در

### منابع

- Abdel-Razig, K.A., Ahamed Kunna, M. and Mohammed, A.S. (2014). Effect of levels of black cumin seeds (*Nigella sativa*) and storage period on biochemical properties and acceptability of Sudanese braided cheese. *Sudanese Journal of Agricultural Sciences*, 1: 55–62.
- Abduganiew, B.E., Abdullaev, U.A., Aripov, K.N., Baser, K.H.C. and Oezek, T. (1997). Composition of the essential oil of *Bunium persicum* (Boiss.) B. Fedtsch. from Tajikistan. *Journal of Essential Oil Reserch*, 9: 597 - 8.
- Ahmed Hamid, O.I. (2014). Effect of cumin oil concentrations on chemical composition and sensory characteristics of Sudanese white cheese during ripening. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 3 (4): 961-968.

- Akbarpour J. (2017) evaluation and study the effects of *Althaea officinalis* extract and Tragacanth Gum as a fat replacer on physicochemical properties of probiotic yogurt. MSc thesis.
- Alsawaf, S.D. and Alnaemi, H. S. (2011). Effect of *Nigella sativa* (seed and oil) on the bacteriological quality of soft white cheese. *Iraqi Journal of Veterinary Sciences*, 25 (1): 21-27.
- Ataie Kachouei M. (2016). Study the antimicrobial effects of the essential oils of *Origanum vulgare*, *Mentha piperita* and *Carum carvi* on the bacteria isolates from food stuffs. *Journal of food microbiology*. 3: 1-10.
- Bourgou, S., Pichette, A., Marzouk, B., & Legault, J. (2010). Bioactivities of black cumin essential oil and its main terpenes from Tunisia. *South African Journal of Botany*, 76(2), 210-216.
- Burt, S. (2004). Oils: their antibacterial properties and potential applications in foods-a review. *International Journal of Food Microbiology*, 94 (3): 223-253.
- Dehkhoda, A.A. (1975). Dictionary of Persian words, (In Persian). University of Tehran press. Tehran. 264 - 275.
- Fox, P.F. (1993). Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology. Chapman and Hall, London, 1: 414.
- Gahruie, H. H., Eskandari, M. H., Van der Meeren, P., & Hosseini, S. M. H. (2019). Study on hydrophobic modification of basil seed gum-based (BSG) films by octenyl succinate anhydride (OSA). *Carbohydrate polymers*, 219, 155-161.
- Ghods Rohani M. Mortazavu A. Mazaheri Tehrani M. (2010). Evaluation the effects of shelf life on physical, chemical and sensorial properties ultrafiltered UF feta cheese. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*. 6, 3, 149-157.
- Gholamzadeh M : Hosseini H : Eskandari S : Hosseini: E Gholamzadeh M (2013). Antioxidant activity of black cumin (*Nigella sativa* L.) and black caraway (*Bunium persicum* Boiss) extracts, individually and in combination on chemical changes and sensory properties of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) stored in refrigerator. 3 (11); 11-22.
- Hashemi Gahruie, H., Hosseini, S. M. H., Taghavifard, M. H., Eskandari, M. H., Golmakani, M.-T., & Shad, E. (2017). Lipid oxidation, color changes, and microbiological quality of frozen beef burgers incorporated with Shirazi thyme, cinnamon, and rosemary extracts. *Journal of Food Quality*, 2017.
- Amraei, H., Azizi, M.H., Barzegar, M., and Ahmadi Ghavlighi, H. (2007). Chemical and sensory characteristics of UF white cheese fortified with iron. *J. Agric. Sci. Natur. Resour.* 14(4), 1-9.
- Haghiroalsadat F, Vahidi A, Sabour M, Azimzadeh M, Kalantar M, Sharafadini M. (2011) The Indigenous *Cuminum Cyminum* L. of Yazd Province: Chemical Assessment and Evaluation of its Antioxidant Effects. 19 (4) :472-481
- Hajhashemi, V., Ghannadi, A., & Jafarabadi, H. (2004). Black cumin seed essential oil, as a potent analgesic and antiinflammatory drug. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 18(3), 195-199.
- Hosseini, Z. (1998). Current methods in food stuff analysis. 3<sup>rd</sup> ed, shiraz, shiraz university press, 52-53.
- Jahan, I.I. and Abdel-Hakim, E.H. (2015). Quality improvement of Damietta cheese usings some spices extract. *Assiut Veterinary Medical Journal*, 61 (147): 24-33.
- Kamkar A, Khanjari A, Oladi M, Molaei Aghae E. (2017) Effect of packaging with chitosan film containing *Bunium persicum* L. essential oil on chemical and microbial properties of chicken fillet. *J Fasa Univ Med Sci.* 7 (1) :104-115
- Karim G. (1997). Milk and Dairy product. First ed. University of Tehran Press. Iran. 206 - 237.
- Pourmortazavi, S.M., Ghadiri, M. and Hajimirsadeghi, S.S. 2005. Supercritical fluid extraction of volatile components from *Bunium persicum* Boiss. (black cumin) and *Mespilus germanica* L. (medlar) seeds. *Journal of Food Composition and Analysis*, 18: 439 - 446.
- Pour-seyedi, S. (1994). Assessment of germination and cytology of three Iranian caraway genus: *Bunium*, *Carum* and *Cuminum*. Tehran: University of Tehran. 89. [persian].
- Rafei: S. Azizkhani: M. Areaei P. (2017). Impact of Antioxidative Properties of Cumin and Tarragon Essential Oils on the Quality of Full-Fat White Cheese. 14; 79-90.
- Ramadan Hassanien, M.F., Mahgoub, S.A. and El-Zahar, K.M. (2014). Soft cheese supplemented with black cumin oil: Impact on food borne pathogens and quality during storage. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 21: 280-288.
- Reddy, S. H., Al-Kalbani, A. S., & Al-Rawahi, A. S. (2018). Studies On Phytochemical Screening-Gc-Ms Characterization, Antimicrobial And Antioxidant Assay Of Black Cumin Seeds (*Nigella Sativa*) And Senna Alexandria (*Cassia Angustifolia*) Solvent Extracts. *International Journal Of Pharmaceutical Sciences And Research*, 9(2), 490-497.
- Rezaie Erami S. Jafari Sm. Khomeiri M. Bayat. H. (2012). Comparison of antioxidant properties Walnut leaf extract extracted from convectional and microvave assisted extraction. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*. 8, 2, 219-234.
- Sadeghi E, Akhondzadeh Basti A, Misaghi A, Zahraei Salehi T, Bohlouli Osgoii S. (2010) Evaluation of effects of *Cuminum cyminum* and Probiotic on *Staphylococcus aureus* in Feta Cheese. *JMP*. 2 (34) :131-141
- Shankaracharya, N.B. and Shankaracharya, M.L. (1988). Research note on the essential oils of *Cuminum cyminum* L. and *Bunium persicum*. *B. Pafai Journal*, 10 (4): 33-35.

- Soleymani N, Sattari M, Sepehriseresht S, Daneshmandi S, Derakhshan. (2010) Evaluation of reciprocal pharmaceutical effects and antibacterial activity of *Bunium persicum* essential oil against some Gram positive and Gram negative bacteria. *Iran J Med Microbiol.*; 4 (1 and 2) :26-34
- Taherkhani P, Noori N, Akhondzadeh Basti A, Gandomi H, Alimohammadi M. (2015) Antimicrobial Effects of Kermanian Black Cumin (*Bunium persicum* Boiss.) Essential Oil in Gouda Cheese Matrix. *JMP.* 2 (54) :76-85
- Tarakci, Z., Temiz, H. and Ugur, A. (2011). The effect of adding herbs to labneh on physicochemical and organoleptic quality during storage. *International Journal of Dairy Technology*, 64 (1): 108-116.
- Zeinali, N. (2007). Recognition, cultivation and culturing of Caraway, (In Persian). *Vadiat. Kerman.* 56.

## Effect of black cumin essential oil on physicochemical, microbial and sensorial characteristics of ultrafiltered Feta cheese

M. Momeni, H. Lashkari\*

Received: 2019.05.13

Accepted: 2019.09.29

**Introduction:** Black cumin is one of the most important and valuable herbal plants that are widely found in regions of Iran with dry weather such as Kerman, Fars, Isfahan and Yazd. Black cumin seed in traditional medicine is used as anti-flatulence, anti-diarrhea, antipyretic, blood fat and cholesterol reducer, anti-allergic and digestive enhancers. Essential oils are oily liquids that are obtained from different parts of the plant. Different compounds in the essential oil of black cumin include cuminaldehyde, gamma tryphenone, paracymon and other active ingredients, which are often terpene compounds and have numerous uses as anti-bacterial and antioxidant agents. In recent years, consumers have become more concerned with the health issues and are looking to eat foods with higher functional characteristics, as well as higher nutritional value. Therefore, it can be suggested that essential oil of Cumin as a natural and vegetable preservative was used in food. Because cheese is a nutritious environment for the growth of microbes, it always has microbial degeneration.

**Materials and Methods:** Identification of essential oil compound was performed by GC/MS chromatography. In order to evaluate the effect of Black Cumin essential oil on physicochemical, microbial and sensory properties of cheese, different percentages of Black Cumin essential oil (0, 0.05, 0.1% and 0.15%) were added to cheese. Iranian white cheese production was done by ultrafiltration method in Arjan Fars Company. Cheese samples were analyzed at days 3, 30 and 60 of storage time. Acidity, pH, fat, protein and dry matter were measured according to National Standard No. 2852, 2852, 8785, 1811, 1753 respectively. To measure the inhibition of free radicals of DPPH, method of Rezai et al (2012) was followed. Microbial characteristics were performed according to the standard microbial milk and dairy products number 2406. The color analysis was performed based on Hosseini et al (2019) method. The parameters of color include L\* (lightness), a\* (redness) and b\* (yellowness) were measured. The sensory attributes were evaluated by 9 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: 22 software and Means were compared with Duncan multiple range test ( $p < 0.05$ ).

**Results and Discussion:** The analysis of black cumin essential oil with GC/MS chromatography showed that the main ingredients of it were  $\alpha$ -Thujene, p-Cymene, Linalool, Thymoquinone, Carvacrol and Longifolene. The results showed that changes in essential oil percentage had significant effect ( $p < 0.05$ ) on acidity, pH,  $IC_{50}$ . With increasing essential oil percentage, an increase in the level of acidity and decrease in the level of  $IC_{50}$  and pH was observed. Changes in essential oil percentage had no significant effect ( $p < 0.05$ ) on protein, fat, salt and dry matter content of cheese. The results showed that storage period had no significant effect ( $p < 0.05$ ) on protein, fat and salt content. Increasing the essential oil percentage of cheese significantly decreased the L\* index and increased the b\* index. The microbial analyses showed no microbial contamination (coliforms, *Satyphococcus aureus*, mold and yeast) was found during the storage time therefore, the essential oil of Cumin can be used as a natural preservative in cheese production. Analyses of the sensory characteristics during storage time showed that the addition of essential oil to cheese did not have any significant effect on color and texture but had a significant effect on taste and acceptance of cheese. In all treatments, the taste score changed significantly with time ( $p < 0.05$ ). Over time, the flavour rating began to increase until the twentieth day, and then decreased to the end of the storage time. In general, the treatment containing 0.05% Black Cumin essential oil has the highest acceptance in sensory evaluation and since its other characteristics were standard, it was selected as the best treatment.

**Keywords:** Black Cumin cheese, essential oil, microbial, physicochemical, sensory.

---

(\* - Corresponding Author Email: hlashkari@gmail.com)

## مقاله علمی- پژوهشی

# بهینه‌یابی تاثیر پارامترهای عملیاتی بر کاهش کلسترول خامه به وسیله بتاسیکلودکسترین به روش سطح پاسخ

میترا منصوری بنی<sup>1</sup> - وحید سماواتی<sup>2</sup> - مرضیه بلندی<sup>3\*</sup>

تاریخ دریافت: 1398/03/18

تاریخ پذیرش: 1398/06/31

### چکیده

در این مطالعه بهینه‌یابی تاثیر پارامترهای عملیاتی بر کاهش کلسترول خامه توسط بتاسیکلودکسترین مورد بررسی قرار گرفت و با آنالیز پارامترهای مؤثر عملیاتی شامل غلظت بتاسیکلودکسترین (1.0/5، 1/5%) و دمای اختلاط (10، 30، 50 درجه سانتی‌گراد) و زمان اختلاط (5، 15، 25 دقیقه) شرایط عملیاتی بهینه برای دستیابی به فرآیندی با راندمان بالا بررسی گردید و از طراحی آزمایشات به کمک روش سطح پاسخ و طرح باکس بنکن استفاده شد. حداکثر کاهش کلسترول (89/92%) در غلظت 1/42% بتاسیکلودکسترین، دمای اختلاط 45/76 درجه سانتی‌گراد و زمان 23/87 دقیقه مشاهده گردید. نتایج به دست آمده از بررسی اثر مستقل متغیرها نشان داد که عامل غلظت شدت تاثیر کمتری بر کاهش کلسترول خامه دارد اما دما و زمان تاثیر مثبت مؤثرتری بر کاهش کلسترول دارند. در بین اثرات متقابل فاکتورهای مورد بررسی بیشترین اثر مربوط به تاثیر همزمان دما و زمان (88/9%) و کمترین اثر مربوط به تاثیر همزمان غلظت و دما (85/5%) مشاهده شد.

**واژه‌های کلیدی:** بتاسیکلودکسترین، بهینه‌یابی، خامه، سطح پاسخ، کلسترول.

### مقدمه

به شمار می روند، به طوری که مصرف روزانه آنها برای تامین سوخت و ساز بدن ضروری است. فرآورده‌های شیری به واسطه ترکیبات مغذی مانند پروتئین، چربی، ویتامین B<sub>2</sub>، ویتامین A و کلسیم از اجزاء اصلی رژیم غذایی هستند (انستیتو تحقیقات تغذیه و صنایع غذایی کشور، 81-79).

چربی موجود در شیر و فرآورده‌های لبنی ویژگی‌های مثبت زیادی روی طعم و بافت محصولات لبنی دارد. به علاوه چربی شیر قابلیت هضم بالایی دارد. قابلیت هضم چربی بر اساس سرعت و همچنین میزان جذب آن توسط بدن تعریف می‌گردد. این قابلیت هضم بالا به حالت انتشار گلوبول‌های چربی و ترکیب اسیدچرب آن مربوط می‌گردد. چربی شیر حاوی میزان نسبتاً بالایی (15-10%) از اسیدهای چرب با زنجیره کوتاه و متوسط می‌باشد. بر همین اساس، قابلیت هضم چربی شیر از دیگر چربی‌های غذایی بیشتر است. دلیل دیگر بالا بودن قابلیت هضم این است که اکسیداسیون اسیدهای چرب کوتاه‌زنجیره با سرعت بیشتری صورت می‌گیرد. چربی شیر به علت جذب آسان، جزء با ارزشی در رژیم غذایی افراد مبتلا به بیماری‌های معده، کلیه، کبد، کیسه صفرا و اختلالات گوارش چربی است (Boudreau and Arul., 1993, Donnel, 1993). در این میان با توجه به شیوع بیماری‌های قلبی در کشور (از هر 800 مرگ 300 مورد آن به علت

افزایش شیوع بیماری‌های قلبی - عروقی در سال‌های اخیر و تاثیر افزایش کلسترول خون در ابتلا به این بیماری‌ها منجر به تحقیقات گسترده‌ای در زمینه تولید فرآورده‌های رژیمی و کم کلسترول شده است، به همین دلیل امروزه تولید محصولات کم‌چرب رو به افزایش بوده و روش‌های متعددی برای تولید محصولات کم‌چرب وجود دارند اما به دلیل اینکه چربی بر روی خصوصیات منحصر به فرد بافتی و طعمی و ظاهری محصول بسیار موثر بوده و در نتیجه در بازار پسندی محصول اهمیت به‌سزایی دارد محققان و صاحبان صنایع را بر این داشته تا شرایطی را فراهم کنند که فقط جزء مضر چربی حذف گردد. محصولات لبنی از مهمترین مواد غذایی موجود در سبد غذایی افراد

1- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، مؤسسه آموزش عالی خرد، بوشهر، ایران.

2- استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، ایران.

3- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان، دامغان، ایران.

\* نویسنده مسئول: (Email: bolandi75@gmail.com)

DOI: 10.22067/ifstrj.v16i4.81186

بحرانی اشاره کرد. در روش تقطیر ناگهانی در خلاء علاوه بر حذف کلسترول از چربی، ترکیبات مهم دیگر موجود در چربی شیر نیز از آن خارج می‌شوند، از جمله ترکیبات آروماتیک و ویتامین D، به طوری که پس از انجام این عملیات جمع‌آوری و بازگرداندن ترکیبات مذکور به محصول ضروری است، که مستلزم هزینه عملیاتی و کارگری فوق‌العاده‌ای است. روش شیمیایی متداول نیز استفاده از جاذب‌های سطحی کلسترول می‌باشد که معروف‌ترین آن‌ها بتاسیکلودکسترین می‌باشد (سراج‌زاده، 1384).

بتاسیکلودکسترین الیگوساکاریدی حلقوی شامل 7 واحد گلوکز است که از نشاسته با استفاده از آنزیم سیکلودکسترین گلیکوترانسفراز تشکیل شده است. این آنزیم زنجیره پلی‌ساکاریدی را شکسته و مولکول‌های پلی‌ساکاریدی حلقوی تشکیل می‌دهد. این مولکول گرد و حلقه‌ای شکل است و بخش مرکزی آن فضایی آبریز و مدور است که مشابه قطر مولکول کلسترول است و این امکان را ایجاد می‌کند که مولکول نسبت به مولکول‌های غیرقطبی مثل کلسترول قابلیت جذب داشته باشد (Reineccius *et al.*, 2004, Szente and Szejtli., 2004). در بخش مرکزی ساختار حلقوی بتاسیکلودکسترین در فضای هیدروفوبیک حفره یا گودالی دارد که شعاع حفره دقیقاً یک مولکول کلسترول را در خود جای می‌دهد و به مولکول‌های غیرقطبی مانند کلسترول میل ترکیبی می‌دهد و یک کمپلکس پایدار نامحلول با کلسترول تشکیل می‌دهد، به همین علت به راحتی توسط سانتریفوژ کردن از ترکیب جدا می‌شود (Doosh *et al.*, 2013). به علاوه بتاسیکلودکسترین ترکیب غیرسمی، خوردنی، غیرنم‌گیر و از لحاظ شیمیایی ثابت و پایدار است بنابراین (بتاسیکلودکسترین) مزیت‌هایی را در هنگام استفاده برای حذف کلسترول از غذاهای مختلف فراهم می‌کند. این ترکیب به آسانی کلسترول را در دمای کمتر یا مساوی 4 درجه سانتی‌گراد جذب می‌کند که این مورد در حفظ کیفیت شیر طی فرآیند حذف کلسترول تاثیرگذار است (Alonso *et al.*, 2009). بتاسیکلودکسترین در ایالات متحده آمریکا در لیست غذایی GRAS است و در ژاپن هم یک "محصول طبیعی" قلمداد می‌شود ساپونین‌های پلیمری مثل دیجیتونین (شامل آگلیکون دیجیتوژنین متصل شده به یک پنتاساکارید) یا توماتین (متشکل از آمین‌های ثانویه استروئیدی پلی‌سایکلک، توماتیدین و یک تتراساکارید) کمپلکس‌های کلسترول نامحلول را تشکیل می‌دهند که با فیلتراسیون یا سانتریفوژ می‌تواند حذف شود. مطالعات نشان دادند که بتاسیکلودکسترین حلالیت کلسترول در آب را در بدن افزایش می‌دهد و بنابراین از بیماری‌های قلبی - عروقی و سکنه مغزی جلوگیری می‌کند. جستجو برای روش‌های نوین برای حذف ملکول‌های کلسترول یک موضوع حیاتی در طب ملکولی است. سیکلودکسترین‌ها در صنعت دارویی به‌عنوان عوامل کمپلکس‌کننده برای افزایش حلالیت داروهایی که در آب حلالیت کمی دارند و برای افزایش

بیماری‌های قلبی عروقی اتفاق می‌افتد، که ارتباط آن با افزایش میزان چربی دریافتی، چربی اشباع شده و کلسترول غذا ثابت شده است (بررسی سلامت و بیماری در ایران، انتشارات وزارت بهداشت و درمان، 1380). ارتباط مستقیم بین افزایش میزان کلسترول در خون و خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی عروقی ثابت شده است (Gurt, 1992). مواد غذایی حاوی کلسترول بالا می‌توانند سبب افزایش میزان کلسترول پلاسما خون گردند (Grundy *et al.*, 1982). بنابراین تولید خامه رژیمی با کاهش کلسترول و چربی اشباع شده جهت سلامت عموم افراد جامعه به‌ویژه افراد میانسال و افراد با سطوح کلسترول بالا در خون و با یک تاریخچه خانوادگی بیماری‌های قلبی عروقی ضروری و با اهمیت به‌نظر می‌رسد. بنابراین یکی از راه‌های مؤثر در کاهش میزان کلسترول دریافتی و در نتیجه، کاهش احتمال بروز بیماری‌های قلبی - عروقی محدودیت مصرف غذاهای حاوی مقادیر زیاد کلسترول یا حذف کلسترول از چنین غذاهایی است (ظهیر اقدم و زندی، 1385). تقاضای مصرف‌کنندگان برای محصولات سالم از نظر تغذیه منجر به عرضه محصولات لبنی کم‌چرب و بدون چربی در بازار گردیده، اما به علت حذف چربی و استفاده از مواد جایگزین چربی طعم و مزه و بافت این محصولات چندان مطلوب و مورد پسند مصرف‌کنندگان نیست لذا کاهش میزان کلسترول خامه بدون کاهش میزان چربی و با حفظ خصوصیات فیزیکی و بافتی مطلوب در محصول می‌تواند خواسته مصرف‌کننده را تامین و نیز به تولید محصولی سالم و سودمند از لحاظ تغذیه‌ای و سلامت افراد جامعه کمک قابل توجهی نماید (امیری و رادی، 1378). در بسیاری از جوامع نقش غذا در سلامت و تغذیه انسان از اهمیت بسیاری برخوردار است به‌گونه‌ای که نقش اولیه غذا به‌عنوان منبع انرژی و رشد به نقش بیولوژیکی اجزای آن روی سلامتی انسان تغییر یافته و بازار تولید و مصرف مواد غذایی به سوی غذاهای فراسودمند رهنمون شده است (Abujajah *et al.*, 2015). روش‌های بسیاری برای جداسازی کلسترول از چربی شیر که شامل روش‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی می‌باشد، توسط محققان مورد اجرا قرار گرفته است. این روش‌ها شامل مخلوط کردن با روغن‌های گیاهی به‌منظور کاهش کلسترول (Hariharan *et al.*, 1995)، استخراج کلسترول توسط حلال آلی (Larsen *et al.*, 1981)، جذب سطحی کلسترول توسط ساپونین و دیجیتونین (Micich, 1990) و (Oh *et al.*, 1998)، تجزیه کلسترول توسط کلسترول اکسیداز (Watanabe *et al.*, 1989) و استخراج کلسترول توسط دی‌اکسید کربن در شرایط فوق‌بحرانی است (Gonzalez *et al.*, 1995). اغلب این روش‌ها نسبتاً غیرانتخابی هستند و ممکن است همراه با کلسترول، دیگر ترکیبات محلول در چربی مانند عطر و طعم و ترکیبات مغذی نیز استخراج شوند و پروتئین‌ها نیز ممکن است دناتوره شوند. از روش‌های متداول فیزیکی می‌توان به تقطیر ناگهانی در خلاء و استخراج با استفاده از سیال فوق

همچنین گزارش کردند که 10 و 20 دقیقه مخلوط کردن، به ترتیب منجر به کاهش 90/2 و 92/9% از کلاسترول می‌شود. Makoto و همکاران (1992) گزارش کردند که 91/1 و 94/6% از کلاسترول پنیر با مخلوط کردن با 10% بتاسیکلودکسترین در 45 (درجه سانتی‌گراد) برای به ترتیب 20 و 30 دقیقه حذف شد. Yen و همکاران (1995) با استفاده از 5% بتاسیکلودکسترین، حدود 90% کلاسترول لارد را جدا کردند. Lee و همکاران (1999) نشان دادند که افزایش مقادیر غلظت بتاسیکلودکسترین به بیش از 1/5% بر روی شیر خام که هموژن نشده می‌تواند به جای افزایش جذب کلاسترول کاهش جذب داشته باشد و این مسئله به واسطه برهمکنش‌های داخل مولکولی خود بتاسیکلودکسترین است و علت دیگر آن به هم چسبیدن مولکول‌های چربی شیر غیرهموژن است. Ahn و همکاران (1999) در مطالعه کاهش کلاسترول خامه توسط بتاسیکلودکسترین نشان دادند که با افزایش غلظت بتاسیکلودکسترین، میزان کاهش کلاسترول خامه بیشتر می‌شود. Kim و همکاران (2004) به منظور افزایش بازیافت بتاسیکلودکسترین از بتاسیکلودکسترین دارای اتصالات عرضی که توسط اپی‌کلروهیدرین ایجاد شده بود، استفاده و اقدام به کلاسترول زدایی از شیر کردند. بررسی ساختمان شیمیایی کمپلکس بتاسیکلودکسترین و کلاسترول نشان داد که نسبت مولی بتاسیکلودکسترین به کلاسترول 3 به 1 است و یک ملکول کلاسترول توسط 3 مولکول بتاسیکلودکسترین احاطه می‌شود (Hettinga, 2005).

با توجه به مطالب فوق و تحقیقات بررسی شده شرایط فرآیند بر روی کاهش کلاسترول خامه توسط بتاسیکلودکسترین تاثیرگذار می‌باشد که تاکنون بررسی نشده است و لذا در این پژوهش فرآیند کاهش کلاسترول خامه توسط بتاسیکلودکسترین بهینه‌یابی شد و بهترین شرایط فرآیند معرفی گردید و ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی خامه تولیدی بررسی شد و همچنین مدل‌های ریاضی جهت پیش‌بینی میزان کلاسترول کاهش یافته ارائه و اعتبارسنجی گردید.

### مواد و روش‌ها

نمونه شیر خام مصرفی برای این مطالعه دارای 3/5% چربی و از شرکت بستنی مرال اصفهان تهیه گردید و بتاسیکلودکسترین با خلوص 99/2% از شرکت سیگما خریداری شد. کلیه معرف‌های شیمیایی از شرکت مرک آلمان خریداری شد. برای اندازه‌گیری کلاسترول در مرحله آماده‌سازی از هگزان و محلول اتانولیک پتاسیم هیدروکسید و محلول استاندارد کلاسترول (مرک، آلمان) استفاده گردید و برای تعیین میزان کلاسترول موجود در نمونه‌ها از دستگاه کروماتوگرافی هولت-پاکارد (Hewlett-Packard، آمریکا) مجهز به دتکتور یونیزاسیون شعله‌ای استفاده گردید. دما در اینجکتور و دتکتور

دسترس‌ی زیستی و پایداری آنها استفاده شده است و مشخص شده که قطر حفره ملکول بتاسیکلودکسترین مناسبترین اندازه برای هورمون‌ها، ویتامین‌ها و سایر ترکیباتی است که معمولاً در کاربردهای کشت سلول و بافت استفاده می‌شوند (Makiela et al., 2018). ظهیرا قدم و زندی، (1383) مطالعه‌ای بر روی اثرات فرآیند تصفیه و تیمار با بتاسیکلودکسترین بر میزان کاهش کلاسترول پیه گاو انجام دادند، نتایج به دست آمده نشان داد که تیمار با بتاسیکلودکسترین به تنهایی قادر است میزان کلاسترول را 81% و فرآیند تصفیه به تنهایی حدود 22% کاهش و فرآیندهای تصفیه و تیمار با بتاسیکلودکسترین توأم با به‌طور رضایت‌بخش و معنی‌داری میزان کلاسترول را حدود 90% بدون ایجاد تغییرات معنی‌دار در میزان اسیدهای چرب کاهش دهد. آریافر و زندی (1386) بر روی تولید کره کم کلاسترول توسط بتاسیکلودکسترین مطالعه کردند، آنها سه سطح 1 و 3 و 5% از غلظت بتاسیکلودکسترین انتخاب کردند، نتایج اندازه‌گیری میزان کلاسترول این تیمارها با گاز کروماتوگرافی نشان داد که استفاده از 5% بتاسیکلودکسترین بیشترین میزان کاهش کلاسترول را سبب شده است. سیف هاشمی و تفنگ‌سازان (1390) در مطالعه‌ای تکنیک تولید صنعتی روغن کره فاقد کلاسترول را توسط 5% بتاسیکلودکسترین مورد بررسی قرار دادند. مطابق نتایج توسط این تکنیک میزان کلاسترول روغن کره از 388 میلی‌گرم در مرحله اول به 69/181 میلی‌گرم و در مرحله دوم سانتریفوژ به صفر رسید. آنالیز شیمیایی و فیزیکی بین روغن کره فاقد کلاسترول با روغن کره معمولی تفاوت آماری معنی‌داری را نشان نداده است. مسکوکوی و همکاران (1392) مطالعه‌ای بر روی کاهش کلاسترول در شیرهای خام و هموژنیزه با استفاده از بتاسیکلودکسترین انجام دادند و مقادیر مختلف 0/5، 1 و 1/5% بتاسیکلودکسترین را با دو نوع شیر به صورت خام (قبل از پاستوریزاسیون و هموژنیزاسیون) و فرآیند شده (پاستوریزه و هموژنیزه) با مقدار ثابت چربی 3% در دو درجه حرارت 8 و 20 درجه سانتی‌گراد مخلوط نموده و مقدار کلاسترول باقیمانده در شیر بررسی گردید و نتایج کار آنها موفقیت آمیز بود. Galante و همکاران (2017) تاثیر کاهش کلاسترول توسط بتاسیکلودکسترین را بر روی خصوصیات فیزیکی شیمیایی، کارکردی، بافتی، ریزساختار و حسی پنیر نرم را مورد ارزیابی قرار دادند و برای این منظور کلاسترول خامه پایه را توسط بتاسیکلودکسترین تا حد زیادی کاهش دادند.

نتایج مطالعات نشان داد، کلاسترول به‌طور موثری از چربی‌های حیوانی توسط بتاسیکلودکسترین حذف می‌شود ( Kwak et al., 1998, Lee et al., 1993, Vollbrecht, 1991). Oakenfull و همکاران (1991) گزارش کردند که افزودن 1% بتاسیکلودکسترین به شیر منجر به کاهش کلاسترول در حدود 77/1% می‌شود در حالی که افزودن 2% بتاسیکلودکسترین با 10 دقیقه مخلوط کردن در 4 درجه سانتی‌گراد میزان کلاسترول را حدود 90/8% کاهش می‌دهد. آنها



برای تعیین درصد کاهش کلسترول در نمونه‌ها، میزان کلسترول در خامه اولیه که بدون تیمار بود اندازه‌گیری شد و سپس درصد کاهش کلسترول با رابطه 1 محاسبه گردید.

$$A(\%) = \frac{A_1 - A_2}{A_1} \times 100 \quad (1)$$

A(%): میزان کاهش کلسترول (درصد)

(A<sub>1</sub>): مقدار کلسترول در خامه اولیه

(A<sub>2</sub>): مقدار کلسترول در خامه تیمار شده با بتاسیکلودکستین  
آزمایشات در 3 تکرار انجام گرفت. نمونه خامه بدون تیمار با بتاسیکلودکستین به‌عنوان نمونه شاهد یا اولیه در نظر گرفته شد.

### تعیین میزان آب‌اندازی

برای اندازه‌گیری میزان آب‌اندازی، مقدار معینی خامه را بر روی توری‌هایی قرار داده و سپس توری بر روی استوانه مدرج ثابت می‌شود و آن را داخل آون با دمای 18-15 درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی 75% قرار می‌دهیم بعد از دو ساعت مقدار سرم خارج شده را اندازه‌گیری می‌کنیم (استاندارد خامه زنی آلمان، 1996)

### اندازه‌گیری ویسکوزیته ظاهری

برای اندازه‌گیری ویسکوزیته ظاهری خامه از ویسکومتر بروکفیلد در دمای 9 درجه سانتی‌گراد و سرعت برش 75 بر ثانیه استفاده گردید. قبل از اندازه‌گیری ویسکوزیته، مطابق با روش Shim و همکاران (2003)، نمونه‌های خامه توسط میله شیشه‌ای همگن شد. در پایان ویسکوزیته نمونه‌ها بر اساس پاسکال ثانیه ثبت گردید. (Vanderghem, 2007).

### تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

در این تحقیق اثر سه فاکتور دما، زمان، غلظت بتاسیکلودکستین بر کاهش میزان کلسترول بررسی و ارزیابی شد. بعد از مشخص شدن محدوده متغیرهای مورد بررسی و وارد کردن آنها به نرم‌افزار دیزاین اکسپرت نسخه 8، نقشه آزمایش‌ها به‌دست آمد. طرح کلی آزمایش‌ها باکس بنکن و شامل 17 آزمون بود که با 5 تکرار در نقاط مرکزی انجام گرفت. سپس تک تک آزمایش‌های پیشنهادی در نقشه آزمایش انجام گرفت و میانگین نتایج حاصله از آزمون‌ها به‌عنوان پاسخ در نظر گرفته شد و سپس تحلیل گردید.

### نتایج و بحث

اثر مستقل فاکتورهای عملیاتی بر میزان کاهش کلسترول

خامه

#### اثر مستقل غلظت بتاسیکلودکستین

شکل 1 تاثیر غلظت بتاسیکلودکستین در سطح (0/5- 1/5) را بر درصد کاهش کلسترول در نمونه‌های تحت تیمار با

به‌ترتیب 270 و 300 درجه سانتی‌گراد بود. برنامه‌ریزی شده بود که دمای آون در هر دقیقه 10 درجه سانتی‌گراد افزایش یابد و از 200 به 300 درجه سانتی‌گراد برسد و برای 20 دقیقه در 300 (درجه سانتی‌گراد) نگه داشته شود.

ابتدا شیر 3/5% چربی در دمای 72 درجه سانتی‌گراد به مدت 16 ثانیه فرآیند پاستوریزاسیون را طی نمود. پس این مرحله تا دمای 55 درجه سانتی‌گراد خنک شد و توسط سپراتور، خامه شیر جدا گردید و روی 36% چربی تنظیم شد و پس از این مرحله بتاسیکلودکستین در غلظت‌های (0/5 و 1/5) و (1/5 و 1/5) به خامه در حمام آب در سه سطح دمایی 10 و 30 و 50 درجه سانتی‌گراد اضافه شد و در سه بازه زمانی 5 و 15 و 25 دقیقه همزده شد سپس خامه حاوی بتاسیکلودکستین برای حذف کمپلکس تشکیل شده در دوره‌های مختلف سانتریفوژ شد و کمپلکس بتاسیکلودکستین و کلسترول جداسازی شد.

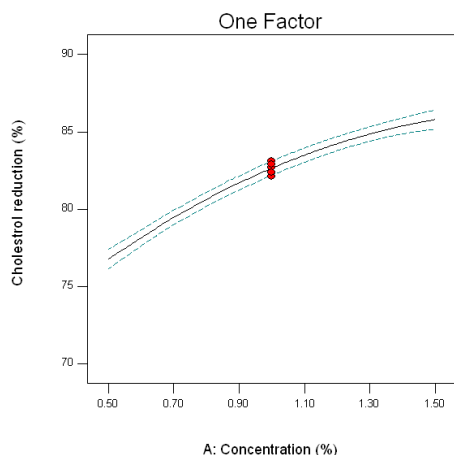
### اندازه‌گیری کلسترول

جهت اندازه‌گیری میزان کلسترول در نمونه‌ها از روش اندازه‌گیری Lee و همکاران (1999) با کمی تغییرات استفاده شد. ابتدا نیاز بود که کلسترول از نمونه‌ها استخراج گردد. برای استخراج کلسترول 1 گرم از نمونه خامه در لوله شیشه‌ای با درپوش پیچی (15 mm × 180 mm) قرار داده شد. نمونه در دمای 60 درجه سانتی‌گراد به مدت 30 دقیقه با 5 میلی‌لیتر از محلول الکلی هیدروکسیدپتاسیم 2 مولار صابونی شد. بعد از سرد کردن تا دمای اتاق، کلسترول با 5 (میلی‌لیتر) از هگزان استخراج شد. فرآیند 3 بار تکرار شد. لایه‌های هگزان به یک بالن ته گرد منتقل شدند و تحت خلا خشک شدند. عصاره در 1 میلی‌لیتر از هگزان حل شد و در 20- درجه سانتی‌گراد تا زمان آنالیز نگهداری شد.

کلسترول بر روی ستون موئینه سیلیکای ترکیبی به طول 30 m، قطر داخلی 0/32 mm، ضخامت فیلم 0/25 μm، با فاز ساکن 5% فنیل سیلوکسان و 95% متیل‌سیلوکسان با استفاده از کروماتوگرافی گازی تعیین شد. دما در اینجکتور و دکتور به‌ترتیب 270 و 300 درجه سانتی‌گراد بود. برنامه‌ریزی شده بود که دمای آون در هر دقیقه 10 درجه سانتی‌گراد افزایش یابد و از 200 به 300 درجه سانتی‌گراد برسد و برای 20 دقیقه در 300 درجه سانتی‌گراد نگه داشته شود. گاز نیتروژن با سرعت جریان 2 میلی‌متر بر دقیقه با نسبت تقسیم 1/50 به‌عنوان گاز حامل استفاده شد. محلول استاندارد کلسترول در استات اتیل تهیه شد و محلول استاندارد کلسترول و محلول نمونه به دستگاه تزریق شد. سنجش کمی کلسترول با مقایسه مناطق پیک با یک پاسخ از استاندارد داخلی انجام شد.

افزایش غلظت بتاسیکلودکسترین تا 1/5% همچنان ادامه داشت و به 86% رسید که مطابق با نتایج حاصل از مطالعه افرادی بود که با افزایش غلظت بتاسیکلودکسترین مقدار بیشتری از کلسترول را حذف نمودند (آریافر و زندی، 1386 و مسکوکى و همکاران، 1392) و (Yen *et al.*, 1995).

بتاسیکلودکسترین به صورت مستقل نشان می‌دهد این در حالی است که دو متغیر دیگر یعنی دما و زمان در نقطه مرکزی ثابت می‌باشند. با افزایش غلظت بتاسیکلودکسترین میزان کاهش کلسترول بیشتر می‌شود به طوری که در غلظت 0/7% حدود 79% کلسترول کاهش یافت و در غلظت 1% حدود 82% کاهش کلسترول و در غلظت 1/30% مقدار کاهش کلسترول حدودا به 85% رسید و این روند با

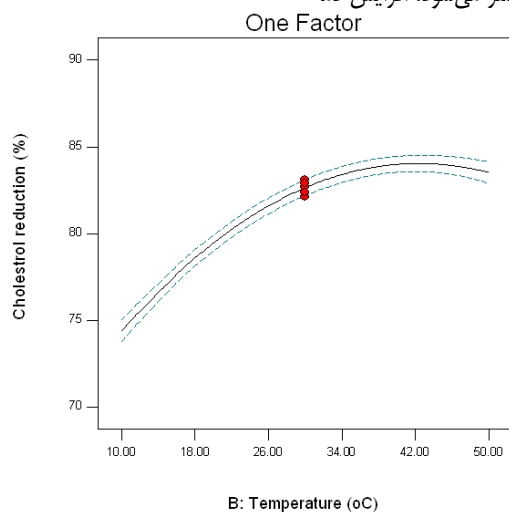


شکل 1- اثر مستقل غلظت بتاسیکلودکسترین بر میزان کاهش کلسترول

تا حدودی موجب افزایش سرعت واکنش بین کلسترول و بتاسیکلودکسترین و تشکیل کمپلکس بین این دو می‌شود. شدت تاثیر متغیر مستقل دما بر درصد کاهش کلسترول روند افزایشی ملایم‌تری را نسبت به متغیرهای زمان و غلظت بتاسیکلودکسترین نشان می‌دهد. و با نتایج حاصل از کار محققانی که با افزایش دمای فرآیند مقدار بیشتری از کلسترول را کاهش دادند مطابقت دارد (Lee *et al.*, 1999, Yen *et al.*, 1995).

#### اثر مستقل دما بر میزان کاهش کلسترول

همانطور که در شکل 2 مشخص است با افزایش دمای فرآیند میزان کاهش کلسترول افزایش یافت به گونه‌ای که در دمای 10 درجه سانتی‌گراد 74/5% کلسترول کاهش یافت با افزایش بیشتر دما به 18، 26 و 34 درجه سانتی‌گراد، شیب نمودار بیشتر شده و میزان کلسترول بیشتری حذف می‌گردد، در 42 درجه سانتی‌گراد میزان کاهش کلسترول به اوج خود یعنی 84% می‌رسد و بعد با افزایش بیشتر دما این شیب کاهش و میزان کاهش کلسترول کمتر می‌شود. افزایش دما

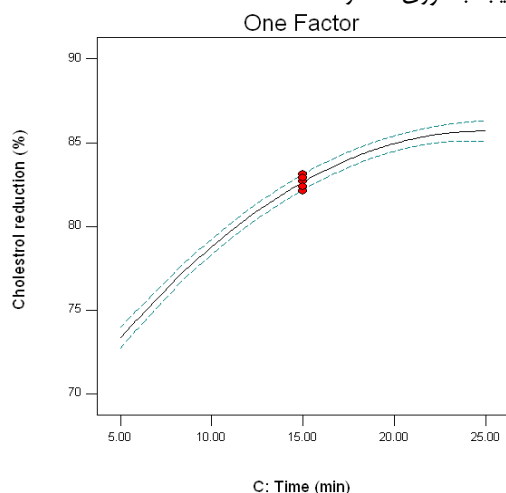


شکل 2- اثر مستقل دمای فرآوری بر میزان کاهش کلسترول

دقیقه کاهش کلاسترول به حداکثر مقدار خود یعنی 85/1% می‌رسد. با افزایش زمان اختلاط فرصت بیشتری برای تشکیل کمپلکس بین کلاسترول و بتاسیکلودکسترین داریم در نتیجه مقدار بیشتری از کلاسترول حذف می‌شود.

### اثر مستقل زمان اختلاط بر میزان کاهش کلاسترول

با افزایش زمان فرآوری افزایش حذف کلاسترول را داشتیم به طوری که با افزایش زمان اختلاط از 5 به 10 و 15 دقیقه نمودار با شیب بیشتری موجب افزایش حذف کلاسترول می‌شود و این روند با شیب ملایم‌تری در 20 و 25 دقیقه ادامه می‌یابد به طوری که در 25

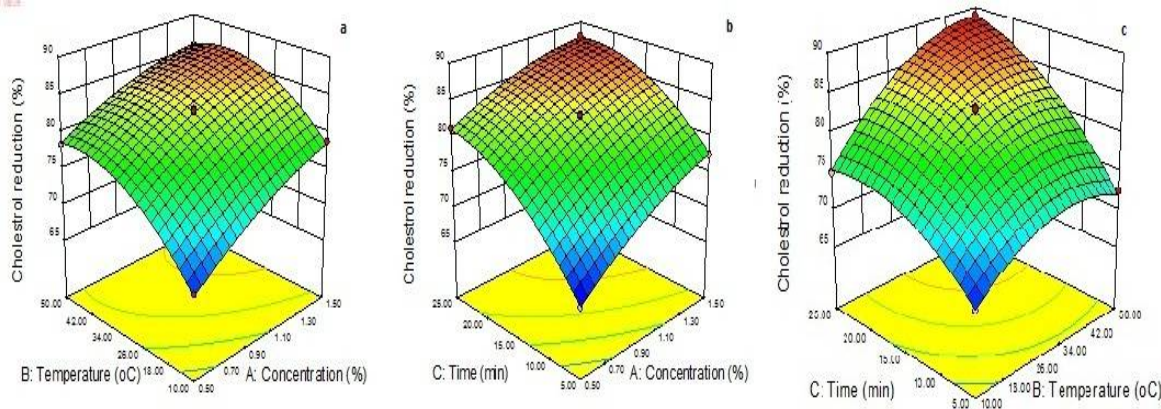


شکل 3- اثر مستقل زمان بر میزان کاهش کلاسترول

متقابل دما و زمان داشت که تاثیرگذاری اثر زمان در این فرآیند را نشان می‌دهد. Makoto و همکاران (1992) با افزایش زمان اختلاط از 20 دقیقه به 30 دقیقه در حضور 10% بتاسیکلودکسترین در دمای 45 درجه سانتی‌گراد ابتدا 91/1% و سپس 94/6% از کلاسترول پنیر را کاهش دادند که با توجه به نتایج حاصل از این مطالعات افزایش زمان اختلاط فرصت بیشتری برای تشکیل کمپلکس بین کلاسترول و بتاسیکلودکسترین ایجاد می‌شود و در نتیجه تشکیل کمپلکس بیشتر مقدار بیشتری از کلاسترول نیز حذف می‌شود و نتایج حاصل از کار این محققان با نتایج ما مطابقت داشت.

### تأثیر متقابل پارامترهای مؤثر بر کاهش کلاسترول

جهت بررسی تأثیر متقابل فاکتورهای مورد بررسی در این پژوهش از نمودارهای سه‌بعدی سطح پاسخ استفاده شد و میزان تأثیر دو به دو متغیرها بر کاهش کلاسترول خامه بررسی شد. با توجه به نمودارهای شکل 4 می‌توان چنین نتیجه گرفت که اثرات متقابل دما، زمان، و غلظت بتاسیکلودکسترین در سطوح مورد بررسی بر کاهش کلاسترول خامه، همگی روند افزایشی دارند و در این میان بیشترین افزایش کاهش کلاسترول (88/9%) به تیمار تاثیر همزمان دما و زمان و کمترین اثر در افزایش کاهش کلاسترول (85/5%) به تیمار با تأثیر همزمان غلظت و دما بود، البته اثر متقابل غلظت بتاسیکلودکسترین و زمان نیز دارای بیشینه کاهش کلاسترول (87/9%) نزدیک به اثر

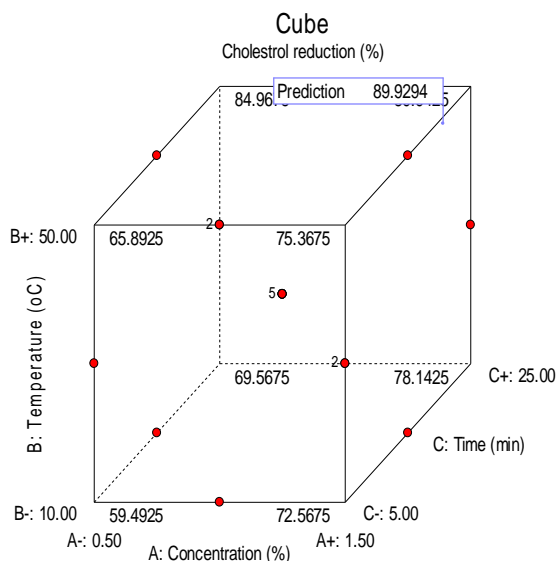


شکل 4- اثر متقابل a: دما و غلظت بتاسیکلودکسترین، b: زمان و غلظت بتاسیکلودکسترین، c: زمان و دما بر کاهش کلاسترول

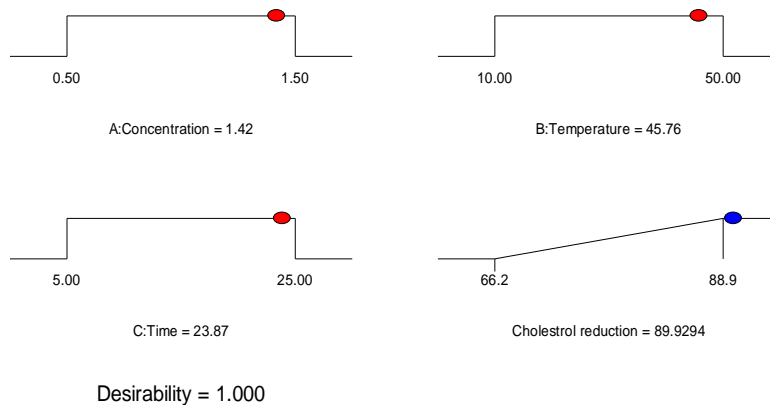
شکل 6 نتیجه بهینه‌یابی فرآیند کاهش کلسترول خامه توسط بتاسیکلودکستین به کمک نرم‌افزار دیزاین اکسپرت به صورت مکعبی نمایش داده شده است.

مقایسه مقادیر تجربی با مقادیر پیش‌بینی شده توسط روش سطح پاسخ در شکل 5 تاثیر تک تک متغیرها به صورت جداگانه مورد بررسی قرار گرفت و با استفاده از روش سطح پاسخ می‌توان چنین بیان نمود که شرایط عملیاتی بهینه برای حداکثر کاهش کلسترول خامه 89/9294 درصد، شامل غلظت بتاسیکلودکستین 1/42 درصد، زمان

Design-Expert® Software  
Factor Coding: Actual  
Cholesterol reduction  
X1 = A: Concentration  
X2 = B: Temperature  
X3 = C: Time



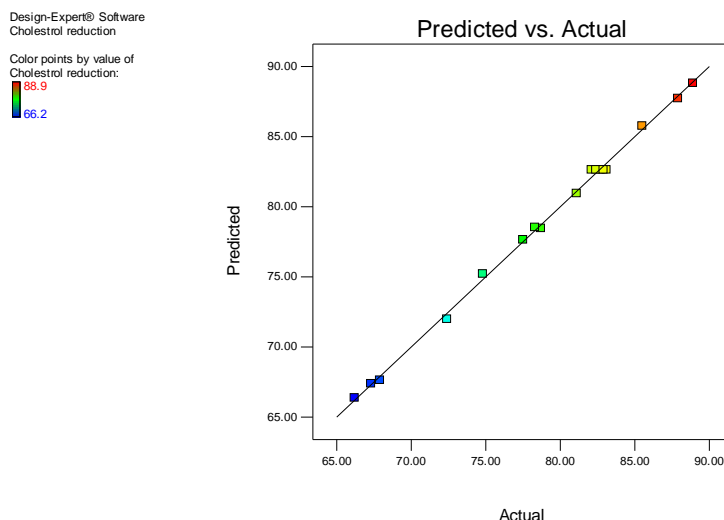
شکل 5- بهینه‌یابی سه بعدی جهت حصول حداکثر کاهش کلسترول



شکل 6- بهینه‌یابی اثر فاکتورهای مورد بررسی برای به دست آوردن حداکثر کاهش کلسترول انجام آزمایش تجربی جهت بررسی صحت مدل

بسیار نزدیک است و این مورد بیانگر آن است که مدل توانایی خوبی برای پیش‌بینی داده‌ها داشته است و صحت مدل تایید می‌گردد.

برای بررسی صحت مدل پیشنهادی توسط نرم‌افزار، یک آزمایش تجربی در شرایط پیشنهاد شده توسط نرم‌افزار، در سه تکرار انجام شد (شکل 7). مقدار تجربی به‌دست آمده در شرایط بهینه توسط مدل،



شکل 7- مقایسه مقادیر کلسترول کاهش یافته در آزمایشات تجربی و مقادیر پیش‌بینی شده توسط نرم‌افزار

ویژگی‌های فیزیکی خامه پس از کاهش میزان کلسترول جهت بررسی تاثیر افزودن بتاسیکلودکسترین بر سایر ویژگی‌های خامه تولید شده، آزمون‌های فیزیکوشیمیایی بر روی خامه انجام شد (جدول 1).

شکل بالا نشان‌دهنده مقایسه مقادیر تجربی با مقادیر پیش‌بینی شده به‌وسیله روش سطح پاسخ برای بررسی میزان کاهش کلسترول است. شباهت فراوان مدل حاضر با مقادیر تجربی نشان می‌دهد که همبستگی بسیار خوبی بین نتایج پیش‌بینی شده و مقادیر تجربی وجود دارد و نتایج پیش‌بینی شده موردانتظار با نتایج واقعی حاصل از آزمون‌ها بسیار به‌هم نزدیک‌اند و مطابقت دارند.

جدول 1- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خامه با کلسترول کاهش یافته توسط سیکلودکسترین

غلظت (%)	دما (°C)	زمان (دقیقه)	میزان کلسترول کاهش یافته (%)	ویسکوزیته (Pa.s)	افزایش حجم (%)	ناپایداری کف (mL)
1/42	45/76	23/87	89/9294	8/7±0/5	129/8±3/7	3/1±0/3
1/06	35/66	10/92	75/5001	8/5±0/6	124/1±3/9	4/4±0/5
0/60	18/12	5/23	65/2081	8/2±0/4	130/5±4/2	5/2±0/4

ویژگی‌های ویسکوالاستیک فیلم سطحی قرار می‌گیرد. در خامه‌های لبنی همزده شده گلبول‌های چربی در فاز آبی جمع می‌شوند و به‌طور هموار دور سطح مشترک هوا/ آب پنیر پخش می‌شوند، بنابراین به کف ثبات و استحکام می‌دهند (Bruhn and Brahn., 1988, Noda and Shiinoki., 1986). زمانیکه گلبول‌های چربی در حضور نیروی برشی گسیخته می‌شوند حالت بی‌ثباتی دارند و بعد از آن به هم پیوستگی جزئی در پس آن پدید می‌آید و هرچه چربی شیر بالاتر باشد پایداری و ثبات کف را افزایش می‌دهد، اما افزایش حجم را کاهش می‌دهد (Stanley et al., 1996). ویسکوزیته ظاهری خامه تیمار

با توجه به جدول بالا در غلظت 1/42%، بتاسیکلودکسترین و دمای 45/76 درجه سانتی‌گراد برای مدت زمان 23/87 دقیقه بیشترین درصد کاهش کلسترول، بیشترین ویسکوزیته و افزایش حجم زیاد و کمترین پایداری کف را داریم. کاهش کلسترول موجب کاهش ناپایداری کف و افزایش ویسکوزیته می‌شود. در غلظت 0/6% بتاسیکلودکسترین و دمای 18/12 درجه سانتی‌گراد و زمان 5/23 دقیقه کمترین میزان کاهش کلسترول کمترین ویسکوزیته و بیشترین ناپایداری کف مشاهده گردید. ناپایداری کف خامه تا حدود زیادی تحت تاثیر ویژگی‌های رئولوژیکی فاز پیوسته حباب‌های هوا و

کلسترول تشکیل دهد و به جداسازی آن از محصول کمک کند. جذب کلسترول توسط بتاسیکلودکسترین به غلظت بتاسیکلودکسترین بستگی دارد و زمان اختلاط و دما نیز موجب افزایش اثر آن می‌شود با بررسی اثر هر کدام از متغیرهای مستقل، می‌توان چنین نتیجه گرفت که هر سه متغیر مورد بررسی در سطوح ارزیابی شده بر کاهش کلسترول اثری افزایشی دارند و افزایش زمان اختلاط بیشترین تاثیر و افزایش غلظت بتاسیکلودکسترین کمترین اثر افزایشی را بر کاهش میزان کلسترول داشته است. بررسی تاثیر متقابل متغیرها نیز نشان داد، اثر همزمان دما و زمان با غلظت مناسب از بتاسیکلودکسترین می‌تواند تاثیر قابل توجهی در کاهش کلسترول داشته باشد. یافتن غلظت، دما و زمان بهینه برای رسیدن به حداکثر کاهش کلسترول موجب کاهش هزینه‌ها و افزایش بازدهی می‌گردد. روش سطح پاسخ و طرح باکس بنکن به‌عنوان روش‌های آماری بهینه‌سازی و مدل‌سازی توانستند شرایط بهینه حداکثر حذف کلسترول توسط بتاسیکلودکسترین را در سطوح به‌کار رفته به‌خوبی پیش‌بینی نمایند، شرایط عملیاتی بهینه به‌دست آمده توسط مدل برای خامه 36 درصد چربی شامل غلظت بتاسیکلودکسترین %1/42 و دمای 45/76 درجه سانتی‌گراد و زمان 23/87 دقیقه می‌باشد. میزان کاهش کلسترول پیش‌بینی شده تحت این شرایط مقدار %89/92 بود که با مقدار تجربی به‌دست آمده در شرایط بهینه پیش‌بینی شده بسیار نزدیک بود که این امر نشان‌دهنده صحت و قدرت پیش‌بینی مدل در نظر گرفته شده می‌باشد. در آخر پیشنهاد می‌گردد که تاثیر افزودن بتاسیکلودکسترین به خامه بر روی طعم و مزه و ویژگی‌های حسی و بافتی و رنگ و نیز تاثیر افزودن بتاسیکلودکسترین بر روی مدت زمان ماندگاری خامه بررسی گردد. همچنین اثر افزودن بتاسیکلودکسترین برای کاهش میزان کلسترول در محصولاتی با کلسترول بالا مانند سس مایونز و انواع پنیرها مورد بررسی قرار گیرد.

شده با بتاسیکلودکسترین بعد از همزدن با افزایش سرعت و حرکت همزن و افزایش زمان همزدن افزایش می‌یابد این نتایج حاکی از آن است که مقداری چربی در خامه قبل از هم زدن به وسیله ی بتاسیکلودکسترین بلوکه یا انبوه می‌شود. همچنین با افزایش سرعت مخلوط کردن و زمان مخلوط کردن، افزایش حجم کاهش می‌یابد (Ahn and Kwak., 1999). به علت متلاشی شدن غشای گویچه چربی در هنگام فرآیند همزدن، افزودن موادی مانند فسفولیپیدها یا امولسیفایرها منجر به بهبود در ویژگی‌های همزنی خامه قنادی می‌شود (Dickinson., 1997). در میان عوامل مختلف مؤثر بر ویژگی‌های کاربردی خامه همزده عامل فعالیت سطحی و عامل پایدارکننده‌ها ممکن است نقش مهمی در تولید کف پالاینده و میزان افزایش حجم ثابت و کف پایدار داشته باشد، همچنین ویژگی‌های ریزساختاری و تغییر شکل ماده مانند افزایش ویسکوزیته خامه همزده به‌وسیله اضافه کردن پایدارکننده‌ها مؤثر است (Smith et al., 2000).

### نتیجه‌گیری

تولید خامه با کلسترول پایین برای سلامتی عموم افراد جامعه ضروری به‌نظر می‌رسد به همین علت افزایش چشمگیر تقاضا در بازار برای محصولات فاقد کلسترول و کلسترول کاهش‌یافته به‌وجود آمده است (Schroder et al., 1993).

به همین منظور در این پژوهش به بررسی کاهش کلسترول در خامه توسط بتاسیکلودکسترین و بهینه‌یابی تاثیر پارامترهای مؤثر بر کاهش میزان کلسترول پرداخته شد و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آن مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از بتاسیکلودکسترین منجر به کاهش موفقیت‌آمیز کلسترول از محصول و افزایش ویسکوزیته و افزایش حجم و کاهش ناپایداری کف گردید. بتاسیکلودکسترین به‌دلیل داشتن حفره‌ای در قسمت مرکزی آرایش مولکولی خود می‌تواند یک کمپلکس پایدار نامحلول با

### منابع

- Abujah, C. I., Ogbnna, A. C., & Osuji, C.M. (2015). Functional Components and Medicinal Properties of Food: Areview. *Journal of food Science and Technology*, 52 (5), 2522-2529.
- Ahn, j., Kwak, H.(1999) Optimizing cholesterol removal in cream using  $\beta$ -cyclodextrin and response surface methodology. *journal of foodscience*, 64 (4), 629-632.
- Alonso, L., Cuesta, P., Fontecha, J., Juarez, M., and Gilliland, S. E. (2009). Use of betacyclodextrin to decrease the level of cholesterol in milk fat, *Journal of Dairy Science*, 92(3): 863-869.
- Amiri, S., Radi, M. (1999). Investigating the physico-chemical and texture properties of low-fat cream, prepared from starch modified wheat, 18<sup>th</sup> National Congress of Science and Technology, Iran.
- Aryafar, M., Zandi, p. (2007). Low Cholesterol Butter Production By Using  $\beta$ -cyclodextrin. *Journal of Nutrition Sciences and Iranian Food Industry*, 3: Pages From 23-32.
- Boudreau, A., and Arul, J. (1993). Cholesterol Reduction and Fat Fractionation Technologies for Milk Fat: An Overview, *Journal of Dairy Science*, 76: 1772-1787.

- Bruhn, C., Bruhn, J. (1988). Observations on the whipping characteristics of cream, *Journal of Dairy Science*, 71: 857–862.
- Dickinson, E., (1997) Propertise of emulsions stabilized with milk proteins. *J. Dairy Science*, 80(10): 2607-2619.
- Donnell, J. A. O. 1993. Future of Milk Modification by Production or Processing: Integration of Nutrition, Food Science and Animal Science, *Journal of Dairy Science*, 76: 1797-1801.
- Doosh, K. S., Majeda, F., & SO, M. A. (2013). Manufacturing Cholesterol – Reduced Butter by Betacyclo dextrin and study some of its Chemical and Physical Properties. *Pakistan Journal of Nutrition*, 12(9), 837-841
- Food Consumption Report (2000-2001). Institute of Nutrition Research and Food Industry of the Country.
- Galante., M., Pavon, Y., Lazzaroni, S., Soazo, M., Costa, S., Boeris, V., & Rozycki, S. (2017). Effect of Cholesterol-reduced and Zinc fortification treatments on Physicochemical, functional, TextureMicro structural and Sensory Properties Of Soft Chees. *International Journal of Dairy Technology*.
- German Experimental Whipping Cream Standard (1996).
- Gonzalez-Hierro, M., Ruiz-Sala, P., Alonso, L., and Santamaria, G. (1995). Extraction of ewe's milk cream with supercritical carbon dioxide, *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 200: 297–300.
- Grundy, S., Brheimer, D., Blackburn, H., Brown, W., Kwiterovich, P., Mattson, F., Schonfeld, G., and Weidman, W. (1982). Rationals of the diet-heart statement of the American Heart Association. Report of the Nutrition Committee, *Circulation* 65: 839A–854A.
- Gurr, M. (1992). Dietary lipids and coronary heart disease: old evidence, new perspective. *Progress, Lipid Research*. 31: 195–243.
- Hariharan, K., soma kurien, k. and venkat Roa,s.(1995). Effect of supplementaiton of milk fat with peanut oil on blood lipids and lipoproteins in infants. *International Journal of Food Science. Nutrrriant*, 46: 309-317.
- Health and Diseas Survey in Iran (2001). Publication of Secretariat of Applied Research of Health Deputy.
- Hettinga D.in Baileys industrial oil and fat products. Edited by F.Shahidi, 6 th., Vol.2, john Wiley, New York; (2005), pp 15-21.
- Kim SH, Ahn J, Kwak HS. Optimizing Cholesterol removal from Milk. *Arch pharm Res*.2004, 27(11):1183-1187.
- Kim, S.H., Ahn.j. and Kwak H.S., 2004. Crosslinking of  $\beta$ -cyclodextrin on cholesterol removal from milk *Archives of pharmacal research*, 27(11):1183-1187.
- Larsen, J. Froning, G. (1981). Extraction and processing of various components from egg youlk. *Poultry science*, 60: 160-167.
- Lee, J., Ustunol, Z., and Smith, D. (1993). Cholesterol removal from cream using  $\beta$ -cyclodextrin and derivatives, *Journal of Dairy Science*, 76: 143.
- Lee, D., Ahn, J., and Kwak, H. (1999). Cholesterol removal from homogenized milk with  $\beta$ -cyclodextrin, *Journal of Dairy Science*, 82: 2327–2330.
- Makoto, K., Akio, O., and Reijiro, S. (1992). Cholesterol removal from animal with cyclodextrin by inclusion. Honnen LTD., assignee. Japan Pat. No. 4,168,198
- Makiela, D., Janus, L., Gorny, K., Gburski, Z. (2018). Investigation Of The influence Of Beta cyclodextrin On Cholesterol Lodgement A molecular Dynamics Simulation Study, *Journal of Molecular Liquids*, 262 (2018) Pages 451-459.
- Maskouki, A., Beheshti, H.R., Kheradmand, A., Valibeigi, S., Feizi, J. (2013). Investigating the Possibility of Cholesterol Reduction in Raw and Homogenized Milk By Using Beta-Cyclo dextrin, *Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology*, 2 (3): Pages From 263-264.
- Micich, T. (1990). Behaviors of polymer supported digitonin with cholesterol in the absence and presence of butter oil, *Journal of Agriculture of Food Chemistery*, 38: 1839–1843.
- Noda, M., and Y. Shiinoki. (1986). Microstructure and rheological behavior of whipping cream. *Journal of Texture Stud.* 17:189–196.
- Oakenfull, D., Sidhu, G., and Rooney, M. (1991). Cholesterol removal, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, assignee. International. Pat. No. WO 91/16824.
- Oakenfull, D., and Sihdu, G. (1991). Cholesterol reduction, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, assignee. *International. Pat. No. WO 91/11114.*
- O, Donnell, JA. (1989). Like fat technologies and marketing board (1989) Milk fat round tables. *Journal of Dairy Science*. 12:3109- 3115.
- Oh, H., Chang, E., and Kwak, H. (1998). Conditions of the removal of cholesterol from milk by treatment with saponin, *Korean Journal of Dairy Science*. 20:253–260.
- Pyorala, K. (1987). Dietary cholesterol in relation to plasma cholesterol and coronary heart disease, *Am. J. Clin. Nutr.* 45: 1176–1184.
- Reineccius, T., Reineccius, G., and Peppard, T. (2004). Potential for  $\beta$ -cyclodextrin as partial fat replacer in low-fat foods, *Journal of Food Science*, 69: FCT334–FCT341.
- Schroder, B., and Baer, R. (1990). Utilization of cholesterol reduced milk fat in fluid milks, *Food Technology*. (Nov.):145–148.

- Seif hashemi, S., Tofangsazan, F. (2011). Technique of industrial production of cholesterol free butter. 20<sup>th</sup> National congress of Food Science and Technology, Sharif University of Technology, Iran.
- Serajzadeh, S. (2005) . Cholesterol Reduction and Dairy Products by Enzymatic Method, Master's Thesis, Faculty of Chemical and Petroleum Engineering, Tehran, Sharif University.
- Shim, S.Y., Ahn, J., and Kwak, S. Functional Properties of Cholesterol-Removed Whipping Cream Treated by  $\beta$ -cyclodextrin. *J. Dairy Sci.* 86: 2767-2772 *American Dairy Science Association.* (2003)
- Smith, A., Goff, H., and Kakuda, Y. (2000). Microstructure and rheological properties of whipped cream as affected by heat treatment and addition of stabilizer, *International Dairy Journal*, 10: 295-301.
- Szente, L., and Szejtli, J. (2004). Cyclodextrin as food ingredients. *Trends Food Science Technol.* 15: 137-142.
- Vandergheem, C., Danthine, S., Blecker, C. and Deromanne, C. (2007), Effect of protease addition on some physico-chemical characteristics of recombined dairy creams. *International Dairy Journal*. 17(8), 889- 895.
- Vollbrecht, H. (1991). Process for the removal of cholesterol and cholesterol esters from egg yolk, SKW Trostberg Aktiengesellschaft, assignee, US Patent. No. 5063077.
- Watanabe, K., Aihara, H. and Nakamura, R. (1989). Properties of the purified extracellular cholesterol oxidase from *Rhodococcus* sp. No. 23. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 37: 1178-1182.
- Yen, G., and Tsui, L. (1995). Cholesterol removal from a lardwater mixture with  $\beta$ -cyclodextrin, *Journal of Food Science*, 60:561-564.
- Zahiraqdam, H., Zandi, P. (2004). Investigating of Oil Cholesterol Reduction Rate during Treatment With Beta-Cyclodextrin, Summary Of 8<sup>th</sup> Iranian Nutrition Congress Articles, Iran University of Medical Sciences. Pages 386-387.
- Zahiraqdam, H., Zandi, P. (2006). The Effects of Treatment Process With Betacyclodextrin on cholesterol in Cow Suet, *Journal of Nutrition Science and Food Industry of Iran*, Issue 1 , Pages From 1-6.



## Investigating the effect of operational factors on reducing cream cholesterol by beta-cyclodextrin using response surface method

M. Mansouri Bani<sup>1</sup>, V. Samavati<sup>2</sup>, M. Bolandi<sup>3\*</sup>

Received: 2019.06.08

Accepted: 2019.09.22

**Introduction:** The Cholesterol in our diet is a risk factor for the prevalence of cardiovascular diseases. One of the effective ways to reduce the incidence of such diseases is to remove cholesterol, including animal fats, from our food sources. In this research, attempts were made to investigate the effect of operational factors on reducing cholesterol in cream by beta-cyclodextrin using RSM and to examine its physicochemical properties. The variables in this study were beta-cyclodextrin concentration, mixing temperature and mixing time.

**Materials and Methods:** The 3.5% fat raw milk was pasteurized at 72°C for 16 s, and then it was cooled to 55°C. The milk cream was separated by a separator and adjusted to 36% fat. Beta-cyclodextrin was added in 0.5, 1, 1.5% concentration in water bath at three levels of 10, 30, 50 ° C. It was mixed at three time intervals of 5, 15, 25, min. Cream containing beta-cyclodextrin was centrifuged to eliminate the complex formed in different periods and the beta-cyclodextrin and cholesterol complex was isolated. Beta-cyclodextrin of 99.2% purity was purchased from Sigma-Aldrich and all chemical agents from Merk, Germany. To measure cholesterol content in the preparation phase, hexane and ethanolic solution of potassium hydroxide (Merk) and the standard solution of cholesterol (Merk) were used. To determine the level of cholesterol in the samples, Lee et al. (1999) method was used after a few modifications. Firstly, cholesterol was extracted from the specimens and the cholesterol levels in the samples were determined with a chromatography apparatus equipped with flame ionization. The quantitative measurement of cholesterol was conducted by comparing the peak areas with a response from the internal standard. The experiments were designed, using the response surface method and the Box-Behnken Design (BBD), to achieve a high-efficiency process in reducing the highest cholesterol level and determining optimum conditions. The viscosity was determined using a Brookfield viscometer, and the over run and foam stability of the cholesterol cream samples were determined using a Graduated cylinder.

**Results and discussion:** Due to the cavity in the central part of beta-cyclodextrin molecular arrangement, it can form a stable cholesterol-insoluble complex and help to isolate it from the product. The results showed that time, mixing temperature, and beta-cyclodextrin concentration all had a positive effect on reducing the level of cholesterol, and the effect of independent factors was almost the same, as the time factor had the highest effect, supported in Makoto et al. (1999). Concentration factor had the least effect on cholesterol reduction, contrary to studies by Aryafar et al. (2007) and Yen et al. (1995). Among the interactions of the investigated factors, the highest effect was due to the simultaneous effects of temperature and time (88.9%) and the least effect was due to the simultaneous effect of concentration and temperature (85.5%). Findings of this study showed that the use of beta-cyclodextrin resulted in a successful reduction of cholesterol from the product without affecting tissue properties, increasing viscosity and volume, or reducing stability of the foam. The absorption of cholesterol by beta-cyclosporine depends on its concentration. The mixing time and temperature also boosts the effect. After examining the effects of each independent variable, it can be concluded that all three investigated variables have an incremental effect on the level of cholesterol in the evaluated levels. Increasing mixing time has the highest effect on increasing cholesterol and increasing the concentration of beta-cyclodextrin has the lowest effect on cholesterol reduction. Investigating the interaction effects of variables also showed that the simultaneous effect of temperature and time with the proper concentration of beta-cyclodextrin could have a significant effect on cholesterol reduction. The response surface method and Box-Behnken

1. Graduate Student, Department of Food Science and Technology, Kherad Institute of Higher Education, Bushehr, Iran.

2. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khuzestan, Iran.

3. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Damghan Branch, Damghan, Irani.

(\* - Corresponding Author Email: bolandi75@gmail.com)

Design as statistical optimization and modeling techniques enabled the researchers to predict the optimal conditions for maximal removal of cholesterol by beta-cyclodextrin at the decided levels. The optimal operating condition obtained by the model for 36% fat cream contains 42.1% beta-cyclodextrin concentration, 76.75 ° C temperature and 87.83 min of mixing time. The predicted cholesterol reduction in these conditions was 89.92%, which was very close to the experimental value obtained in predicted optimal conditions. It indicates the accuracy and predictive power of the intended model.

**Key Words:** Beta-cyclodextrin; Cholesterol; Cream; Optimization; Response Surface Method

## مقاله علمی- پژوهشی

# بررسی اثر جایگزینی آرد گندم با پودر هسته انار بر ویژگی‌های کیفی کیک اسفنجی

فاطمه ایوانی<sup>1</sup> - بهزاد ناصحی<sup>2\*</sup> - محمد نوشاد<sup>3</sup> - حسن برزگر<sup>4</sup>

تاریخ دریافت: 1398/04/02

تاریخ پذیرش: 1398/06/30

## چکیده

امروزه تمایل مصرف‌کننده به محصولات سلامتی‌بخش افزایش یافته است. از آنجایی که کیک‌های رایج با کمبود ترکیبات ارزشمندی مانند فیبر و آنتی‌اکسیدان همراه هستند، پژوهشگران به دنبال غنی‌سازی آنها با مواد مختلف دورریز می‌باشند. در این پژوهش اثر جایگزینی آرد گندم با پودر هسته انار (صفر تا 50 درصد) و صمغ زانتان (صفر تا 0/3 درصد) بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی (تخلخل، شاخص حجم، فیبر، پروتئین)، کیفی (دانسیت، سفتی، افت وزنی، تقارن، حجم، رنگ) و حسی (بافت، سفتی، عطر و طعم، قابلیت جویدن، پذیرش کلی) کیک با استفاده از روش سطح پاسخ مورد ارزیابی قرار گرفت. یافته‌ها نشان داد که افزایش جایگزینی پودر هسته انار تأثیر مثبت و معنی‌داری بر محتوای فیبر، پروتئین و افت وزنی و تأثیر منفی بر روی ویژگی‌های دانسیته، سفتی بافت، تقارن، شاخص حجم، شاخص‌های رنگی، پذیرش کلی و عطر و طعم نمونه‌ها داشت. همچنین افزایش درصد صمغ زانتان تأثیر مثبت و معنی‌داری بر روی ویژگی‌های دانسیته، سفتی بافت، حجم، تخلخل، شاخص حجم و افت وزنی نمونه‌ها داشت. به‌طور کلی ارزیابی تمام ویژگی‌ها نشان داد که نمونه کیک حاوی 0/1 درصد صمغ و 22/22 درصد پودر هسته انار دارای بهترین کیفیت است. از سوی دیگر مقایسه نمونه بهینه و شاهد حاکی از آن است که جایگزینی پودر هسته انار سبب افزایش ترکیبات فنولی و کاهش عدد پراکسید شده است.

واژه‌های کلیدی: هسته انار، فراسودمند، فیبر رژیمی، کیک اسفنجی

## مقدمه

سرطان روده می‌شوند. امروزه از فراورده‌های نانویی با انرژی کم و میزان فیبر رژیمی بالا استقبال می‌شود (همیتان سورکی و همکاران، 1391). افزایش تقاضا برای محصولات فراسودمند باعث شده که برای افزایش و حفظ کیفیت محصولات مختلف تلاش‌های زیادی صورت گیرد. کیک اسفنجی یکی از فراورده‌های غلات است که فقدان مواد ارزشمندی نظیر فیبرهای رژیمی از مشکلات عمده آن می‌باشد (Lebesi and Tzia, 2011). انار با نام علمی *mutanarg L. acinup* از خانواده *eaecacinup* است. به علت بومی بودن انار در منطقه خاورمیانه بیشترین سطح زیر کشت دنیا مربوط به همین نواحی می‌باشد. در حال حاضر علاوه بر ایران که بیشترین میزان سطح زیر کشت و تولید انار در جهان را به‌خود اختصاص داده است، در کشورهایی چون ترکیه، افغانستان، هندوستان، گرجستان، ژاپن، آمریکا و اسپانیا نیز کشت این محصول مرسوم است. میزان تولید انار در سال 2012 حدود 180 هزار تن بود و ایران سهم 47 درصدی را در این میان به خود اختصاص داده است (FAO, 2012). این میوه محتوی مقدار قابل توجهی هسته می‌باشد که بر حسب رقم از 40 تا 100 گرم در کیلوگرم میوه متغیر است این هسته‌ها به‌عنوان محصول فرعی بعد از فرایند محسوب می‌شوند که محتوی مقدار قابل توجهی روغن، پروتئین، فیبر، قند و مواد معدنی ضروری هستند (داداشی و همکاران، 1390). هسته برخی از ارقام انار غنی از روغن می‌باشد که بین 140 تا

فراورده‌های حاصل از گندم به علت راحتی مصرف و عمر ماندگاری بالا از پرمصرف‌ترین محصولات غذایی در سراسر جهان محسوب می‌شود. از میان این محصولات کیک، به‌واسطه ویژگی‌های ارگانولپتیک مناسب، مورد استقبال و پسند مصرف‌کننده‌ها واقع شده است. بر اساس فرمولاسیون و روش تهیه، انواع مختلفی از کیک وجود دارد که می‌توان به کیک‌های اسفنجی، لایه‌ای، روغنی، کیک-های جعبه‌ای و غیره اشاره کرد (شهیدی و همکاران، 1393). کیک اسفنجی یکی از فراورده‌های غلات بوده که کمبود فیبرهای رژیمی از مشکلات عمده موجود در این محصول می‌باشد (صالحی و همکاران، 1395). در سال‌های اخیر استقبال از غذاهای عملگرها به‌طور روز افزون در حال افزایش است. فیبرهای رژیمی ویژگی‌های تغذیه‌ای بسیار مفیدی دارند که ساله‌هاست به‌عنوان یکی از اجزای اصلی غذاهای عملگرها شناخته شده‌اند. به‌طور مثال فیبرهای محلول موجب کاهش کلسترول خون و فیبرهای نامحلول موجب کاهش خطر ابتلا به

1، 3 و 4- به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد، استادیار و دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان.

2- دانشیار گروه مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه پیام نور، ایران

(Email: Nasehi.b@pnum.ac.ir)

\*-نویسنده مسئول:

DOI: 10.22067/food.v16i4.81476

### مواد و روش‌ها

مواد مورد استفاده شامل: آرد گندم از کارخانه آرد جنوب، روغن مایع نسترن (57 درصد)، شکر آسیاب شده (72 درصد)، تخم‌مرغ تالونگ (72 درصد)، بکینگ پودر با نام تجاری هرمین (شهریار، ایران) (1/34 درصد)، شیر خشک کارخانه پگاه شوش (2 درصد)، وانیل با نام تجاری گلها (0/5 درصد) و آب (25 درصد) بر اساس نسبت وزنی-وزنی آرد بود. صمغ زانتان، با نام تجاری RhodiaGel (Xantan Gum, E415) از شرکت Rhodia Food فرانسه خریداری شد.

انار رقم ملس ساوه به‌صورت تازه از بازار شهرستان ملائانی خوزستان خریداری شد، سپس دانه‌های آن جدا و با آب‌میوه‌گیر (پارس خزر، JC700P، ایران) آب‌گیری شد. هسته‌ها در دمای 50 درجه سانتی‌گراد به مدت 2 روز خشک شدند. هسته‌های انار پس از خشک شدن توسط آسیاب آزمایشگاهی (آسان توس شرق، 3000) آسیاب شد و پس از عبور از الک با مش 35 تا زمان استفاده در یخچال نگهداری شدند.

### تولید کیک

خمیر کیک طبق روش چهار طاق و همکاران (1396) تهیه شد. آرد هسته انار و صمغ زانتان همراه با بقیه مواد پودری الک و سپس به مخلوط مواد مایع اضافه شد. خمیر تهیه شده درون قالب ریخته شد، سپس قالب‌ها برای پخت به مدت 30 دقیقه درون فر با دمای 175 درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. کیک‌ها پس از خروج از فر و سرد شدن درون بسته‌بندی‌های پلی‌اتیلنی و در دمای اتاق تا انجام آزمون‌های بعدی نگهداری شدند.

### ارزیابی ویژگی‌های کیک

بررسی سفتی بافت نمونه‌های کیک توسط دستگاه بافت‌سنج مدل TA-XT-PLUS (Micro stable system، انگلستان) طبق روش AACC 74-09، برای اندازه‌گیری درصد افت وزنی نمونه‌های کدگذاری شده قبل و بعد از پخت با دقت 0/001 گرم توزین شده و درصد افت وزنی محاسبه شد. (آقامحمدی و همکاران، 1391). محتوی فیبر خام نمونه‌ها، محتوی پروتئین، شاخص حجم و تقارن و حجم طبق روش AACC به ترتیب شماره‌های 10-30، 12-46، 10-91 (2000) انجام شد. سپس با توزین نمونه و مشخص بودن حجم، دانسیته از نسبت وزن به حجم محاسبه شد. ویژگی‌های حسی از طریق آزمون هدونیک 5 نقطه‌ای (امتیاز 5 عالی و امتیاز 1 ناخوشایند) مشخص شد. برای اجرای این آزمون از 10 نفر از دانشجویان دختر و پسر مقطع کارشناسی و کارشناسی‌ارشد، رشته صنایع غذایی، در محدوده سنی 24-26 ساله که آموزش دیده

270 گرم در کیلوگرم ماده خشک متغیر است (هرناندز و همکاران، 2000). نتایج نشان داده که به‌طور میانگین محتوای روغن، فیبر خام، پروتئین، ارزش تغذیه‌ای، فسفر، منیزیم، کلسیم، پتاسیم در هسته انار به ترتیب برابر 16/9، 42/4، 10/7 درصد، 460/7 کیلوکالری در صد گرم، 2766/3 میلی‌گرم در کیلوگرم، 2052/0 میلی‌گرم، 675/3 میلی‌گرم در کیلوگرم و 3724/6 میلی‌گرم در کیلوگرم بود. اسید چرب عمده شناسایی شده توسط کروماتوگرافی گازی، پونیسیک اسید بوده که محدوده آن بین 73/31-72/07 متغیر بود. نسبت اسیدهای چرب چندغیراشباع به اشباع و غیراشباع به اشباع در روغن هسته انار به ترتیب در محدوده 9/174 تا 9/450 و 10/325 تا 10/861 به‌دست آمده است (داداشی و همکاران، 1390). برای غنی‌سازی کیک و بیسکوئیت از مواد مختلفی استفاده شده است، برای مثال Fahloul و همکاران (2010) از پودر خرما در مقادیر صفر، 10، 20، 40 و 60 درصد جایگزین آرد، در تهیه بیسکوئیت استفاده کردند و بیسکوئیت‌های حاصل از لحاظ محتوی رطوبت، فعالیت آبی، رنگ و سفتی ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که جایگزینی پودر خرما اثری بر روی محتوای رطوبت نداشته اما باعث کاهش میزان سفتی بیسکوئیت و تغییر رنگ در آنها می‌شود. بررسی جایگزینی آرد گندم با مخلوط سبوس گندم و پودر خرما حاکی از افزایش جذب آب و کاهش پایداری خمیر کیک است (Lebesi and Tzia, 2011). افزودن فیبرهای مغزی به کیک باعث تولید کیک‌های با حجم بیشتر و بافت نرم تر نسبت به نمونه شاهد شد در حالیکه افزودن سبوس غلات به کیک باعث تولید کیک‌هایی با حجم کمتر و بافت سخت‌تر نسبت به نمونه شاهد شد (Lebesi and Tzia, 2011). هیدروکلوئیدها به‌عنوان صمغ‌های محلول در آب، به‌طور گسترده به‌عنوان یک ماده افزودنی در تولید محصولات نانویی مورد استفاده قرار می‌گیرند (باقری و همکاران، 1393). اثرات عملکردی هیدروکلوئیدها از توانایی آن‌ها برای تغییر خواص رئولوژی خمیرها و محصولات پخت تا حفظ کیفیت محصولات نهایی پخت را شامل می‌شود. از مهم‌ترین هیدروکلوئیدهایی که برای این منظور مورد استفاده قرار می‌گیرد می‌توان به صمغ کربوکسی متیل سلولز، گوار و صمغ زانتان اشاره کرد (باقری و همکاران، 1393). صمغ زانتان یک پلی‌ساکارید خارج سلولی است که توسط باکتری *Xanthomonas campestris* و برخی دیگر از گونه‌های زانتوموناس تولید می‌گردد. همچنین با افزودن صمغ زانتان میزان سفتی، رطوبت و ویسکوزیته تمام نمونه‌ها افزایش یافت و ارزیابی حسی نشان داد که نمونه‌های حاوی صمغ زانتان و کنجاله بادام شیرین نسبت به نمونه شاهد از مطلوبیت بیشتری برخوردار بودند (عوض‌صوفیان و همکاران، 1393). هدف از انجام این پژوهش بررسی جایگزینی سطوح مختلف آرد گندم با پودر دانه انار به‌منظور دستیابی به کیک با بافت و خواص تغذیه‌ای مناسب می‌باشد.

ثابت توسط دوربین عکاسی مدل canon Sx60HS powershot انجام شد. تصاویر با فرمت JPG ذخیره شدند. برای به دست آوردن سطوح یکسان از تصویر هر نمونه با استفاده از نرم افزار فتوشاپ (Adob photoshop CS6) تصاویر در ابعاد 504×457 پیکسل برای مغز و پوسته تهیه شدند. برای رنگ‌سنجی نمونه‌ها، فضای رنگی RGB توسط نرم‌افزار Imagej به  $L^*$ ،  $a^*$  و  $b^*$  تبدیل شد (Nouri et al, 2017).

بودند، استفاده شد. محتوای فنول کل نمونه‌ها طبق روش رنگ‌سنجی با استفاده از معرف فولین سیوکالتیو انجام شد (Singleton, Orthofer, & Lamuela-Raventos, 1999) و عدد پراکسید نمونه‌های روغن از طریق تیتراسیون با تیوسولفات سدیم به روش (AOCS cd-8-53) تعیین شد.

برای بررسی تخلخل و رنگ مغز و پوسته کیک‌های غنی شده، از روش پردازش تصویر استفاده شد. بدین منظور، عکس برداری در جعبه مخصوص مجهز به نور سفید یکنواخت در همه جهات و از فاصله

جدول 1- مبنای بهینه‌سازی

صفت	هدف	اهمیت	وزن
دانسیته	حد مطلوب	7	5
سفتی	کمینه	10	10
افت وزنی	کمینه	4	3
تقارن	کمینه	5	5
تخلخل	بیشینه	9	7
شاخص حجم	حد مطلوب	6	5
فیبر	بیشینه	10	10
پروتئین	بیشینه	9	9
بافت	کمینه	8	7
عطر و طعم	بیشینه	9	9
قابلیت جویدن	بیشینه	8	7
پذیرش کلی	کمینه	9	8

## نتایج و بحث

### ویژگی‌های آرد

آرد گندم مورد استفاده با درجه استخراج 72 دارای 12 درصد رطوبت، 0/52 درصد خاکستر، 4 درصد چربی، 12 درصد پروتئین، 27/5 درصد گلوتن مرطوب، عدد زلنی 21 میلی‌لیتر و pH برابر 5/83 بود.

### ویژگی‌های کیک

بررسی تغییرات همه ویژگی‌های کیفی مورد بررسی در جدول 2 نشان می‌دهد که مدل‌های پیشنهادی در این پژوهش از  $R^2$  و (adj)  $R^2$  متناسب، بالا و معنی‌داری برخوردار هستند. همچنین آزمون عدم برازش آن‌ها معنی‌دار نیست که نشان‌دهنده کارایی مدل ارائه شده در پیش‌بینی ویژگی مورد ارزیابی است.

### دانسیته

بررسی آنالیز واریانس در جدول 2 نشان داد که اثر خطی آرد هسته انار ( $P<0/001$ ) و صمغ زانتان ( $P<0/01$ ) و نیز اثر درجه دوم

### تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

در این پژوهش برای برآورد تأثیر متغیرهای مستقل ( $\beta_1$ ): درصد جایگزینی آرد گندم با آرد هسته انار و  $\beta_2$ : درصد صمغ زانتان) بر متغیرهای وابسته از روش سطح پاسخ با نرم‌افزار مینی تب نسخه 16 استفاده شد. آنالیز واریانس (ANOVA) برای تعیین معنی‌داری مدل‌ها و عبارات معادله مورد بررسی و فاکتورهای غیرمعنی‌دار مشخص شد. همچنین شاخص‌های عدم تناسب، ضریب تعیین ( $R^2$ )، ضریب تعیین تعدیل شده ( $R^2$ - adj) و شاخص دقت کفایت به منظور بررسی کفایت مدل ارزیابی شد (Nouri et al., 2017). یکی از کاربردهای اصلی روش سطح پاسخ، بهینه‌سازی متغیرها است. بهینه‌سازی متغیرها به گونه‌ای صورت می‌گیرد که با استفاده از مجموع پاسخ‌ها مهم‌تر طبق شرایط جدول 1، تیمار مناسبی با حداکثر مطلوبیت تعیین شود، بدین منظور بهینه‌سازی عددی به منظور دستیابی به سطوح بهینه متغیرهای مستقل انجام شد. جهت مطالعه اختلافات بین نمونه بهینه و شاهد از روش آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) و آزمون فیشر در سطح آماری 5% استفاده شد.

شده توسط بکینگ‌پودر در طول پخت کافی باشد. هنگامی که ثبات خمیر بالا باشد حباب‌های هوا به اندازه کافی نمی‌توانند در خمیر به دام بیفتند در حالی که در یک خمیر با ثبات کم به راحتی رها می‌شوند. بنابراین افزایش کمی در ثبات خمیر می‌تواند در حفظ گازها و افزایش حجم کیک کمک کند. در مقابل افزایش زیاد در قوام خمیر می‌تواند مانع گسترش و کاهش حجم و افزایش دانسیته شود. به نظر می‌رسد افزایش میزان جایگزینی موجب افزایش زیاد در ثبات خمیر و افزایش دانسیته شده است (Majzoubi et al., 2013). جایگزین کردن تفاله سیب به‌عنوان منبعی از فیبر و پلی فنول در کیک اسفنجی، موجب افزایش دانسیته و کاهش حجم شد (Sudha et al., 2006).

صمغ زانتان ( $P < 0/001$ ) معنی‌دار شدند. سایر ضرایب بر این ویژگی اثر معنی‌دار نداشتند. همان‌طوری که در شکل 1 (الف) ملاحظه می‌شود بیشترین میزان دانسیته مربوط به تیمار دارای 0/15 درصد صمغ و 50 درصد جایگزینی و کمترین میزان دانسیته مربوط به تیمار دارای 7/32 درصد جایگزینی و 0/04 درصد صمغ بود. میزان بالای جایگزینی موجب افزایش دانسیته شد. دانسیته و حجم کیک تحت تأثیر بسیاری از فاکتورها قرار دارد که از میان آنها ثبات خمیر (batter consistency) و حباب‌های هوای به دام افتاده در طول مخلوط کردن نقش مهمی را ایفا می‌کند. همچنین بایستی ثبات خمیر برای حفظ حباب‌های هوا در طول مخلوط کردن و دی‌اکسید کربن تولید

جدول 2- آنالیز واریانس ویژگی‌های کیفی کیک

منابع	حجم (cm <sup>3</sup> )	تقارن (cm)	افت وزنی (gr)	سفتی (N)	دانسیته (gr/cm <sup>3</sup> )
رگرسیون	34/26***	5/76*	7/18*	10/70**	35/63***
خطی	74/77***	11/020**	14/56**	8/93*	51/60***
1β	141/33***	21/86**	21/32**	17/86**	85/64***
2β	8/21*	0/53 ns	7/79*	0 <sup>ns</sup>	17/56**
درجه دوم	10/74**	2/38 ns	3/38*	7/60*	36/27***
11β	13/60**	1/14 ns	0/24 ns	3/45 ns	0/01 ns
22β	10/67*	3/05 ns	6/75*	9/95*	71/06***
برهمکنش	0/25 ns	1/64 ns	0 ns	20/43**	2/43 ns
12β	0/25 ns	1/64 ns	0 ns	20/43**	2/43 ns
عدم برازش	0/48 ns	1/33 ns	0/26 ns	0/38 ns	2/03 ns
CV	12/27	0/011	14/19	21/72	0/061
Press	33/929	0/005	1/010	0/019	0/007
R <sup>2</sup>	96/07	80/44	83/68	88/43	96/22
R <sup>2</sup> -adjust	93/27	66/48	72/02	80/16	93/52

\* معنی‌دار در سطح 0/05، \*\* معنی‌دار در سطح 0/01، \*\*\* معنی‌دار در سطح 0/001 و <sup>ns</sup> غیر معنی‌دار بودن را نشان می‌دهد.

رطوبت است. بررسی خصوصیات بافت کیک اسفنجی حاوی آرد کنجاله کنجد و آناناس نشان داد که با افزایش میزان آناناس در فرمولاسیون سفتی کیک‌ها به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. و در صورتی که میزان کنجاله کنجد حدود 24 درصد و میزان آناناس حدود 6 درصد باشد شاخص سفتی در کیک در بالاترین میزان بود. به نظر می‌رسد علت این امر وجود پروتئین بالا در کنجاله کنجد باشد که به موجب آن در داخل خمیر شبکه محکم‌تر و غیر قابل انتظار برای کیک ایجاد گردید و به موجب آن حجم کیک کاهش یافت. کاهش حجم خود نیز نشان‌دهنده فشردگی بافت محصول نهایی می‌باشد و باعث افزایش سفتی محصول نهایی می‌گردد. به عبارتی سفتی و استحکام در کیک با حجم آن رابطه عکس داشت (صادقی‌زاده دهکردی و همکاران، 1394). به نظر می‌رسد افزایش میزان فیبر در

### سفتی

آنالیز واریانس نتایج بررسی ویژگی سفتی در جدول 2 نشان داد که اثر خطی آرد هسته انار ( $P < 0/01$ ) و درجه دوم صمغ ( $P < 0/05$ ) همچنین اثر متقابل آرد هسته انار و صمغ زانتان ( $P < 0/01$ ) معنی‌دار شدند. سایر ضرایب برای این ویژگی معنی‌دار نشدند. بیشترین میزان سفتی مربوط به تیمار دارای 42/67 درصد آرد هسته انار و 0/25 درصد صمغ زانتان و کمترین میزان سفتی مربوط به تیمار دارای 7/32 درصد آرد هسته انار و 0/25 درصد صمغ زانتان و تیمار با 25 درصد آرد هسته انار و 0/30 درصد صمغ بود (شکل 1- ب). افزایش میزان آرد هسته انار موجب افزایش سفتی در نمونه‌ها و افزایش میزان صمغ موجب کاهش سفتی در نمونه‌ها شد که احتمالاً به دلیل وجود فیبر و پروتئین در آرد هسته انار و توانایی بالای زانتان در حفظ

توانسته‌اند حباب‌های هوا در جریان مخلوط کردن مکانیکی خمیر (کرم کردن) را در خود نگه دارند. این حباب‌ها می‌توانند به‌عنوان هسته‌های اولیه برای توزیع گاز حاصل از مواد شیمیایی پوک‌کننده عمل نموده و توزیع یکنواخت حباب‌های هوا منجر به بهبود تقارن کیک می‌گردد (پیغمبردوست و همکاران، 1394). در پژوهش انجام شده بر روی اثر آرد نارگیل ویرجین بر روی رئولوژی و میکروساختار خمیر و کیک مشخص شد که با افزایش میزان آرد نارگیل، تقارن کاهش می‌یابد. شاخص تقارن مقیاسی از سطح است در حالی که شاخص یکنواختی، مقیاسی از تقارن کیک است. تقارن تفاوت در ارتفاع بین نقطه مرکزی و نقطه جانبی را نشان می‌دهد. بنابراین تقارن بالا نشان می‌دهد که ارتفاع کیک در نقطه مرکزی خود افزایش می‌یابد در حالیکه تقارن منفی نشان می‌دهد که حجم کیک در پایان فرایند پخت کاهش می‌یابد. همچنین علت کاهش شاخص تقارن با سطح بالاتر از 20 درصد آرد نارگیل، حضور مقداری فیبر محبوس شده در هوا در طول مخلوط کردن بود (Srivastava and Semwal, 2015). اثر افزودن فیبر غلات بر کیفیت مافین و کیک نشان داد که افزایش میزان فیبر سبب کاهش در تقارن شد (Foschia et al., 2013).

#### حجم

مطابق جدول 2، بررسی تغییرات فاکتور حجم نشان داد که اثرات خطی آرد هسته انار ( $P < 0/001$ ) و صمغ زانتان ( $P < 0/05$ ) و اثرات درجه دوم آرد هسته انار ( $P < 0/01$ ) و صمغ زانتان ( $P < 0/05$ ) معنی‌دار شدند ولی سایر اثرات معنی‌دار نبودند. افزایش میزان صمغ منجر به افزایش حجم و افزایش میزان آرد هسته انار موجب کاهش حجم گردید. Sudha و همکاران (2006) نشان دادند که افزودن پودر تفاله سیب سبب کاهش حجم کیک و افزایش جذب آب شد. افزودن اکارا نیز باعث کاهش حجم و افزایش دانسیته کیک اسفنجی شد. علت این مشاهده تأثیر منفی اکارا بر انسجام شبکه گلوتهی خمیر است. به علاوه، به دلیل وجود فیبر بالای موجود در اکارا، آب سریع‌تر جذب آن شده و نشاسته آب کافی برای ژلاتیناسیون در اختیار ندارد. این دو عامل موجب کاهش حجم محصول تولیدی می‌شود (مرتضوی‌نژاد و همکاران، 1394).

#### محتوی فیبر

مطابق جدول 3، آنالیز واریانس اثر خطی آرد هسته انار ( $P < 0/001$ ) و درجه دوم آرد هسته انار ( $P < 0/01$ ) معنی‌دار شدند. ولی سایر اثرات معنی‌دار نشدند. آرد هسته انار مورد استفاده در این آزمایش دارای 18/95 درصد فیبر بود. بنابراین همان طوری که در شکل 1 (د) ملاحظه می‌شود با افزایش میزان آرد هسته انار میزان فیبر نمونه‌ها

نمونه‌ها موجب افزایش سفتی نمونه‌ها شده است. هنگامی که درصد فیبر افزایش می‌یابد سفتی نمونه‌ها افزایش می‌یابد که این به میزان هوای حفظ شده توسط خمیر مرتبط است (گومز و همکاران، 2010). بررسی اثر صمغ زانتان بر کیفیت و ماندگاری کیک شیفون نشان داد که کیک‌های تهیه شده با صمغ زانتان در زمان تولید و پس از نگهداری بافت نرم‌تری داشتند این امر احتمالاً به دلیل توانایی بالای صمغ زانتان در حفظ رطوبت است (امیرآبادی و همکاران، 1393). هیدروکلوئیدها در اثر حرارت تشکیل یک ژل برگشت‌پذیر می‌دهند که در دماهای بالاتر از 50 درجه سانتی‌گراد به صورت ژل بسیار مقاوم درمی‌آیند. این پدیده باعث پایدار کردن ساختار ژلاتینی مغز محصول در طی دماهای پخت شده ولی سفتی بافت مغز را بعد از پخت کاهش می‌دهد (Crockett et al, 2009).

#### افت وزنی

بررسی تغییرات فاکتور افت وزنی مطابق جدول 2 نشان داد که اثر خطی آرد هسته انار ( $P < 0/01$ ) و صمغ زانتان ( $P < 0/05$ ) و درجه دوم صمغ زانتان معنی‌دار شدند. افزایش میزان صمغ و درصد جایگزینی منجر به کاهش افت وزنی شد. دلیل آن وجود فیبر و پروتئین در نتیجه جذب و تثبیت آب و دشوار شدن تبخیر رطوبت با افزایش سطح جایگزینی آرد گندم با آرد هسته انار و توانایی بالای زانتان در حفظ رطوبت است. تأثیر کنسانتره آب پنیر و صمغ‌های گوار و زانتان بر خصوصیات کیفی و فیزیکوشیمیایی کیک روغنی نشان داد که افزایش سطوح هر یک از صمغ‌های گوار و زانتان باعث کاهش معنی‌دار افت وزنی نمونه‌ها شد. با توجه به قدرت جذب و قابلیت نگهداری آب بالای هر یک از صمغ‌ها، کاهش میزان از دست رفتن آب در طی فرایند پخت محصول می‌تواند دلیل کاهش افت وزنی با افزایش سطح هر یک از صمغ‌ها باشد (ایوبی و همکاران، 1387). همچنین کیک حاوی فیبر پودر انجیر هندی به علت افزایش ظرفیت جذب آب با افزایش محتوای فیبر، دارای افت وزنی کمتری در مقایسه با نمونه فاقد فیبر بود (Kim et al, 2012). پژوهشی دیگر که بر روی بهینه‌یابی ویژگی‌های کیک رژیمی غنی شده با پودر برگ استویا و صمغ کنیرا، مورد مطالعه قرار گرفته بود نشان داد که افزایش درصد صمغ منجر به کاهش نرخ افت وزنی شد (چهارطاق و همکاران، 1396).

#### تقارن

مطابق جدول 2، برای ویژگی تقارن اثر خطی آرد هسته انار ( $P < 0/01$ ) معنی‌دار شد. مقادیر بالای جایگزینی موجب نامتقارن شدن تیمارها شد در حالی که افزایش میزان صمغ تأثیر چندانی بر روی تقارن نداشت. کیک‌هایی که تقارن بالاتری دارند احتمالاً بهتر

(2006). ارزیابی کیفیت تغذیه‌ای و حسی کیک اسفنجی تهیه شده با آرد پالپ و پوست انبه نشان داد که افزودن آرد پالپ و پوست انبه منجر به افزایش قابل توجهی در میزان فیبر خام تیمارها شد (Noor & Aziah *et al.*, 2011).

نیز افزایش یافت. نتایج استفاده از تفاله سیب به عنوان منبع فیبر و پلی فنول بر روی ویژگی‌های رئولوژیکی کیک نشان داد که افزودن آرد تفاله سیب به کیک موجب افزایش محتوای فیبر نمونه‌ها شد. محتوای فیبر برای کیک حاوی تفاله سیب تا 14/2 درصد افزایش یافت در حالیکه برای نمونه شاهد 0/47 درصد بود (Sudha *et al.*, 2011).

جدول 3- آنالیز واریانس ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی کیک

منابع	پروتئین (%)	فیبر (%)	شاخص حجم (cm)	تخلخل
رگرسبون	5/70*	40/53***	9/59**	18/23**
خطی	13/21**	92/69***	22/33**	44/67***
1β	26/32**	185/35***	14/87**	57/94***
2β	0/10 <sup>ns</sup>	0/03 <sup>ns</sup>	29/80**	31/40**
درجه دوم	0/39 <sup>ns</sup>	8/42*	0/80 <sup>ns</sup>	0/56 <sup>ns</sup>
11β	0/79 <sup>ns</sup>	13/72**	0/48 <sup>ns</sup>	0/68 <sup>ns</sup>
22β	0/02 <sup>ns</sup>	1/61 <sup>ns</sup>	0/92 <sup>ns</sup>	0/30 <sup>ns</sup>
برهمکنش	1/30 <sup>ns</sup>	0/42 <sup>ns</sup>	1/69 <sup>ns</sup>	0/72 <sup>ns</sup>
12β	1/30 <sup>ns</sup>	0/42 <sup>ns</sup>	1/69 <sup>ns</sup>	0/72 <sup>ns</sup>
عدم برازش	0/27 <sup>ns</sup>	2/45 <sup>ns</sup>	3/26 <sup>ns</sup>	0/78 <sup>ns</sup>
CV	8/05	41/06	38/87	38/87
Press	3/67	18/331	5/396	107/960
R <sup>2</sup>	80/29	96/66	87/26	92/87
R <sup>2</sup> -adjust	66/21	94/28	78/17	87/78

\* معنی‌دار در سطح 0/05، \*\* معنی‌دار در سطح 0/01، \*\*\* معنی‌دار در سطح 0/001 و <sup>ns</sup> غیر معنی‌دار بودن را نشان می‌دهد.

### محتوی پروتئین

با توجه به جدول 3، افزودن آرد هسته انار، دارای اثر خطی مثبت و معنی‌داری بر مقدار پروتئین بود. به طوری که بالاترین میزان پروتئین مربوط به تیمار با بالاترین میزان جایگزینی بود (شکل 1، ه). از آنجایی که میزان پروتئین موجود در آرد هسته انار مورد استفاده در این آزمایش 16/59 درصد بود، حصول این نتایج پیش‌بینی می‌شد. سایر پژوهش‌ها نشان داده است که افزودن پودر چای سبز به فرمولاسیون، باعث افزایش میزان پروتئین نمونه‌ها شد (Lu *et al.*, 2010). همچنین افزودن آرد سویای بدون چربی به بیسکوئیت (Akubor & Ukwuru, 2003). میزان پروتئین تیمارها را به طور معنی‌داری افزایش داد.

مطابق جدول 3، آنالیز واریانس اثر خطی آرد هسته انار ( $P < 0/01$ ) و صمغ زانتان ( $P < 0/01$ ) بر مقدار شاخص حجم معنی‌دار شدند. سایر عوامل اثرات معنی‌دار نداشتند. همان طوری که در شکل 1 (و) ملاحظه می‌شود که افزایش میزان صمغ موجب افزایش شاخص حجم و افزایش میزان جایگزینی موجب کاهش شاخص حجم شد. افزایش حجم ناشی از میزان ویسکوزیته بالای خمیر نمونه‌های حاوی زانتان نسبت به نمونه شاهد که در مرحله پخت حباب‌های گاز

را نگه داشته و باعث افزایش شاخص حجم کیک گردیده است. Gomez و همکاران (2007) گزارش کردند که نمونه‌های حاوی زانتان شاخص حجم بالاتری و مقبولیت بیشتری نسبت به نمونه شاهد داشتند زیرا ویسکوزیته بالای خمیر است مانع از خروج بیشتر حباب‌های گاز در مرحله پخت می‌شود. بررسی نتایج حاصل از اثر زانتان و کنجاله بادام مشخص شد که نمونه‌های حاوی کنجاله بادام نسبت به نمونه شاهد تفاوت معنی‌داری ندارد، در حالی که نمونه‌های حاوی زانتان در سطح معنی‌دار باعث افزایش این مولفه نسبت به نمونه شاهد شد. افزایش حجم ناشی از میزان ویسکوزیته بالای خمیر نمونه‌های حاوی زانتان نسبت به نمونه شاهد که در مرحله پخت حباب‌های گاز را نگه داشته و باعث افزایش شاخص حجم کیک گردیده است (عوض صوفیان و همکاران، 1393).

### شاخص حجم

#### تخلخل

مطابق جدول 3 آنالیز واریانس اثرات خطی آرد هسته انار ( $P < 0/001$ ) و صمغ زانتان ( $P < 0/01$ ) بر مقدار تخلخل معنی‌دار شدند. بررسی شکل 1 (ح)، حاکی از آن است که افزایش میزان جایگزینی موجب کاهش تخلخل و همچنین افزایش میزان صمغ

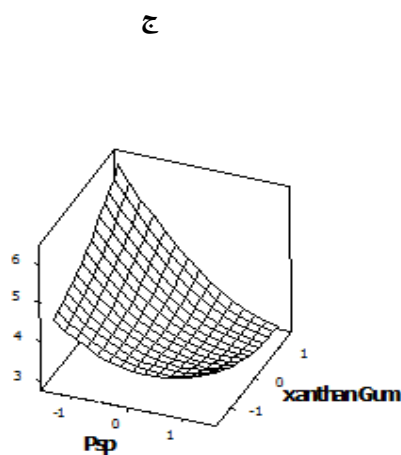
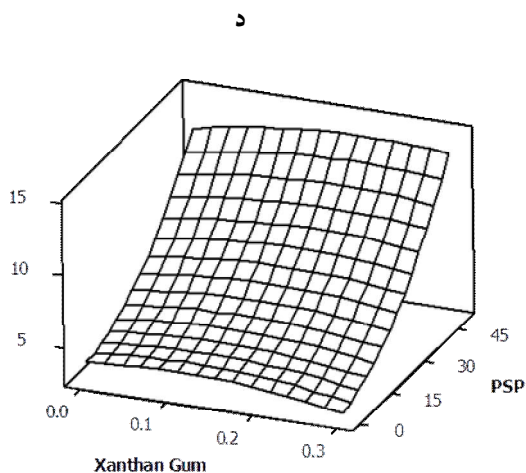
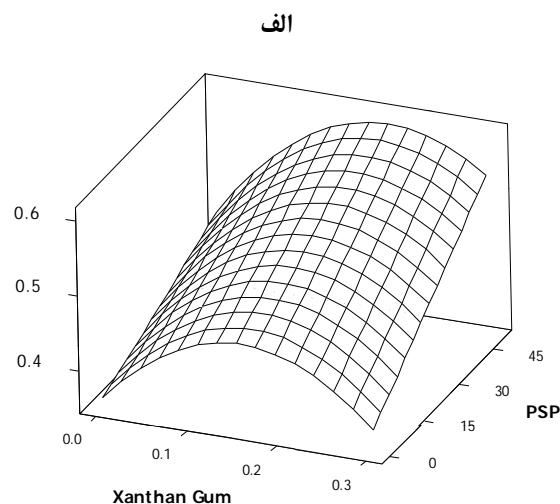
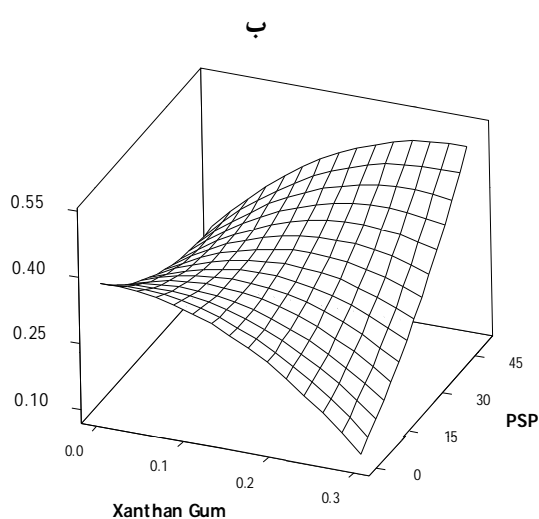


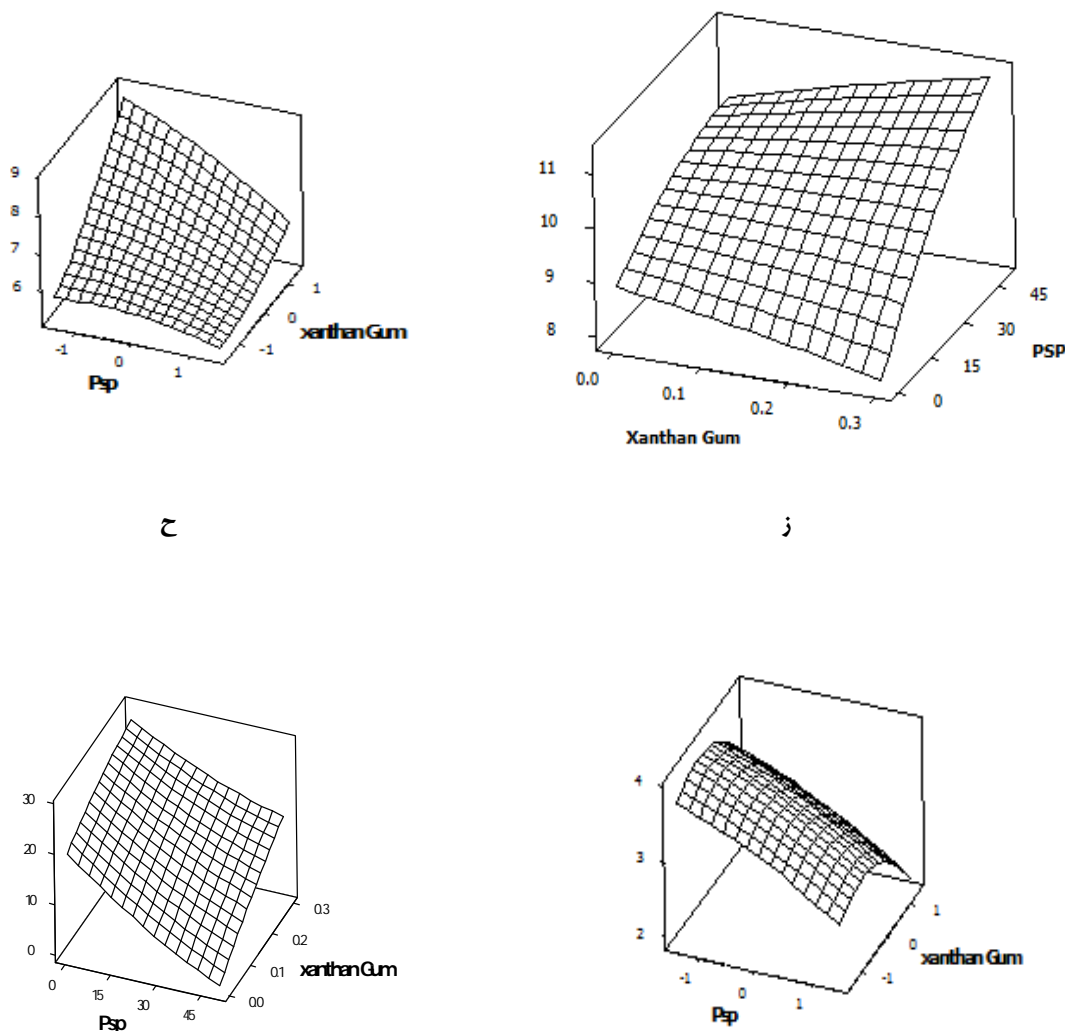
حاوی اکارا نشان داد افزایش میزان جایگزینی سبب کاهش تخلخل شد. گلوتن پروتئین منحصر به فرد گندم، مسبب اصلی حفظ و نگهداری گازهای ایجاد شده در خمیر است. به این ترتیب، تخلخل کیک تولید شده با اکارا به دلیل کاهش نسبی گلوتن در خمیر، روندی نسبتاً نزولی را نشان می‌دهد (مرتضوی‌نژاد و همکاران، 1394).

### رنگ‌سنجی

بررسی تغییرات شاخص‌های  $L^*$ ،  $a^*$  و  $b^*$  مغز و پوسته تیمارها در جدول 4 نشان می‌دهد که مدل‌های پیشنهادی در این پژوهش از  $R^2$  (adj) و  $R^2$  متناسب، بالا و معنی‌داری برخوردار است.

موجب افزایش تخلخل در نمونه‌ها شد. افزایش میزان تخلخل به دلیل کاهش اندازه و افزایش تعداد سلول‌های گازی در بافت محصول است (عوض‌صوفیان و همکاران، 1393). تأثیر صمغ‌های گوار و زانتان بر خواص کیفی کیک روغنی نشان داد که افزایش صمغ‌ها موجب افزایش تخلخل در نمونه‌ها به علت افزایش و توزیع مطلوب‌تر بخار آب و گاز در خمیرهای تهیه شده بود (سوهان‌آجینی و همکاران، 1396). اگرچه برای ایجاد تخلخل در بافت کیک می‌توان از گاز کربنیک، مواد شیمیایی مجازی که گاز کربنیک آزاد می‌کند و یا عمل هوا دادن در اثر گرم کردن روغن، شکر و تخم‌مرغ استفاده نمود اما حفظ حالت اسفنجی به عهده شبکه گلوتن است (Hojatoleslam and Azizi, 2015). نتایج حاصل از بررسی تخلخل کیک اسفنجی





شکل 1- نمودار سطح پاسخ (الف) دانسیته ( $\text{gr/cm}^3$ )، (ب) سفتی (N)، (ج) پذیرش کلی، (د) فیبر (%)، (ه) پروتئین (%)، (و) شاخص حجم (em)، (ز) افت پخت (gr)، (ح) تخلخل کیک‌های غنی شده.

ویژگی  $L^*$  پوسته بیشترین مقدار مربوط به تیمار مربوط به تیمار شاهد بود. نتایج نشان داد که افزایش میزان جایگزینی موجب کاهش روشنایی شد. افزایش میزان جایگزینی و صمغ موجب افزایش میزان قرمزی در پوسته کیک شد. برای ویژگی  $b^*$  پوسته کمترین میزان مربوط به تیمار با بیشترین میزان جایگزینی بود. با افزایش میزان صمغ تا حدی میزان  $b^*$  پوسته افزایش یافت. افزایش میزان جایگزینی موجب کاهش  $b^*$  پوسته شد. کاهش روشنایی و افزایش شاخص  $a^*$  ممکن است به دلیل میزان بالای آنتوسیانین‌ها از جمله دلفینیدین،

#### رنگ‌سنجی پوسته

با استفاده از جدول 4 آنالیز واریانس نتایج بررسی ویژگی رنگ‌سنجی پوسته نشان داد که برای ویژگی  $L^*$  پوسته اثر خطی ( $P < 0/01$ ) و درجه دوم ( $P < 0/05$ ) آرد هسته انار معنی‌دار شدند. برای  $a^*$  پوسته اثر خطی ( $P < 0/01$ ) و درجه دوم ( $P < 0/05$ ) آرد هسته انار و اثر درجه دوم صمغ ( $P < 0/05$ ) معنی‌دار شدند. و برای  $b^*$  پوسته اثر خطی ( $P < 0/001$ ) و درجه دوم ( $P < 0/01$ ) آرد هسته انار و نیز اثر خطی صمغ زانتان ( $P < 0/05$ ) معنی‌دار شدند. مطابق جدول 4 برای

جداگانه، موجب افزایش فاکتور  $a^*$  و کاهش میزان زردی در پوسته شد (صادقی‌زاده دهکردی و همکاران، 1396). در مطالعه‌ای دیگر استفاده از کنجاله بادام شیرین در تولید کیک بدون گلوتن، موجب کاهش معنی‌دار مولفه  $L^*$  نسبت به نمونه شاهد شد (عوض‌صوفیان و همکاران، 1393).

سیانیدین و پلازگونیدین در پودر هسته انار باشد (He et al., 2011). در تحقیقی که به بررسی خصوصیات تکنولوژیکی و تصویری کیک اسفنجی حاوی آرد کنجاله کنجد و آناناس انجام شد، مشخص شد که با افزایش میزان کنجاله کنجد و آناناس، میزان روشنایی در پوسته نمونه‌ها کاهش یافت. همچنین افزایش کنجاله کنجد و آناناس به‌طور

جدول 4- آنالیز واریانس رنگ‌سنجی توسط تکنیک پردازش تصویر

منابع	پوسته کیک			مغز کیک		
	$b^*$	$a^*$	$L^*$	$b^*$	$a^*$	$L^*$
رگرسیون	86/46***	6/42*	4/66*	17/10**	6/96*	60/95***
خطی	203/81***	7/40*	6/29*	38/79***	14/65**	137/38***
$\beta_1$	401/68***	14/09**	12/53**	76/72***	28/70**	274/77***
$\beta_2$	5/93*	0/71 <sup>ns</sup>	0/06 <sup>ns</sup>	0/86 <sup>ns</sup>	0/61 <sup>ns</sup>	0 <sup>ns</sup>
درجه دوم	12/25**	8/51*	5/35*	3/32*	1/97 <sup>ns</sup>	14/25**
$\beta_{11}$	24/45**	9/24*	9/76*	3/73*	1/78 <sup>ns</sup>	12/26*
$\beta_{22}$	0/19 <sup>ns</sup>	5/61*		2/08 <sup>ns</sup>	2/67 <sup>ns</sup>	12/53**
برهم‌کنش	0/18 <sup>ns</sup>	0/27 <sup>ns</sup>	0/01 <sup>ns</sup>	1/26 <sup>ns</sup>	1/54 <sup>ns</sup>	1/48 <sup>ns</sup>
$\beta_{12}$	0/18 <sup>ns</sup>	0/27 <sup>ns</sup>	0/01 <sup>ns</sup>	1/26 <sup>ns</sup>	1/54 <sup>ns</sup>	1/48 <sup>ns</sup>
عدم برازش	0/98 <sup>ns</sup>	2/64 <sup>ns</sup>	1/90 <sup>ns</sup>	3/81 <sup>ns</sup>	0/79 <sup>ns</sup>	0/68 <sup>ns</sup>
CV	10/43	54/68	11/80	13/23	51/38	55/25
press	8/208	132/275	377/736	67/896	113/350	16/121
$R^2$	98/41	82/09	76/89	92/43	83/25	97/75
$R^2$ -adjust	97/27	69/30	60/38	87/02	71/28	96/15

\* معنی‌دار در سطح 0/05، \*\* معنی‌دار در سطح 0/01، \*\*\* معنی‌دار در سطح 0/001 و <sup>ns</sup> غیر معنی‌دار بودن را نشان می‌دهد.

### رنگ‌سنجی مغز

نتایج حاصل از آنالیز واریانس جدول 4 نشان داد که برای ویژگی  $L^*$  اثر خطی ( $P<0/001$ ) و درجه دوم آرد هسته انار ( $P<0/05$ ) و اثر درجه دوم صمغ زانتان ( $P<0/01$ )، برای ویژگی  $a^*$  اثر خطی آرد هسته انار ( $P<0/01$ ) و برای ویژگی  $b^*$  مغز اثر خطی ( $P<0/001$ ) و درجه دوم آرد هسته انار ( $P<0/05$ ) معنی‌دار شدند. با افزایش میزان جایگزینی و صمغ از میزان روشنایی نمونه‌ها کاسته شد. بیشترین مقدار  $a^*$  مربوط به تیمار با بیشترین میزان جایگزینی (50 درصد) و کمترین مقدار مربوط به تیمار شاهد بود. افزایش جایگزینی موجب افزایش میزان قرمزی در نمونه‌ها شد. با افزایش میزان جایگزینی از زردی نمونه‌ها کاسته شد. در پژوهشی دیگر تاثیر پودر اکارا بر مولفه‌های رنگی مغز کیک اسفنجی مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که افزایش اکارا موجب افزایش فاکتور  $a^*$  شد. همچنین یافته‌ها در مورد مولفه  $L^*$  با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. این ویژگی به پروتیین زیاد موجود در اکارا و شرکت آن در واکنش میلارد مربوط می‌شود (مرتضوی‌نژاد و همکاران، 1394). بررسی اثر پودر سیب بر

مولفه‌های رنگی مغز کیک اسفنجی نشان داد که با افزایش درصد پودر سیب میزان روشنایی به‌طور معنی‌داری کاهش یافته و نمونه‌ها تیره‌تر شدند. شاخص  $a^*$  با افزودن پودر سیب افزایش یافته که نشان‌دهنده افزایش رنگ قرمز در تیمارها شد و نمونه‌ها قرمزتر شدند (صالحی و همکاران، 1395). جایگزینی پودر قارچ صدفی (*Pleurotuseryngii*) با آرد در کیک اسفنجی، باعث کاهش زردی و روشنایی پوسته کیک شد در حالی که قرمزی افزایش یافت (Jeong & shim, 2004).

### ویژگی‌های حسی کیک

بررسی تغییرات ویژگی‌های حسی نشان می‌دهد که مدل‌های پیشنهادی برای این فاکتورها از  $R^2$  (adj) و  $R^2$  متناسب، بالا و معنی‌داری برخوردار است. همچنین آزمون عدم برازش آنها بی‌معنی است که نشان‌دهنده کارایی مدل ارائه شده در پیش بینی پارامترهای مورد ارزیابی است. مطابق جدول 5، برای ویژگی بافت اثر خطی صمغ زانتان منفی و در سطح ( $P<0/05$ ) معنی‌دار شد. اثر درجه دوم صمغ

جدول 5 نشان داد که اثر خطی آرد هسته انار در سطح ( $P < 0/01$ ) معنی‌دار شد. افزایش میزان جایگزینی موجب کاهش قابلیت جویدن در نمونه‌ها شد. با نگاه به این جدول، مشخص می‌شود که برای ویژگی پذیرش کلی اثر خطی آرد هسته انار در سطح ( $P < 0/01$ ) معنی‌دار شد. به طوری که همان طوری که در شکل 1 (ج) ملاحظه می‌شود با افزایش جایگزینی از امتیاز پذیرش کلی نمونه‌ها کاسته شد که با نتایج صالحی و همکاران (صالحی و همکاران، 1395) مطابقت داشت. در پژوهشی استفاده از پودر کدوتنبل در تولید کیک و بررسی خصوصیات فیزیکیوشیمیایی آن نشان داد که نمونه‌های حاوی پودر کدوتنبل نسبت به نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری ( $p < 0/05$ ) داشت و امتیاز بیشتری نسبت به نمونه شاهد به دست آوردند. در کلیه فاکتورهای حسی افزایش میزان کدوتنبل از سطح 3 درصد بیشتر، موجب کاهش امتیاز شد (ملکی اسکی و همکاران، 1395).

زانتان نیز مثبت و معنی‌دار ( $P < 0/05$ ) شد. افزایش درصد صمغ موجب کاهش امتیاز مربوط به بافت نمونه‌ها شد. مطابق جدول 5 برای ویژگی سفتی اثر خطی صمغ زانتان در سطح ( $P < 0/05$ ) و اثر درجه دوم آرد هسته انار در سطح ( $P < 0/01$ ) و درجه دوم صمغ زانتان در سطح ( $P < 0/05$ ) معنی‌دار شد. همچنین اثر متقابل آن‌ها در سطح ( $P < 0/05$ ) معنی‌دار شد. افزایش جایگزینی موجب افزایش فاکتور سفتی و افزایش میزان صمغ موجب کاهش سفتی در نمونه‌ها شد که با نتایج Tzia و Lebesi (2011) مطابقت داشت. برای ویژگی عطر و طعم، اثر خطی آرد هسته انار در سطح ( $P < 0/01$ ) معنی‌دار شد. به طوری که کمترین میزان مقبولیت مربوط به تیمار با میزان بالای جایگزینی، به علت طعم ترش در نمونه‌ها بود. ولی در درصدهای پایین‌تر جایگزینی، طعم ترش قابل ملاحظه نبود و تأثیر چندانی بر طعم نداشت. نتایج آنالیز واریانس برای ویژگی قابلیت جویدن مطابق

جدول 5- آنالیز واریانس ویژگی‌های حسی کیک

منابع	پذیرش کلی	قابلیت جویدن	عطر و طعم	سفتی	بافت
رگرسیون	5/06*	5/93*	5/06*	7/69**	4/83*
خطی	9/75**	12/22**	11/17**	4/21*	7/15*
$1\beta$	18/53**	23/60**	22/29**	0/04 ns	3/37 ns
$\beta_2$	0/96 ns	0/84 ns	0/05 ns	8/37*	10/92*
درجه دوم	1/73 ns	1/99 ns	0/52 ns	10/31**	3/73*
$11\beta$	3/29 ns	2/95 ns	0/59 ns	12/63**	0/60 ns
$2\beta_2$	0/43 ns	1/51 ns	0/33 ns	5/47*	7/27*
برهم‌کنش	2/37 ns	1/23 ns	1/91 ns	9/43*	2/38 ns
$12\beta$	2/37 ns	1/23 ns	1/91 ns	9/43*	2/38 ns
عدم برازش	2/95 ns	0/44 ns	1/82 ns	0/11 ns	2/09 ns
CV	19/58	12/98	12/94	9/22	12/54
press	7/790	1/504	2/458	0/442	2/946
$R^2$	78/34	80/89	78/32	84/60	77/51
$R^2$ -adjust	62/88	67/24	62/84	73/60	61/45

\* معنی‌دار در سطح 0/05، \*\* معنی‌دار در سطح 0/01، \*\*\* معنی‌دار در سطح 0/001 و ns غیرمعنی‌دار بودن را نشان می‌دهد.

### بهینه‌یابی

پس از تجزیه و تحلیل داده‌ها، بهینه‌سازی عددی به منظور دستیابی به سطوح بهینه متغیرهای مستقل انجام شد. به طوری که اثبات شد فرمول بهینه از جایگزینی 23/23 درصد آرد هسته انار و 0/2 درصد صمغ به دست می‌آید. برای بررسی صحت مدل فرمول بهینه تهیه و ویژگی‌های آن تعیین شد. بررسی یافته‌های جدول 6، نشان می‌دهد که مدل به دست آمده از کارایی بالایی برخوردار است.

### ویژگی‌های ماندگاری

#### پراکسید

نمودار مربوط به تأثیر آرد هسته انار و صمغ بر میزان عدد پراکسید نمونه بهینه و شاهد در طی 14 روز نگهداری در دمای اتاق در شکل 1 آورده شده است. عدد پراکسید یکی از مهمترین پارامترها برای ارزیابی درجه فساد لیپیدهاست. روغن‌های تازه تصفیه شده باید عدد پراکسید صفر داشته باشند اما عدد پراکسید برای پایداری نگهداری قابل قبول باید کمتر از 5 میلی‌مول بر کیلوگرم نمونه باشد (Nasir et al., 2009). همه تیمارها در روز 7 و 14 نگهداری از لحاظ عدد پراکسید با روز اول اختلاف معنی‌داری ( $P < 0/05$ ) داشتند. بیشترین افزایش در عدد پراکسید مربوط به نمونه شاهد بود اما عدد

ترکیبات فنولیک هسته انار بین 0/2 تا 1/02 درصد متغیر است (صمدلوئی و همکاران، 1386).

پراکسید نمونه بهینه نسبت به نمونه شاهد افزایش کمتری را نشان داد. که این نشان دهنده وجود ترکیبات فنولیک در هسته انار می باشد که در نمونه بهینه خاصیت آنتی اکسیدانی نشان می دهد. میزان

جدول 6- ویژگی های نمونه بهینه

ویژگی	مقدار پیش بینی شده	مقدار به دست آمده
تقارن (cm)	0/018	0/022
حجم (cm <sup>3</sup> )	42/501	41/525
دانسیته (gr/cm <sup>3</sup> )	0/513	0/536
افت وزنی (cm)	3/145	3/825
شاخص حجم (cm)	7/111	8/146
فیبر (%)	6/361	6/361
پروتئین (%)	9/840	9/840
تخلخل	18/314	17/456
پوسته L*	53/437	52/59
پوسته a*	6/070	10/25
پوسته b*	22/034	23/25
مغز L*	57/057	56/25
مغز a*	7/612	8/46
مغز b*	26/021	27/37
سفتی (N)	0/305	0/401
بافت	3/421	4
سفتی	3/505	3/5
عطر و طعم	3/475	4/5
قابلیت جویدن	3/620	4
پذیرش کلی	3/812	4

#### سفتی

جدول 7 نشان می دهد که تیمار شاهد نسبت به نمونه بهینه بیشترین افزایش سفتی را در طی 14 روز نگهداری نشان داد. که مشخص می شود افزایش میزان جایگزینی و صمغ زانتان در فرمولاسیون کیک سبب به تاخیر انداختن سفت شدن بافت محصول نهایی در طی 14 روز نگهداری می شود. دلیل آن حفظ و نگهداری رطوبت به دلیل مقادیر بالای فیبر می باشد که آب را در خود نگه داشته و به مرور آزاد می کند که همین رهاپیش رطوبت باعث کاهش سفتی کیک در طول زمان می شود. به همین دلیل بین سفتی کیک و درصد رطوبت آن رابطه معکوس وجود دارد. در بررسی تأثیر کتیرا بر کیک اسفنجی مشخص شد که در طی انبارداری با افزایش میزان کتیرا تا 0/4 درصد، بافت کیک نسبت به نمونه شاهد به طور معنی -داری نرم تر شد (حاج محمدی و همکاران، 1393).

#### رطوبت

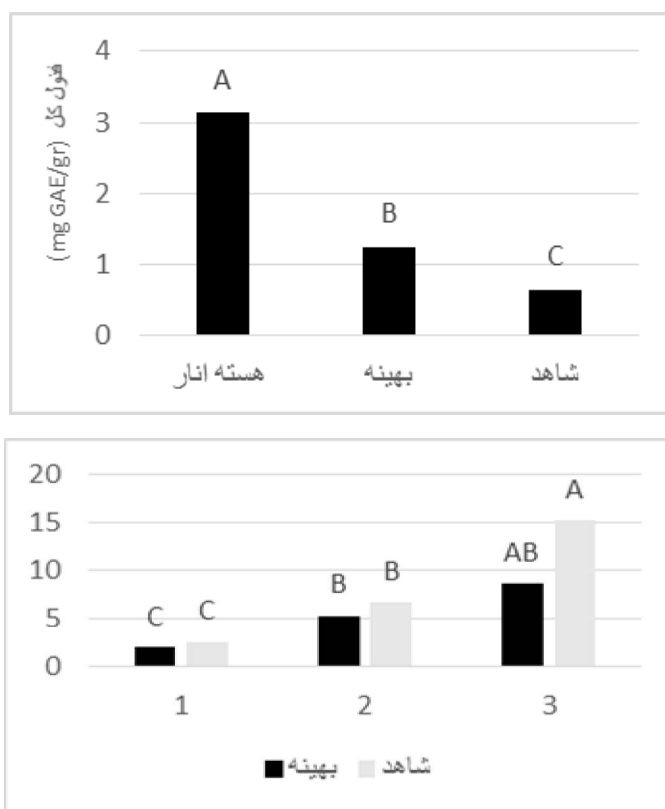
مطابق جدول 7 تیمارها در روز 14 نسبت به روز اول از لحاظ رطوبت کاهش معنی داری داشتند ( $P < 0/05$ ). رطوبت تیمار بهینه در روز هفتم اختلاف معنی داری با روز اول نداشتند. تیمار بهینه نسبت به تیمار شاهد کمترین کاهش رطوبت را در طی 14 روز نگهداری نشان داد. که نشان دهنده ارتباط بین میزان صمغ و پودر هسته انار با محتوی رطوبت نمونه هاست. به عبارت دیگر هیدروکلئید و فیبر موجود در پودر هسته انار توانسته اند با پیوند هیدروژنی و یا گیر انداختن فیزیکی از خروج رطوبت جلوگیری کنند.

#### فنول کل

نمودار محتوای فنول کل برای نمونه شاهد و بهینه و پودر هسته انار در شکل 2 نشان داده شده است. دانه انار حاوی میزان فنول کل بالاتری از آب انار است. ترکیبات فنولیک در گیاهان به صورت محلول (استرهای آزاد و محلول و گلیکوزیدها) و شکل های نامحلول وجود

کربوکسیلیک اسید، هیدروکسی بنزوئیک اسید، مشتقات کافئیک اسید، فرولیک اسید، کاتچین، و الازیک اسید برای اولین بار در دانه انار شناخته شد (Ambigaipalan *et al.*, 2017). بررسی‌ها نشان داده است که عصاره آبی هسته انار برابر 0/3 w/w درصد و عصاره متانولی برابر 2/6 w/w بود (Singh *et al.*, 2002). همچنین He و همکاران (2011) گزارش کردند که محتوای فنول کل استخراج شده با استون 70 درصد در هسته انار معادل 2427/90 میلی‌گرم کاتچین اکی‌والان در 100 گرم وزن خشک بود

دارد. فنولیک اسیدها قادر به تشکیل استر و ارتباط از طریق گروه‌های کربوکسیلیک و هیدروکسیل هستند. این پیوندها اجازه اتصال عرضی فنولیک اسید با مولکول‌های دیواره سلولی را می‌دهند که به‌عنوان ترکیبات فنولیک نامحلول شناخته می‌شوند. ترکیبات فنولیک نامحلول می‌توانند توسط قلیا، اسید و آنزیم قبل از فرایند کردن نمونه‌ها آزاد شوند. فنولیک اسیدها به‌عنوان هیدروکسی بنزوئیک اسیدها، هیدروکسی سینامیک اسیدها و سایر مشتقات آن‌ها نیز شناخته می‌شوند. به‌طور کلی پروتوکاتچوئیک اسید، وانیلیک اسید، گالیک اسید،



شکل 2- مقایسه عصاره آبی و عصاره متانولی و محتوای فنول کل نمونه بهینه، شاهد و پودر هسته انار

جدول 7- مقایسه میانگین نتایج آزمون سفتی و رطوبت در طی 14 روز نگهداری

تیمار	سفتی			رطوبت		
	روز 1	روز 7	روز 14	روز 1	روز 7	روز 14
بهینه	0/40 ± 0/00 <sup>aC</sup>	0/76 ± 0/11 <sup>bB</sup>	1/31 ± 0/10 <sup>bA</sup>	16/96 ± 0/64 <sup>aA</sup>	15/96 ± 1/03 <sup>aA</sup>	12/48 ± 0/07 <sup>Ab</sup>
شاهد	0/45 ± 0/11 <sup>aC</sup>	1/19 ± 0/16 <sup>aB</sup>	2/39 ± 0/21 <sup>aA</sup>	14/40 ± 0/84 <sup>bA</sup>	12/7 ± 0/22 <sup>bB</sup>	9/60 ± 0/20 <sup>bC</sup>

در هر ردیف و ستون به ترتیب حروف بزرگ و کوچک غیر مشترک بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 0/05 می‌باشد.

شاخص حجم و کاهش دانسیته، سفتی بافت و افت وزنی نمونه‌ها شد. افزایش میزان صمغ در طی دوره نگهداری موجب افزایش سفتی در نمونه‌ها گردید در حالیکه افزایش میزان جایگزینی تغییر معناداری از لحاظ سفتی در تیمارها در طی مدت زمان 7 و 14 روز نگهداری در تیمارها ایجاد نکرد. مقدار عدد پراکسید و سفتی بافت برای نمونه بهینه در طی 14 روز نگهداری نسبت به نمونه شاهد افزایش کمتری نشان داد. مقدار بهینه پیشنهادی نرم افزار شامل 0/2 درصد صمغ و 23/23 درصد آرد هسته انار بود

## نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این پژوهش جایگزینی آرد گندم با آرد هسته انار در کنار استفاده از صمغ زانتان بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و حسی کیک اسفنجی تاثیرگذار بوده است. به طوری که افزایش جایگزینی موجب افزایش دانسیته، سفتی بافت، و شاخص  $a^*$  پوسته و مغز، محتوای فیبر و پروتیین و مقدار فنول نمونه بهینه نسبت به نمونه شاهد و کاهش افت وزنی، تقارن، حجم، تخلخل، شاخص حجم، شاخص‌های  $L^*$  و  $b^*$ ، قابلیت جویدن، پذیرش کلی و عطر و طعم در نمونه‌ها گردید. افزایش درصد صمغ موجب افزایش حجم، تخلخل،

## منابع

- AACC, 1999. Approved method of the American Association of cereal chemists. 9th ed. Methods,. St. Paul, MN, USA.
- AACC.2000. Approved methods of the American of Cereal Chemists, 10th Ed., Vol. 2. *American Association of Cereal Chemists*, St. Paul, MN.
- Akubor, P. and Ukwuru, M. (2003). Functional properties and biscuit making potential of soybean and cassava flour blends. *Plant Foods for Human Nutrition*. 58:1-12.
- Ambigaipalan, P., de Camargo, A. and Shahidi, F. (2017). Identification of phenolic antioxidants and bioactives of pomegranate seeds following juice extraction using HPLC-DAD-ESI-MS n. *Food Chemistry* 221: 1883-1894.
- Amirabadi, S., Kuchaki, A. and Mohebi, M. 2014. Effect of xanthan and Ghodumeh Gum on the quality and durability of Shifan Cake. *Iranian Journal of Food Science and Technology*. 10, 386-375. (in persian)
- Amiri Kajuri, S., Heshmatipour, Z. Ghorbanali Nejad, A. 2014. Isolation, identification and evaluation of Xanthan gum production by *Xanthomonas* spp., Isolated from lemon tree leaves. *Journal of the World of Germs*. 4, 328-321. (in persian)
- AOCS cd-8-53, 1989. Peroxide value (acetic acid-chloroform) Official method Cd: 8-53 AOCS, Champaign, I110.
- Aqa Mohammadi, B., Ghiasi Tarzi, B., Honarvar, M., and Delkhosh, B. 2012. Effect of using molasses as a substitute for sugar on the physicochemical and sensory properties of cake. *Journal of Food Science and Technology*. 4, 45-36. (in persian)
- Avaz-Sufiyan, A., Aalami, M., Sadeghi Mahonak, A., Ghorbani, M. and Ziaiefar, A. 2014. Using Sweet Almond Meal and Xanthan Gum in the Production of Gluten-Free Cakes. *Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology*. 3, 196- 185. (in persian)
- Ayoubi, A., Habibi Najafi, M. and Karimi, M. 2008. Effect of adding protein concentrate of whey and guar and xanathan gum on the qualitative properties of physicochemical cake. *Journal of Iranian Science and Technology Researches*. 61, 43-33. (in persian)
- Bagheri, H., Mohebi, M. and Kuchaki, A. 2014. Investigating the possibility of producing gluten-free bread using sorghum flour and admixture of Qadummeh and xanthan Gums. *Food Science and Nutrition*. 2, 86-75. (in persian)
- Barcenas, M. and Rosell, C. (2005). Effect of HPMC addition on the microstructure, quality and aging of wheat bread. *Food hydrocolloids* 19: 1037-1043.
- Dadashi, S., Musa Zadeh, M., Mousavi, S. And Yavari, Ali. 2011. Evaluation of chemical composition of kernel and antioxidant properties of some Iranian pomegranate cultivars. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*. 29: 515-502. (in persian)
- El-Nemr, S., Ismail, I., and Ragab, M. (1990). Chemical composition of juice and seeds of pomegranate fruit. *Molecular Nutrition and Food Research* 34:601-606.
- Fahloul, D., Abdedaim, M., Trystram, G. (2010). Heat, mass transfer and physical properties of biscuits enriched with date powder. *Journal of Applied Sciences Research*, (November) 6:1680-1686.
- Food and Agriculture Organization (FAO), Statistical Database 2012. Available online at: <http://faostat.fao.org/site/573/DesktopDefault.aspx?PageID=573#ancor>.
- Foschia, M., Peressini, D., Sensidoni, A. and Brennan, C. (2013). The effects of dietary fibre addition on the quality of common cereal products. *Journal of Cereal Science*. 58: 216-227.
- Gomez, M., Ronda, F., Caballero, P., Blanco, C., and Rosell, C. (2007). Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. *Food Hydrocolloids*. 21: 167-173.
- Gómez, M., Moraleja, A., Oliete, B., Ruiz, E., and Caballero, P. A. (2010). Effect of fibre size on the quality of fibre-enriched layer cakes. *LWT-Food Science and Technology*. 43 (1): 33-38.

- Gularte, M., de la Hera, E., Gómez, M. and Rosell, C. (2012). Effect of different fibers on batter and gluten-free layer cake properties. *LWT-Food science and technology*. 48:209-214.
- Haj Mohammadi, A., Keramat, J., Hojatoleslami, M. and Molavi, H. 2014. Effect of tragacanth gum on quality properties of sponge cake. *Quarterly Journal of Food Science and Technology*. 42, 8-1. (in persian)
- Hamzeh Louie, M., Mirzaie, H. and Ghorbani, M. 2009. Investigating the effect of replacing sugar stevias sweeteners on the Biscuit fat peroxide index. *Journal of Agricultural Science and Natural Resources*. 16, 5-1. (in persian)
- He, L., Xu, H., Liu, X., He, W., Yuan, F., Hou, Z. and Gao, Y. (2011). Identification of phenolic compounds from pomegranate (*Punica granatum* L.) seed residues and investigation into their antioxidant capacities by HPLC-ABTS+ assay. *Food Research International*. 44:1161-1167.
- Hemmatian Soraki, A., Mahdavian Mehr, H., Pour Farzad, A. And Sedaghat, N. 2013. Optimization of Alkaline Extraction Conditions for Dietary Fiber of Brown Skin and Its Influence on Quality and Shelf Life Properties of Barberry Bread. *Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology*. 1: 22-11. (in persian)
- Hernandez, F., Melgarejo, P., Olias, J. M., and Artes, F. (2000). Fatty acid composition and total lipid content of seed oil from three commercial pomegranate cultivars. *CIHEAM-Options Mediterraneennes*. 33 (2): 205-209.
- Hojjatoleslami, M. and Azizi, M. (2015). Impact of Tragacanth and Xanthan Gums on the Physical and Textural Characteristics of Gluten-free Cake. *Nutrition and Food Sciences Research*. 2: 29-37.
- Jeong, C. H., & Shim, K. H. (2004). Quality characteristics of sponge cakes with addition of *Pleurotus eryngii* mushroom powders. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*.
- Kharttaqh, F., Nasehi, B. and Barzegar, H. 2017. Optimization of Dietary Cake Characteristics Enriched with Stewia Leaf Powder. *Journal of Food Science and Technology*. 69, 41-31. (in persian)
- Khoddami, A., Man, Y. and Roberts, T. (2014). Physico-chemical properties and fatty acid profile of seed oils from pomegranate (*Punica granatum* L.) extracted by cold pressing. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 116: 553-562.
- Kim, J., Lee, H., Lee, H., Lim, E., Imm, J. and Suh, H. (2012). Physical and sensory characteristics of fibre-enriched sponge cakes made with *Opuntia humifusa*. *LWT-Food Science and Technology*. 47: 478-484.
- Lebesi, D. and Tzia, C. (2011). Effect of the addition of different dietary fiber and edible cereal bran sources on the baking and sensory characteristics of cupcakes. *Food and Bioprocess Technology*. 4: 710-722.
- Lu, T., Lee, C., Mau, J. and Lin, S. D. (2010). Quality and antioxidant property of green tea sponge cake. *Food Chemistry*. 119:1090-1095.
- Majzooobi, M., Sharifi, S., Imani, B. and Farahnaky, A. (2013). The effect of particle size and level of rice bran on the batter and sponge cake properties. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 15: 1175-1184.
- Maleki eski, k., Mirzaei, H. and fadavi, A. (2016). Using of Pumpkin powder in cake producing and evaluation some physicochemical and microbial properties of cake containing Pumpkin powder. *Journal of food science and technology*. 13, 183-193. (in persian)
- Mortazavi Nezhad, S., Abbasi, H. and Jahadi, M. 2015. Optimization of the compositions of the sponge cake containing ocar. *Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology*. 5, 14-1.
- Nasir, M., Butt, M., Anjum, F., Jamil, A. and Ahmad, J. (2009). Physical and sensory properties of maize germ oil fortified cakes. *Int. J. Agric. Biol*. 11: 311-315.
- Noor Aziah, A., Lee Min, W. and Bhat, R. (2011). Nutritional and sensory quality evaluation of sponge cake prepared by incorporation of high dietary fiber containing mango (*Mangifera indica* var. Chokanan) pulp and peel flours. *International journal of food sciences and nutrition*. 62:559-567.
- Nouri, M., Nasehi, B., Samavati, V. and Mehdizadeh, S. (2017). Optimizing the effects of Persian gum and carrot pomace powder for development of low-fat donut with high fibre content. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*. 3:39-45.
- Peyghambardoost, H., Homayouni Rad, A., Bikzadeh, S., Asghari Jafarabadi, M. and Bikzadeh, M. 2015. Effect of Basil Seed Mucilage on Physical, Sensory, and Spatial Cake Staling Characteristics. *Iranian Institute of Biochemistry*. 1, 9-1. (in persian)
- Sadeghizadeh Dehkordi, A., Najafabadi, M. and Abbasi, H. 2017. Study of technological and visual characteristics of sponge cake containing sesame and pineapple flour and determining the optimal level of these two nutrients. *Science and Food Industry*. 69, 268-255. (in persian)
- Salehi, F., Kashani Nejad, M., Sadeghi Mahonak, A. and Ziaei Far, A. 2015. Enrichment of sponge cake with powdered mushroom button Dried in the infrared-hot air system. *Journal of Food Technology*. 9, 9-1. (in persian)
- Samadlouei, H., Azizi, M. And Barzegar, M. 2007. Antioxidant effect of phenolic compounds of pomegranate seed on soybean oil. *Journal of Agricultural Science and Natural Resources*. 14: 7-1. (in persian)



- Shahidi, F., Varidi, M., Mohebbi, M., Noshad, M. And Khalilyan Movahed, M. 2014. Optimization of Pomegranate Spray Drying Conditions Using Response Surface Methodology. *Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology*. 3: 142-129. (in persian)
- Singh, R., Chidambara Murthy, K. and Jayaprakasha, G. (2002). Studies on the antioxidant activity of pomegranate (*Punica granatum*) peel and seed extracts using in vitro models. *Journal of agricultural and food chemistry*. 50: 81-86.
- Sooahanaghini, A., Movahed, S. and Ahmadi Chenarben, H. 2017. Effect of Guar & Xanthan Gums as an alternative to fat part on the Quality Properties of Oil Cake. *Science and Food Industry*. 69, 306-295 (in persian).
- Srivastava, Y. and Semwal, A. (2015). Effect of virgin coconut meal (VCM) on the rheological, micro-structure and baking properties of cake and batter. *Journal of food science and technology*, 52: 8122-8130.
- Sudha, M., Baskaran, V. and Leelavathi, K. (2007). Apple pomace as a source of dietary fiber and polyphenols and its effect on the rheological characteristics and cake making. *Food chemistry*. 104: 686-692.

## Effect of flour replacement with pomegranate seed powder on the properties of Sponge Cake

F. Eivani<sup>1</sup>, B. Nasehi<sup>2\*</sup>, M. Noshad<sup>3</sup>, H. Barzegar<sup>4</sup>

Received: 2019.06.23

Accepted: 2019.09.21

**Introduction:** Increasing the demand for purchase and use of high quality products with good health benefits has led to a lot of efforts to increase and maintain the quality of different products. Sponge cake is one of the cereal products that the stale and lack of dietary fiber in cake flour is one of the major problems in this product. Cake is one of the flour mills and is intermediate in terms of calorie content of bread and biscuits. This high-consumption product has many fans among children and adolescents. Given the fact that this group of people is in the age of growth and healthy and nutritious nutrition will play a significant role in their health, the enrichment of all kinds of cakes is among the most important issues. Since the predominant promise is low-value and even unattractive and with high calories, it only causes obesity and cardiovascular disease. Recently, the use of fruit and vegetable waste has become widespread to reduce environmental pollution. Considering that these lesions are important sources of polyphenols. Industrial and agricultural residues are sources of natural antioxidants and food fibers. The functional properties of some skin components, such as pectin, flavonoids, carotenoids, lemonies, and poly-methoxyflavones, should be taken into account. Nowadays, cake producers have a major problem with lipid oxidation, which limits the shelf life of their products. Bakery products such as cakes, especially those with high fat content, tend to become corrosive after prolonged storage due to unsaturated fatty acids. Special attention has been paid to the use of natural antioxidants to minimize the use of synthetic additives. In recent years, the growing trend of bakeries with nutritional value such as rich fiber has been observed. In order to increase fiber content in cake and muffins, several raw materials such as bran, outer layers of grains have been used.

**Materials and methods:** Pomegranate was purchased freshly from the market, then the seeds were separated, then the samples were dewatered and the cores were dried at 30 ° C for 2 days. The pomegranate cores were dried after milling and after passing the sieve with the mesh 35 was used. The dough was prepared and the pomegranate and xanthan gum flour was added to the dough. The prepared dough was poured into the mold, then the molds were bake for 30 minutes in an oven at 175 ° C. Cakes were then stored after leaving the oven and cooled in polyethylene packages at room temperature until further tests were performed. An image processing method was used to check the porosity and color of the crust and crumb of enriched cakes. For this purpose, the imaging was carried out in a special box with a uniform white light at all directions and from a fixed distance with the Canon Power Shot P500 Canon Camera. Pictures are saved in JPG format. To get the same levels from each image, Adobe Photoshop CS4 (Photoshop CS6) was designed with 457 x 504 pixels for the brain and skin. To colorize the samples, the RGB color space was converted by Image J software to \* L,\*a, and \*b. In this research, the effect of replacing wheat flour with pomegranate powder (0-50%) and xanthan gum (0 to 0.3%) on the physico-chemical (Moisture, pH, ash, porosity, volume index, fiber and protein), qualitative (Density, stiffness, weight loss, symmetry, volume, color and durability) and sensory properties of cake were evaluated using the response surface method in the form of a composite design.

**Results and discussion:** The results of this study showed that increasing the replacement of pomegranate powder has a positive and significant effect on fiber content, protein and weight loss and negative effect on density properties, texture stiffness, symmetry, volume index, color indices, the overall acceptance and flavor of the samples. Also, increase in the percentage of xanthan gum has a positive and significant effect on density, texture stiffness, volume, porosity, and volume index and weight loss of samples. In general, the evaluation of all characteristics showed that the cake sample containing 0.1% gum and 22.22% pomegranate powder had the best quality. On the other hand, comparing the optimal sample and the control indicates that the replacement of pomegranate powder has increased the phenolic compounds and reduced peroxide value.

**Key Words:** Pomegranate seed, Functional, Dietary fiber

1, 3 and 4. Former MSc Student, Assistant Professor and Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

2. Department of Agricultural Engineering and Technology, Payame Noor University (PNU), Iran

(\*Corresponding author: Nasehi.b@pnum.ac.ir)

## مقاله علمی- پژوهشی

# بررسی امکان استفاده از اندام باردهی قارچ خوراکی - دارویی انوکی در تولید نوشیدنی فراسودمند پالپ‌دار

شراره رضائیان<sup>1</sup> - حمیدرضا پوریانفر<sup>1</sup> - شادی بلوریان<sup>2</sup> - حامد صابریان<sup>2\*</sup>

تاریخ دریافت: 1398/02/09

تاریخ پذیرش: 1398/07/02

### چکیده

قارچ خوراکی - دارویی انوکی (*Flammulina velutipes* (Enoki)) پنجمین قارچ از نظر جایگاه تولید جهانی است که علاوه بر ارزش تغذیه‌ای، دارای خواص اثبات شده درمانی و دارویی متعددی می‌باشد. این پژوهش با هدف بررسی امکان تولید نوشیدنی فراسودمند بر پایه قارچ انوکی همراه با رنگ طبیعی کورکومین شکل گرفت. ابتدا میسلیم خالص نژاد تجاری قارچ انوکی تهیه و سپس تولید اندام میوه‌دهی تازه بر روی بستری متشکل از 40% کاه گندم + 40% خاک اره + 18% سبوس گندم + 1% گچ + 1% آهک انجام گردید. اندام میوه‌دهی قارچ به دو شکل مختلف پوره و پالپ به‌عنوان ماده زمینه‌ای اصلی نوشیدنی در قالب آزمون‌های حسی و رئولوژیکی مورد استفاده قرار گرفت. متغیرهای مستقل آزمون فاکتوریل شامل غلظت پوره قارچ و غلظت صمغ بود. نوع طعم‌دهنده و غلظت رنگ کورکومین نیز در آزمایشات جداگانه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفتند. آزمون رئولوژیکی نشان داد که رفتار جریان‌ی نوشیدنی، شبه‌پلاستیک بود و بدون اعمال تنش حالتی ژله‌ای داشت و ذرات کاملاً در آن شناور بودند. آزمون‌های حسی حاکی از آن بودند که بیشترین و کمترین امتیاز طعم به‌ترتیب مربوط به نمونه‌های حاوی 5% و 10% قارچ بود ( $p < 0.05$ ). در همه شاخص‌ها و به‌خصوص پذیرش کلی، نوشیدنی پالپ‌دار به‌طور معنی‌داری بهتر از نوشیدنی پوره‌دار بود ( $p < 0.05$ ). همچنین افزودن رنگ طبیعی کورکومین به نوشیدنی پالپ‌دار در حد 0/05% موجب افزایش پذیرش حسی آن شد. یافته‌های این تحقیق نشان داد که نوشیدنی بر پایه قارچ انوکی به شکل پالپ‌دار می‌تواند از پتانسیل پذیرش بالایی توسط مصرف‌کنندگان برخوردار باشد زیرا به دلیل استفاده از قارچ خوراکی - دارویی و رنگ طبیعی کورکومین دارای خواص فراسودمند بوده و فاقد عوارض جانبی می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** قارچ انوکی، کورکومین، نوشیدنی فراسودمند، ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی

### مقدمه

(2017). این قارچ به دلیل داشتن عطر و طعم مطلوب، به‌صورت خام در کشورهای چین، ژاپن و تایوان مصرف می‌شود. تولید جهانی این قارچ در حدود 4 میلیون تن در سال است. بزرگترین کشور تولید کننده این قارچ، چین با تولیدی در حدود 2/4 میلیون تن در سال است (Ge et al., 2015).

قارچ انوکی به دلیل عدم داشتن قند و چربی دارای کالری کم می‌باشد. این قارچ دارای پروتئین بالا و اسیدهای آمینه ضروری مثل لیزین و آرژنین بوده که منجر به تقویت حافظه می‌شود. ویتامین‌های B1 و B2 موجود در این قارچ قادر به جلوگیری از زخم معده و بیماری‌های کبدی شده همچنین غنی از تیامین، نیاسین، پتاسیم، ریوفلاوین، اسید پانتوتنیک، اسید لینولئیک، کلسیم، مس، آهن، سلنیوم، کیتوزان و فیبر

قارچ‌های خوراکی - دارویی (Culinary-medicinal mushrooms) بر طبق تعریف آن دسته از قارچ‌هایی هستند که ضمن دارا بودن خواص با ارزش دارویی و درمانی، قابلیت خوراکی بودن نیز دارند. از جمله خواص زیستی این قارچ‌ها می‌توان به خواص ضدسرطانی، آنتی‌اکسیدانی، ضد میکروبی، ضد دیابت، بهبوددهنده یا سرکوب‌کننده سیستم ایمنی، کاهشدهنده کلسترول و چربی اشاره نمود (Rathee et al., 2012). قارچ خوراکی - دارویی انوکی (Enoki) با نام علمی *Flammulina velutipes* متعلق به خانواده Tricholomataceae و راسته Agaricales بوده و پنجمین قارچ را از نظر جایگاه تولید جهانی به‌خود اختصاص می‌دهد (Royes et al.,

(Email: Saberian@acecr.ac.ir  
DOI: 10.22067/ifstrj.v16i4.80377

\*- نویسنده مسئول:

1- اعضای هیات علمی گروه پژوهشی زیست فناوری قارچ‌های صنعتی، پژوهشکده بیوتکنولوژی صنعتی، جهاددانشگاهی خراسان رضوی.  
2- اعضای هیات علمی گروه پژوهشی افزودنی‌های غذایی، پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی، جهاد دانشگاهی خراسان رضوی.

و تأثیر رنگ طبیعی کورکومین بر پذیرش کلی محصول مورد بررسی قرار گرفت.

### مواد و روش‌ها

#### تولید قارچ انوکی

تولید اندام میوه‌دهی<sup>1</sup> قارچ انوکی، با اندکی تغییرات در روش قبلا گزارش شده انجام گرفت (Rezaeian and Pourianfar, 2016). ابتدا، میسلیوم خالص نژاد تجاری 4622 FV (Mycelia BVBD) با استفاده از محیط کشت جامد MEA تهیه شد. اسپان در دانه گندم (هر کیسه حاوی یک کیلو دانه گندم همراه با 12% وزنی آهک و گچ) تهیه شده و برای تلقیح بستر کشت به کار رفت. فرمولاسیون بستر کشت عبارت از خاک اره (40%)، کاه گندم (40%)، سبوس گندم (18%)، گچ (1%) و آهک (1%) بود. نرخ تلقیح به اندازه 5% وزنی بستر کشت بود. شرایط رشد رویشی میسلیوم درون بستر کشت به قرار زیر بودند: دمای 23-25 درجه سانتی‌گراد، بدون نیاز به نور، رطوبت 65-70%. پس از پر شدن کیسه‌ها از میسلیوم قارچ انوکی، شرایط محیطی برای القاء فاز زایشی بدین گونه تغییر یافت: دما 8-10 درجه سانتی‌گراد، نور 800 تا 1000 لوکس، رطوبت 65-70%، CO<sub>2</sub> 4000-3000 ppm. قارچ‌های مورد نظر برای این تحقیق از فلش اول برداشت انتخاب و تلاش شد قارچ‌هایی با اندازه متوسط انتخاب شوند. قارچ‌های برداشته شده به صورت کاملا تازه در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفتند.

#### تهیه پوره و پالپ قارچ انوکی

به‌منظور تهیه پوره، اندام میوه‌دهی تازه قارچ انوکی در مخلوط‌کن به‌طور کامل خرد شد تا کاملا همگن شود. برای تهیه پالپ نیز از مخلوط‌کن استفاده شد اما مدت زمان خرد کردن خیلی کوتاه‌تر بود و با قطع و وصل دستگاه همراه بود تا از خرد شدن زیاد ذرات جلوگیری شود.

#### بهبه‌سازی فرمولاسیون پایه نوشیدنی پوره‌دار و پالپ‌دار

ترکیبات ثابت فرمولاسیون در هر دو نوع نوشیدنی پوره‌دار و پالپ‌دار شامل 0/15% اسید سیتریک (وزنی/حجمی)، 11% شکر (وزنی/حجمی) و 0/1% سدیم سیترات (وزنی/حجمی) بود. متغیرهای مستقل آزمون شامل غلظت قارچ انوکی (5، 7/5 و 10% وزنی/حجمی) و غلظت صمغ پایدارکننده تجاری (نکسیران، ایران) (0/05، 0/075 و 0/1% وزنی/حجمی) بود. الباقی فرمول را آب تشکیل داد (جدول 1). نمونه‌های نوشیدنی پوره دار یا پالپ‌دار قارچ انوکی پس از تهیه به مدت 1 دقیقه در دمای 90 درجه سانتی‌گراد پاستوریزه شد و پس از سرد شدن در دمای 7 درجه سانتی‌گراد (دمای مناسب نوشیدنی سرد) تا زمان انجام آزمون‌های بعدی نگهداری شد (بهبهانی و عباسی، 1393).

است. قارچ انوکی همچنین بر رشد قد و وزن مطلوب کودکان بسیار موثر است (Tang et al., 2016).

با توجه به ماندگاری پایین قارچ‌های تازه، استفاده از قارچ‌های خوراکی-دارویی در قالب یک نوشیدنی جذاب می‌تواند موجب افزایش مصرف قارچ دارویی به‌عنوان یک غذای فراسودمند شده و نیازهای مهم غذایی بدن را نیز تامین نماید. از سویی این نوع نوشیدنی می‌تواند جایگزین مطمئنی برای نوشیدنی‌های موجود در بازار شود که از سطح سلامت زایی پایینی برخوردارند. در تهیه نوشیدنی فراسودمند، گاهی از رنگ‌های طبیعی استفاده می‌شود تا علاوه بر ایجاد ظاهری مطلوب در نوشیدنی، به علت وجود ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی، ضدسرطانی و ضدالتهابی، موجب ارتقاء سطح سلامتی مصرف‌کننده شود (Martins et al., 2016).

تحقیقات مشابه در دنیا حاکی از توجه به این موضوع است. در سال 2010 تحقیقی بر روی تولید نوشیدنی جدید حاصل از مخلوط مخمر ساکارومایسس سرویزیه و عصاره پایه قارچ شی‌تاکه صورت گرفت (Lin et al., 2010). در تحقیقی دیگر با استفاده از پلی ساکاریدهای استخراج شده از قارچ BaChu و مخلوط کردن آن با آب گوجه‌فرنگی و آب سیب توانستند یک نوشیدنی مغذی را تهیه کنند (Hou et al., 2008). در یک تحقیق دیگر 31 قارچ از خانواده بازیدیومیکوتا به همراه مایع مالت برای تهیه نوشیدنی مورد بررسی قرار گرفت و نوشیدنی حاصل از قارچ شی‌تاکه به همراه مایع مالت بهترین طعم را در بین تست‌کنندگان نوشیدنی به‌دست آورد (Zhang et al., 2014).

با وجود این، تا به امروز تلاش‌های بسیار محدودی برای تولید نوشیدنی بر پایه قارچ‌های خوراکی-دارویی در سطح دنیا و همچنین در کشور ما انجام شده است. در سال‌های اخیر توجه ویژه‌ای به تولید نوشیدنی‌های فراسودمند و تلاش برای قرارگیری این نوع نوشیدنی در سبد غذایی خانوار ایرانی شده است. در این راستا، نوشیدنی‌های فراسودمند حاوی ذرات میوه (یا دانه گیاهان) از قبیل نوشیدنی پالپ‌دار آلوئه‌ورا، نوشیدنی تخم شربتی و نوشیدنی خاکشیر، به علت حضور ذرات و ایجاد جذابیت برای مصرف‌کننده، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. از سوی دیگر، در سال‌های اخیر، مطالعات موفقی بر روی زراعی‌سازی قارچ انوکی تجاری و بومی در بسترهای کشت مبتنی بر ضایعات کشاورزی انجام شده است (Rezaeian and Pourianfar, 2016)؛ در نتیجه، دانش فنی و مواد اولیه برای تولید نوشیدنی بر پایه قارچ انوکی به صورت با صرفه در اختیار است. لذا این مطالعه با هدف بررسی امکان تولید نوشیدنی فراسودمند بر پایه اندام میوه‌دهی قارچ خوراکی-دارویی انوکی (5-10% وزنی/حجمی) و تأثیر صمغ پایدارکننده تجاری (0/05-0/1% وزنی/حجمی) بر نوشیدنی انجام گرفته است. در این پژوهش همچنین ویژگی‌های رئولوژیکی، حسی و همچنین ارزیابی طعم‌دهنده‌ها

رنگ نوشیدنی انتخابی در مراحل قبل، با استفاده از سه غلظت 0/01، 0/03 و 0/05 % رنگ طبیعی کورکومین (با خلوص 3%، خریداری شده از شرکت گلچین توس) تنظیم شد و نمونه ها از نظر حسی مورد مقایسه قرار گرفتند.

جدا از فرمولاسیون پایه در نوشیدنی، از سه طعم دهنده مختلف لیمو، سیب و میوه‌های استوایی نیز در غلظت 0/1 % جهت بهبود عطر و طعم قارچ استفاده شد تا بهترین طعم از نظر حسی انتخاب شود. نوشیدنی طعم دار لیمو حاوی 5% آب لیموی طبیعی نیز بود. همچنین

جدول 1- مقادیر کدگذاری شده و واقعی متغیرها برای بهینه سازی فرمولاسیون نوشیدنی قارچ انوکی

متغیرهای مستقل		کد تیمار
غلظت قارچ (%)	غلظت صمغ (%)	
0/05	5	11
0/075	5	12
0/1	5	13
0/05	7/5	21
0/075	7/5	22
0/1	7/5	23
0/05	10	31
0/075	10	32
0/1	10	33

خوب، بسیار خوب و عالی بودند، مورد ارزیابی قرار گرفتند (بهیمانی و عباسی، 1393).

#### تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

در آزمون بهینه سازی فرمولاسیون پایه نوشیدنی بر اساس ویژگی‌های حسی، آزمایشات فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی برای انتخاب بهترین غلظت قارچ (5، 7/5 و 10% وزنی/حجمی) و صمغ (0/05، 0/075 و 0/1% وزنی/حجمی) انجام پذیرفت. تجزیه واریانس (ANOVA) دو طرفه در سطح اطمینان 95% و مقایسه میانگین تیمارها براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن و با استفاده از نرم‌افزار SPSS 19 صورت پذیرفت. مقایسه بین نوشیدنی‌های پوره دار و پالپ‌دار از طریق مقایسه میانگین‌ها بر اساس t-Test جفت نشده و با استفاده از نرم‌افزار SPSS 19 انجام پذیرفت. مقایسه میانگین آزمون‌های انتخاب طعم‌دهنده و انتخاب رنگ نوشیدنی نیز در قالب طرح یک فاکتور در یک زمان، براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن و با استفاده از نرم‌افزار SPSS 19 انجام پذیرفت.

#### نتایج و بحث

##### تولید اندام میوه‌دهی قارچ انوکی

مشاهدات نشان دادند که رشد رویشی میسلیوم در محیط کشت جامد، اسپاون و بستر کشت بر حسب روز به ترتیب عبارت بود از 5، 21، 7. فاز زایشی در طی 20 روز پس از آغاز تغییر شرایط محیطی به صورت

#### آزمون‌های رئولوژیکی (تعیین گرانروی و رفتار رئولوژیکی نوشیدنی)

گرانروی نوشیدنی قارچ انوکی در غلظت‌های مختلف قارچ (5، 7/5 و 10% وزنی/حجمی) و صمغ (0/05، 0/075 و 0/1% وزنی/حجمی) توسط ویسکومتر قابل برنامه‌ریزی چرخشی (LV DV-II Pro, Brookfield Engineering Inc., USA) با استفاده از اسپیندل LV اندازه‌گیری شد. حدود 25 میلی‌لیتر از هر نمونه داخل استوانه ویسکومتر ریخته شد و نرخ برشی بین 2 و 200 بر ثانیه در بازه زمانی 5 ثانیه برنامه ریزی شد. رفتار جریان محلول‌های تهیه شده در دمای 7°C بررسی شد (Hosseini et al., 2016).

#### آزمون شاخص‌های رنگی

این آزمون توسط دستگاه هانتربل (مدل A60-1005-654 45/0) انجام شد که در آن شاخص رنگ توسط فاکتورهای L\* (سفیدی یا روشنایی/ تاریکی)، a\* (قرمزی/ سبزی) و b\* (زردی/ آبی) بیان می‌شود. این شاخص‌ها جهت توصیف تغییرات رنگ ناشی از تغییر فرمولاسیون استفاده شدند (Saberian et al., 2014).

#### ارزیابی حسی

برای ارزیابی ویژگی‌های حسی نوشیدنی، از 12 ارزیاب آموزش دیده استفاده شد. شاخص‌های حسی شامل بو، طعم، رنگ، حس دهانی، قوام، غلظت ذرات و پذیرش کلی در چارچوب آزمون هدونیک پنج نقطه (1، 2، 3، 4 و 5) که به ترتیب معادل غیرقابل قبول، نسبتاً رضایت‌بخش،

پین‌های قهوه‌ای رنگ مشاهده شد که در طی 14 روز به قارچ بالغ تبدیل شدند. قارچ‌های بالغ با پایه نازک و سفید رنگ و رنگ کلاسه سفید با قطر 2 سانتی‌متر به شکل خوشه‌ای در هر کیسه ظاهر شدند (شکل 1).



شکل 1- تولید قارچ انوکی در بستر کشت متشکل از ضایعات لیگنوسلولزی

دادن یا اعمال تنش برشی، گرانروی کاهش یافت و نوشیدنی جریان یافت اما ذرات خاکشیر معلق باقی‌ماندند. آن‌ها نیز مشاهده کردند که رفتار جریان‌ی همه نمونه‌های شربت خاکشیر پایدار شده با صمغ‌های فارسی و کتیرا، از نوع هرشل بالکلی بود.

#### بررسی ویژگی‌های حسی نوشیدنی

تأثیر اجزای فرمول پایه نوشیدنی (فقط متشکل از قارچ و صمغ) بر روی خصوصیات حسی - ذائقه‌ای نوشیدنی برای هر دو نوع پوره و پالپ ارزیابی شد. جدول 2 نتایج این آزمون را برای نوشیدنی نوع پوره‌دار نشان می‌دهد. نتایج آزمون از لحاظ غلظت مورد پسند قارچ توسط ارزیابان برای هر دو نوع نوشیدنی نوع پالپ‌دار و پوره‌دار مشابه بود و لذا در اینجا ارائه نشده است. مطابق جدول 2، غلظت قارچ، تأثیر معنی‌داری در مورد پذیرش طعم داشت به گونه‌ای که بیشترین امتیاز طعم مربوط به نمونه‌های حاوی 5% قارچ (با میانگین امتیاز  $2/21 \pm 0/1$ ) و کمترین امتیاز طعم مربوط به نمونه‌های حاوی 10% قارچ (با میانگین امتیاز  $1/58 \pm 0/08$ ) بود. نتایج شاخص پذیرش کلی نیز مانند نتایج طعم بود. به غیر از طعم و شاخص پذیرش کلی، سایر شاخص‌ها تحت تأثیر غلظت قارچ قرار نگرفتند.

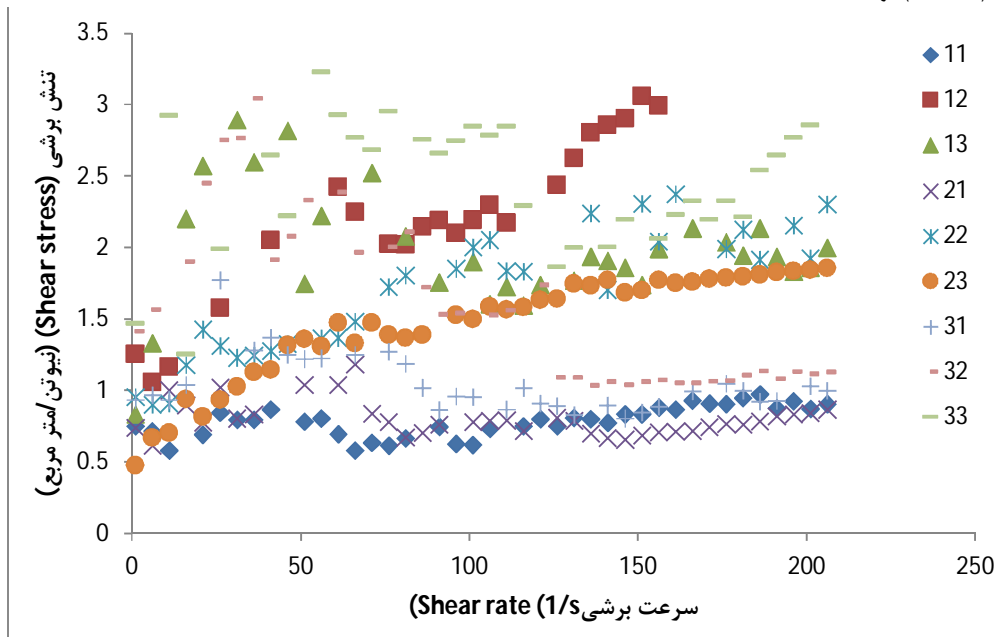
بر خلاف غلظت قارچ، غلظت صمغ تأثیر معنی‌داری ( $p \geq 0.05$ ) بر شاخص‌های حسی نداشت. از آنجایی که غلظت 5% قارچ انتخاب شد و در این شرایط، غلظت 0/05% صمغ موجب شناورسازی کامل ذرات قارچ شد، مخصوصاً باتوجه به صرفه اقتصادی، غلظت 0/05% صمغ شناورساز برای آزمون‌های بعدی انتخاب شد.

اگرچه ارزیاب‌ها تفاوت معنی‌داری را در رنگ نوشیدنی‌های پوره‌دار قارچ انوکی تشخیص ندادند ( $p \geq 0.05$ ) اما شاخص‌های رنگی

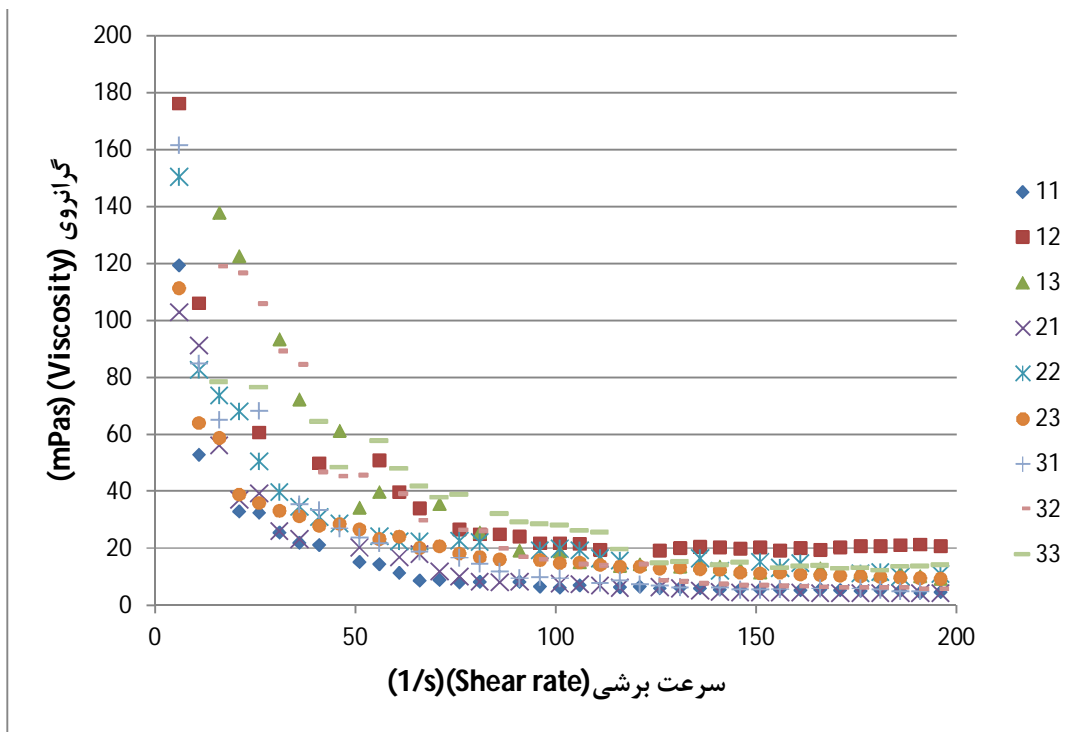
#### بررسی گرانروی و رفتار جریان‌ی نوشیدنی

از آنجایی که انجام آزمون‌های رئولوژیکی برای نوشیدنی‌های پالپ‌دار ممکن نبود (به علت وجود ذرات درشت و ایجاد خطا در پاسخ دستگاه)، این آزمون تنها برای نوشیدنی‌های پوره‌دار انجام شد. رفتار جریان‌ی همه نوشیدنی‌های پوره‌دار مشابه یکدیگر و از نوع هرشل بالکلی بود زیرا برای جریان یافتن نیاز به تنش تسلیم داشتند و پس از آن، جریان رقیق‌شونده با برش یا شبه‌پلاستیک را از خود نشان دادند (مطابق شکل‌های 2 و 3) و با افزایش نرخ برشی، گرانروی کاهش یافت. تنش تسلیم ناشی از وجود شبکه‌های بین‌مولکولی یا بین‌ذره‌ای مقاومتی است که در برابر نیروهای برشی کوچک، مقاومت نشان می‌دهند (Singh and Heldman, 2009). منشا رفتار شبه‌پلاستیک نیز آن است که تنش برش به کار گرفته شده موجب رهاسازی پلیمرهای زیستی و آرایش آن‌ها در جهت میدان برشی می‌شود. به عبارت دیگر، تنش برشی موجب شکستن اثرات متقابل فیزیکی ضعیف که پلیمرهای زیستی را کنار هم نگه می‌دارد، می‌شود (McClements, 2004). مطابق شکل 2، همه تیمارها (11 الی 33) دارای تنش تسلیم بودند و لذا نیاز به انرژی اولیه برای حرکت سیال بود. این ویژگی‌ها (شبه‌پلاستیک بودن و دارای تنش تسلیم بودن)، می‌تواند ویژگی مطلوبی در نوشیدنی باشد چرا که ابتدا، بدون اعمال تنش (یا تکان دادن)، نوشیدنی حالت ژلی دارد و ذرات در آن شناور هستند و پس از اعمال تنش (تکان دادن بطری)، گرانروی کاهش پیدا می‌کند و حالت روان پیدا می‌کند که برای مصرف کننده جذاب است. براساس اطلاعات موجود، تاکنون تحقیقی در زمینه تولید نوشیدنی قارچ انجام نشده است. بهبهانی و عباسی (2017) که تأثیر صمغ فارسی و کتیرا را بر پایدارسازی شربت خاکشیر بررسی می‌کردند، به نتایج مشابهی دست یافتند. آن‌ها مشاهده کردند که بخش‌های نامحلول هر دو صمغ موجب ایجاد یک بافت شبه‌ژلی شد و با تکان

نوشیدنی‌ها که از دستگاه هانتربل ( $b^*$  و  $a^*$ ،  $L^*$ ) گرفته شده، دارای تفاوت معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) بودند.



شکل 2- تغییرات تنش برشی در مقابل سرعت برشی در نوشیدنی‌های پوره دار قارچ انوکی (غلظت قارچ 5، 7/5 و 10%) و صمغ (0/05، 0/075 و 0/1%) متغیر می‌باشد) برای توضیحات در مورد تیمارها (11 تا 33) به جدول 1 مراجعه شود.



شکل 3- تغییرات گرانروی در مقابل سرعت برشی در نوشیدنی‌های پوره‌دار قارچ انوکی (غلظت قارچ 5، 7/5 و 10%) و صمغ (0/05، 0/075 و 0/1%) متغیر می‌باشد) برای توضیحات در مورد تیمارها (11 تا 33) به جدول 1 مراجعه شود.

با افزایش درصد قارچ انوکی و غلظت صمغ، شاخص روشنایی نمونه‌ها ( $L^*$ ) افزایش پیدا کرد به طوری که مطابق جدول 3، بیشترین شاخص روشنایی مربوطه به نمونه با بیشترین غلظت صمغ و قارچ (نمونه با کد 33) بود. این روال در مورد دو شاخص سبزی/قرمزی و

آبی/زردی نیز صادق بود به طوری که بیشترین میزان سبزی و آبی (کمترین میزان قرمزی و زردی) مربوط به نمونه با کد 33 بود. بنابراین افزایش درصد قارچ و صمغ موجب بهبود شاخص‌های رنگی شده است

جدول 2 - مقایسه میانگین امتیازهای حسی نوشیدنی پوره دار قارچ انوکی (غلظت قارچ (5، 7/5 و 10%) و صمغ (0/05، 0/075 و 0/1%) متغیر می باشد)

تیمار	غلظت قارچ (%)	غلظت مغ (%)	طعم	بو	رنگ	حس دهانی	قوام	غلظت ذرات	پذیرش کلی
11	5	0/05	2/27 <sup>a</sup>	2/18 <sup>a</sup>	2/18 <sup>a</sup>	2/36 <sup>a</sup>	2/45	2/36 <sup>a</sup>	2/27 <sup>a</sup>
12	5	0/075	2/09 <sup>a</sup>	2/09 <sup>a</sup>	2/18 <sup>a</sup>	2/23 <sup>a</sup>	2/77	2/27 <sup>a</sup>	2/18 <sup>a</sup>
13	5	0/1	2/27 <sup>a</sup>	2/36 <sup>a</sup>	2/36 <sup>a</sup>	2/27 <sup>a</sup>	2/45	2/27 <sup>a</sup>	2/36 <sup>a</sup>
21	7/5	0/05	2/09 <sup>ab</sup>	2/27 <sup>a</sup>	2/23 <sup>a</sup>	2/14 <sup>a</sup>	2/5	2/27 <sup>a</sup>	2/14 <sup>ab</sup>
22	7/5	0/075	1/91 <sup>ab</sup>	2/27 <sup>a</sup>	2/36 <sup>a</sup>	2/14 <sup>a</sup>	2/59	2/27 <sup>a</sup>	1/95 <sup>ab</sup>
23	7/5	0/1	1/95 <sup>ab</sup>	2/09 <sup>a</sup>	2/59 <sup>a</sup>	2/09 <sup>a</sup>	2/54	2 <sup>a</sup>	2/00 <sup>ab</sup>
31	10	0/05	1/59 <sup>b</sup>	1/95 <sup>a</sup>	2/54 <sup>a</sup>	1/95 <sup>a</sup>	2/27	2/18 <sup>a</sup>	1/86 <sup>b</sup>
32	10	0/075	1/65 <sup>b</sup>	1/85 <sup>a</sup>	2/5 <sup>a</sup>	2/05 <sup>a</sup>	2/45	2/4 <sup>a</sup>	1/85 <sup>b</sup>
33	10	0/1	1/5 <sup>b</sup>	1/8 <sup>a</sup>	2/4 <sup>a</sup>	2/00 <sup>a</sup>	2/2	2/6 <sup>a</sup>	1/6 <sup>b</sup>

\*حروف کوچک متفاوت در هر ستون نشان دهنده وجود تفاوت معنی‌دار ( $p < 0.05$ ) در آن شاخص حسی می‌باشد.

جدول 3 - تاثیر فرمولاسیون نوشیدنی پوره دار قارچ انوکی بر خصوصیات رنگی آن (غلظت قارچ (5، 7/5 و 10%) و صمغ (0/05، 0/075 و 0/1%) متغیر می‌باشد)

تیمار	غلظت قارچ (%)	غلظت صمغ (%)	$L^*$	$a^*$	$b^*$
11	5	0/05	22/86 ± 0/08 <sup>i</sup>	-0/85 ± 0/05 <sup>e</sup>	-2/66 ± 0/06 <sup>a</sup>
12	5	0/075	34/23 ± 0/09 <sup>h</sup>	-0/98 ± 0/05 <sup>d</sup>	-2/62 ± 0/04 <sup>a</sup>
13	5	0/1	24/57 ± 0/03 <sup>g</sup>	-1/04 ± 0/04 <sup>d</sup>	-2/61 ± 0/05 <sup>a</sup>
21	7/5	0/05	29/85 ± 0/08 <sup>e</sup>	-1/70 ± 0/02 <sup>b</sup>	-1/12 ± 0/01 <sup>c</sup>
22	7/5	0/075	29/23 ± 0/11 <sup>f</sup>	-1/58 ± 0/05 <sup>c</sup>	-1/43 ± 0/03 <sup>b</sup>
23	7/5	0/1	30/13 ± 0/08 <sup>d</sup>	-1/70 ± 0/04 <sup>b</sup>	-1/08 ± 0/08 <sup>c</sup>
31	10	0/05	31/58 ± 0/08 <sup>c</sup>	-1/99 ± 0/04 <sup>a</sup>	-/62 ± 0/01 <sup>d</sup>
32	10	0/075	32/24 ± 0/08 <sup>b</sup>	-2/03 ± 0/04 <sup>a</sup>	-0/51 ± 0/01 <sup>e</sup>
33	10	0/1	32/58 ± 0/10 <sup>a</sup>	-2/07 ± 0/02 <sup>a</sup>	-0/44 ± 0/04 <sup>e</sup>

\*حروف کوچک متفاوت در هر ستون نشان دهنده وجود تفاوت معنی‌دار ( $p < 0.05$ ) در آن شاخص رنگی می‌باشد.

#### مقایسه شاخص‌های حسی نوشیدنی‌های پوره‌دار و پالپ‌دار قارچ انوکی

از آنجایی که نوشیدنی پالپ‌دار (حاوی ذرات درشت‌تر نسبت به پوره) نیز دارای جذابیت قابل توجهی است و معمولاً در بازار نوشیدنی پالپ‌دار میوه‌هایی (از قبیل آلوت‌ورا) نیز وجود دارد، آزمونی طراحی شد

اگرچه از نظر شاخص‌های رنگی ( $L^*$ ،  $a^*$  و  $b^*$ )، نوشیدنی‌های پوره دار حاوی غلظت بالاتر قارچ و صمغ برتر بودند اما از آنجایی که پذیرش کلی آن‌ها به طور معنی‌داری کمتر بود، و از طرفی رنگ نمونه‌ها از نظر ارزیاب‌ها تفاوت معنی‌داری نداشت (مطابق جدول 2)، غلظت 5% قارچ و 0/05% صمغ انتخاب شد.



قبلی در ایران یا سایر کشورها، نوشیدنی پوره‌دار نیز مورد علاقه ارزیابان و مصرف‌کننده نهایی (در بازار) بوده است. اما نتایج این مطالعه حاکی از آن بود که ارزیابان مورد آزمایش در این مطالعه علاقه زیادی به نوشیدنی پوره‌دار نداشتند که می‌تواند به سلیقه و ذائقه مصرف‌کننده ایرانی نسبت به ویژگی‌های حسی خاصی که قارچ در نوشیدنی ایجاد می‌کند، برگردد و لذا این مساله، از ارزش نوشیدنی پوره‌دار نمی‌کاهد.

تا ارزیاب‌ها نوشیدنی پالپ‌دار و پوره‌دار قارچ انوکی را در مقایسه باهم، مورد ارزیابی قرار دهند (شکل 4). مطابق جدول 4، نتایج حاکی از آن بود که تفاوت معنی‌داری بین دو گروه نوشیدنی در همه شاخص‌ها وجود داشت و نوشیدنی پالپ‌دار نسبت به نوع پوره‌دار ترجیح داده شد ( $p \leq 0.05$ ).

تولید نوشیدنی بر اساس پوره و همزمانی انجام آزمایشات بر روی پوره و پالپ بر پایه این پیش فرض انتخاب شد که در کارهای مشابه

جدول 4- تاثیر اندازه ذرات (پالپ و پوره) نوشیدنی قارچ انوکی بر خصوصیات حسی آن (در غلظت‌های 5% قارچ و 0/05% صمغ)

تیمار	طعم	بو	رنگ	حس دهانی	قوام	غلظت ذرات	پذیرش کلی
1 (پالپ‌دار)	3/8 <sup>a</sup>	3/9 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	3/6 <sup>a</sup>	3/6 <sup>a</sup>	3/6 <sup>a</sup>	3/75 <sup>a</sup>
2 (پوره‌دار)	1/5	1/7 <sup>b</sup>	1/4 <sup>b</sup>	1/4 <sup>b</sup>	1/5 <sup>b</sup>	1/5 <sup>b</sup>	1/2 <sup>b</sup>

\*حروف کوچک متفاوت در هر ستون نشان دهنده وجود تفاوت معنی دار ( $p < 0.05$ ) در آن شاخص حسی می‌باشد.



شکل 4- نوشیدنی های پوره دار و پالپ‌دار قارچ انوکی (در غلظت 5% قارچ و 0/05% صمغ) \*تنها اندازه ذرات متفاوت است.

جدول 5- تاثیر طعم‌دهنده‌ها بر بو، طعم و پذیرش کلی نوشیدنی پالپ‌دار قارچ انوکی (در غلظت‌های 5% قارچ و 0/05% صمغ)

تیمار (طعم دهنده)	بو	طعم	پذیرش کلی
لیمو	3/3 <sup>a</sup>	3/7 <sup>a</sup>	3/7 <sup>a</sup>
سیب	2/1 <sup>b</sup>	1/9 <sup>b</sup>	1/9 <sup>b</sup>
استوایی	2/2 <sup>b</sup>	2/1 <sup>b</sup>	2/2 <sup>b</sup>

\*حروف کوچک متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار ( $p < 0.05$ ) در آن شاخص حسی می‌باشد.

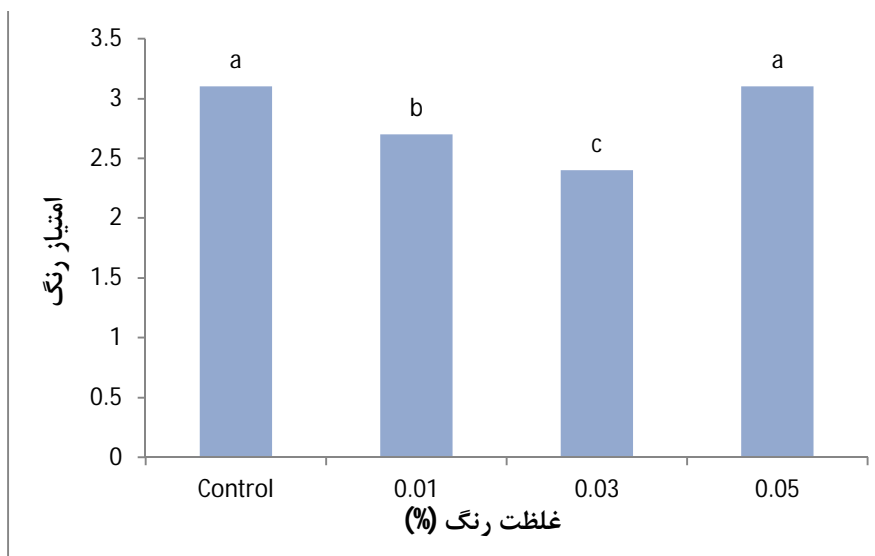
(از قبیل نوشیدنی) وجود دارد. لذا نوشیدنی پالپ‌دار قارچ انوکی در سه طعم (لیمو، سیب و میوه‌های استوایی- نوشیدنی لیمو حاوی 5% آب لیموی طبیعی نیز بود) آماده‌سازی شد و شاخص‌های بو، طعم و پذیرش

#### انتخاب طعم‌دهنده و رنگ مناسب برای نوشیدنی

اگرچه طعم قارچ ممکن است مورد پسند عده‌ای نباشد، اما به‌خاطر خواص دارویی و تغذیه‌ای فراوان آن، تمایل به مصرف محصولات آن

آن بود که نمونه شاهد (فاقد رنگ) و نمونه حاوی 0/05% رنگ دارای بیشترین پذیرش ( $p < 0.05$ ) از جانب ارزیابان تشخیص داده شدند. تصویر نمونه‌ها در شکل 6 نمایش داده شده است.

کلی مورد ارزیابی قرار گرفت. مطابق جدول 5، طعم لیمو پذیرش بیشتری ( $p < 0.05$ ) نسبت به دو طعم دیگر داشت. مطابق شکل 5، آزمون فرمولاسیون نوشیدنی با استفاده از رنگ زرد کورکومین حاکی از



شکل 5- تأثیر غلظت‌های مختلف رنگ کورکومین بر پذیرش رنگ نوشیدنی پالپ دار قارچ انوکی (در غلظت‌های 5% قارچ و 0/05% صمغ)



شکل 6- نوشیدنی پالپ‌دار قارچ انوکی حاوی غلظت‌های مختلف رنگ طبیعی کورکومین (به ترتیب از چپ به راست حاوی صفر، 0/01، 0/03 و 0/05% رنگ کورکومین می‌باشند) \*غلظت قارچ نمونه‌ها 5% و غلظت صمغ 0/05% است.

شاخص‌های حسی مورد بررسی قرار گیرد (Behbahani and Abbasi, 2017). شناورسازی ذرات (دانه گیاه یا پالپ) از آن نظر دارای اهمیت است که مصرف‌کننده تمایل دارد نوشیدنی یکنواخت و همگنی

برای تایید کیفیت غذایی یک نوشیدنی حاوی ذرات (از قبیل دانه گیاهان- مانند خاکشیر و تخم شربتی- یا پالپ میوه‌ها)، بایستی شاخص‌های کیفی مختلفی از قبیل رفتار جریانی، شناورسازی ذرات و

### نتیجه گیری

نتایج این تحقیق حاکی از آن بود که نوشیدنی پالپدار قارچ انوکی دارای پتانسیل پذیرش مناسبی از طرف مصرف کننده می باشد زیرا استفاده از یک قارچ خوراکی- دارویی (از قبیل انوکی) همراه با رنگ طبیعی کورکومین (به عنوان یک ترکیب آنتی اکسیدان) موجب ارتقاء نوشیدنی به یک غذای فراسودمند و مفید می گردد. از طرفی، حضور 5% پالپ قارچ به صورت معلق و یکنواخت مخصوصا با طعم لیمو بر جذابیت این محصول افزود. از دیدگاه فنی نیز تولید صنعتی نوشیدنی فراسودمند قارچ انوکی امکان پذیر است. با توجه به ترکیبات ذکر شده در این فرمولاسیون، تفاوت عمده ای که این نوشیدنی با اکثر نوشیدنی های میوه ای رایج موجود در بازار (که در آن ها از کنسانتره میوه استفاده می شود) دارد، استفاده از قارچ به جای کنسانتره میوه می باشد و با توجه به قیمت قارچ و کنسانتره میوه، به نظر می رسد تفاوتی بین قیمت تمام شده این نوشیدنی با نوشیدنی های رایج وجود نداشته باشد؛ اگرچه با توجه به فنی تر بودن فرآیند تولید و جذابیت بیشتر نوشیدنی های پالپدار، قاعدتا گرانتر به فروش خواهد رسید. بنابراین تولید نوشیدنی قارچ انوکی از نظر اقتصادی نیز مقرون به صرفه خواهد بود.

### تقدیر و تشکر

این طرح با حمایت مالی جهاددانشگاهی خراسان رضوی از دو گروه پژوهشی افزودنی های غذایی و زیست فناوری قارچ های صنعتی در قالب طرح پژوهشی مشترک با عنوان "بررسی امکان تهیه محصولات فراسودمند بر پایه قارچ خوراکی-دارویی انوکی و رنگ های طبیعی" در طی سال 1398 انجام شد.

را مصرف کند و ذرات موجود در نوشیدنی رسوب نکرده باشند و به طور یکنواخت در آن پراکنده شده باشند. این مطالعه نشان داد که شناورسازی ذرات قارچ (در قالب پوره یا پالپ) در نوشیدنی حاوی 0/05% صمغ امکان پذیر است.

رنگ اولین شاخص کیفی غذاست که مصرف کننده احساس می کند و اثر مهمی بر پذیرش غذا دارد (Esteve et al., 2005). آثار زیان بار رنگ های سنتزی بر سلامت مصرف کنندگان در تحقیقات مختلف به اثبات رسیده است و از طرفی، عملکرد مثبت رنگ های طبیعی بر سلامت بدن (ویژگی های آنتی اکسیدانی، ضدسرطانی و ضدآلتهایی) تایید شده است (صابریان و همکاران، 1396; Martins et al., 2016). رنگ طبیعی کورکومین می تواند با تغییر مکان الکترون های اکسیژن کربونیل گروه فنول موجود در ساختار آن، به عنوان دهنده رادیکال عمل کند و نقش مهمی را در جاروب کردن رادیکال های آزاد ایفا نماید؛ این عمل می تواند از بیماری های آلزایمر و پارکینسون جلوگیری نماید (صحنه و همکاران، 1396). بر این اساس و با توجه به نتایج به دست آمده، نوشیدنی حاوی 0/05% رنگدانه کورکومین، علاوه بر اینکه بیشترین پذیرش را از دیدگاه مصرف کنندگان به خود اختصاص داد، اثرات سلامتی بخش زیادی را نیز به نوشیدنی می بخشد و در نتیجه می تواند موجب افزایش بازارپسندی نوشیدنی حاوی قارچ خوراکی- دارویی شود. همچنین، با توجه به ذائقه بسیاری از مردم ایران، استفاده از طعم دهنده های جذابی مانند لیمو نیز تأثیر معنی داری بر افزایش بازارپسندی و در نتیجه مصرف این نوشیدنی خواهد داشت.

### منابع

- بهبهانی، م. س.، عباسی، س. 1393. پایدارسازی شربت خاکشیر با استفاده از هیدروکلوئیدهای بومی، مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، 1 (9)، 38-31.
- صابریان، ح.، حسینی، ف.، بلوریان، ش. 1396. تأثیر روش فراصوت بر استخراج رنگ خوراکی کلروفیل از برگ درخت شاتوت، فصلنامه فناوری های نوین غذایی، 4 (4)، 67-76.
- صحنه، ف.، محمدی، م.، نجف پور درزی، ق.، مقدم نیا، ع.ا. 1396. بهینه سازی استخراج کورکومین از زردچوبه (کورکوما لونگا) با استفاده از مایعات یونی کریماتی به عنوان حلال سبز، فصلنامه فناوری های نوین غذایی، 4 (4)، 1-12.
- Behbahani, M. S., & Abbasi, S. (2017). Stabilization of flaxseed seeds (*Descurainia sophia* L.) drink: Persian refreshing drink. *Food Bioscience*, 18, 22-27.
- Esteve, M. J., Frigola, A., Rodrigo, C., and Rodrigo, D. (2005), Effect of storage period under variable conditions on the chemical and physical composition and color of Spanish refrigerated orange juices, *Food and Chemical Toxicology*, Vol. 43, pp. 1413-1422.
- Ge, Z. W., Liu, X. B., Zhao, K., & Yang, Z. L. (2015). Species diversity of *Flammulina* in China: new varieties and a new record. *Mycosystema*, 34, 589-603.
- Hosseini, S. S., Khodaiyan, F., & Yarmand, M. S. (2016). Optimization of microwave assisted extraction of pectin from sour orange peel and its physicochemical properties. *Carbohydrate polymers*, 140, 59-65.
- Hou X., Zhang N., Xiong S., Li S., Yang B. 2008. Extraction of BaChu mushroom polysaccharides and preparation of a compound beverage. *Carbohydr. Polym.* 2008, 73, 289-294.

- Lin PH., Huang SY., Mau JL., Liou BK., Fang TJ. 2010. A novel alcoholic beverage developed from shiitake stipe extract and cane sugar with various *Saccharomyces* strains. *LWT-Food Sci. Technol.* 2010, 43, 971-976.
- Martins, N., Roriz, C. L., Morales, P., Barros, L., & Ferreira, I. C. (2016). Food colorants: Challenges, opportunities and current desires of agro-industries to ensure consumer expectations and regulatory practices. *Trends in Food Science & Technology*, 52, 1-15.
- McClements, D. J. (2004). *Food emulsions: principles, practices, and techniques*. (2th ed.). Boca Raton: CRC Press, (Chapter 4).
- Rathee, S., Rathee, D., Rathee, D., Kumar, V., & Rathee, P. (2012). Mushrooms as therapeutic agents. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 22(2), 459-474.
- Rezaeian S and Pourianfar HR. 2016. A Comparative Study on Bioconversion of Different Agro Wastes by Wild and Cultivated Strains of *Flammulina velutipes*. *Waste and Biomass Valorization*, 8(8), pp.2631-2642.
- Saberian, H., Amooi, M., & Hamidi-Esfahani, Z. (2014). Modeling of vacuum drying of loquat fruit. *Nutrition & Food Science*, 44(1), 24-31.
- Singh, R. P., & Heldman, D. R. (2009). *Introduction to food engineering* (4<sup>th</sup> edition). Gulf Professional Publishing.
- Tang C, Hoo PCX, Tan LTH, Pusparajah P, Khan TM, Lee LH, Goh BH, and Chan KG. 2016. Golden Needle Mushroom: A *Culinary Medicine with Evidenced-Based Biological Activities and Health Promoting Properties*.
- Zhang Y., Fraatz M A., Horlamus F., Quitmann H., Zorn H. 2014. Identification of Potent Odorants in a Novel Nonalcoholic Beverage Produced by Fermentation of Wort with Shiitake (*Lentinula edodes*) *agricultural and food chemistry*. 2014. 62, 4195-4203.

## A Study on the utilization of Enoki fruiting bodies in a pulp- based functional drink

Sh. Rezaeian<sup>1</sup>, H. R. Pourianfar<sup>1</sup>, Sh. Bolourian<sup>2</sup>, H. Saberian<sup>2\*</sup>

Received: 2019.04.29

Accepted: 2019.09.29

**Introduction:** At the present, culinary-medicinal mushroom Enoki, *Flammulina velutipes*, ranks fifth among cultivated mushrooms in the world. Enoki has a delightfully crunchy texture and desirable taste. In addition, research has proved that this mushroom possesses substantial nutritional and medicinal properties. However, commercialization of Enoki is not yet expanded worldwide and it is still largely behind the other major edible mushrooms in some countries in west Asia (such as Iran). Based on our recent successful study on cultivation of Enoki in locally available lignocellulosic substrates, this study was aimed to evaluate the possibility of production of a novel functional drink based on Enoki mushroom supplemented with curcumin.

**Materials and Methods:** A pure culture of the cultivated strain of Enoki was freshly fructified in a locally available lignocellulosic substrate composed of 40 % wheat straw + 40 % sawdust + 18 % wheat bran + 1 % lime + 1 % gypsum. The fresh fruiting bodies were crushed to different forms of pulp and puree to be utilized in the basic formulation of drink. Then, different concentrations of mushroom particles (5, 7.5 and 10 %) and pectin gum (0.05, 0.075 and 0.10 %) were used. Following pasteurization at 90 °C for one minute, the rheological and sensory characteristics of the drink were evaluated. The viscosity and the flow behavior of the samples were measured at 7°C. A rotational programmable viscometer (LV DV-II Pro, Brookfield Engineering Inc., USA) with an LV spindle was employed. About 25 ml of each drink was poured into the cylinder of the viscometer and shear rate was measured from 5 to 200 s<sup>-1</sup> within 5 s intervals. Effect of different treatments (pectin gum and mushroom concentration) on color indices of the Enoki drink was studied using colorimeter (ColorFlex EZ, Hunter Lab, USA) and indices of, L\* (brightness), a\* (redness–greenness), b\* (yellowness–blueness), were determined. Some sensory characteristics (taste, odor, color, mouth feel, consistency, particle concentration and overall acceptance) of the Enoki drinks were evaluated by 12 trained panelists (aged 25–50 years) using a 5 level hedonic test (1, 2, 3, 4 and 5) from left to right representing unacceptable, relatively acceptable, good, very good, and excellent. Three types of flavor (Lime, tropical fruits and apple) were employed and the effect of the flavors on odor, flavor, taste and overall acceptance of the pulp- based drink was investigated. Finally, three concentrations of curcumin (0.01, 0.03 and 0.05 %), as a natural colorant, were used in the pulp- based drink and the overall acceptance of the panelists was evaluated in a separate test. Factorial tests based on the completely randomized design was employed to evaluate the effect of different concentration of mushroom and pectin gum. Results were analyzed by analysis of variance (ANOVA) using SPSS 19 statistical software and the Duncan's test with 95% confidence interval was used to compare the means of the tests. The results which were presented in this research have been obtained from the average values of 12 replicates.

**Results and Discussion:** Rheological tests showed that the flow behavior of the drink was pseudoplastic (or shear thinning), which indicated that the viscosity was decreased when the shear rate increased. All the samples had a yield stress at 7°C. Therefore, all the drink samples had a jelly form before exerting any stress, while the mushroom particles were completely suspended in the drink. From the panelists' point of view, there was not any difference between the color of the drink containing different gum and mushroom, but L\*, a\* and b\* values were significantly different. By increasing of the gum and mushroom concentration, brightness index (L\*) increased. Sensory tests indicated that the highest and the lowest scores of flavor were related to samples containing 5 and 10 % (w/w) mushroom, respectively (p<0.05). Finally, the drink containing 5% mushroom puree and 0.05 % pectin gum was selected. The results of sensory evaluation showed that the drink containing mushroom pulp was significantly better than one containing mushroom puree (p<0.05). The overall acceptance of the Enoki drink containing lime flavor was the highest and there were not any significant differences between those containing apple and tropical fruits flavor. Furthermore, sensory acceptance of the drink increased by adding 0.05 % curcumin into it. It can be concluded that the drink containing Enoki mushroom pulp may have a good

1. Industrial Fungi Biotechnology Research Department, Research Institute for Industrial Biotechnology, Academic Centre for Education, Culture and Research (ACECR) -Khorasan Razavi Province Branch, Mashhad, Iran

2. Food Additives Department, Food Science and Technology Research Institute, Academic Centre for Education, Culture and Research (ACECR) -Khorasan Razavi Province Branch, Mashhad, Iran

(\* - Corresponding Author Email: Saberian@acecr.ac.ir)

potential to be accepted by consumers. The use of a culinary-medicinal mushroom such as Enoki along with a natural colorant (curcumin) may make the drink a functional food without having any side effect. Overall, the findings of this study showed that the industrial production of this novel functional drink, with acidic lime taste and curcumin colorant, is feasible from a technical point of view.

**Keywords:** Enoki mushroom, Curcumin, Functional drink, Physicochemical properties

## مقاله علمی - پژوهشی

# بررسی اثرات افزودن صمغ زرد بر ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر رشته آشی و ارزیابی خواص فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی، رشته آشی کم نمک

زهره بوربورمرادی<sup>1</sup> - لیلا ناطقی<sup>2\*</sup> - اورنگ عیوض‌زاده<sup>2</sup>

تاریخ دریافت: 1398/03/06

تاریخ پذیرش: 1398/06/17

### چکیده

مصرف زیاد نمک در رشته آشی منجر به ابتلا و پیشرفت بیماری پرفشاری خون می‌گردد و از طرفی کاهش نمک منجر به ایجاد مشکلاتی نظیر سست شدن و ریزش رشته آشی در هنگام خشک کردن و یا منجر به وا رفتن رشته در هنگام جوش، می‌گردد. استفاده از صمغ‌ها در فرمولاسیون رشته آشی می‌تواند اثرات مخرب کاهش نمک بر کیفیت رشته آشی را کاهش دهد. هدف کلی از این پژوهش بررسی اثرات افزودن صمغ زرد در غلظت‌های 0/2، 0/4، 0/6، 0/8 و 1/2% بر مبنای وزن آرد به‌جای نمک مورد استفاده در فرمولاسیون رشته آشی شاهد (4/5%) بر ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر رشته آشی و همچنین ارزیابی خواص فیزیکوشیمیایی، بافتی، رنگ‌سنجی، کیفی و حسی رشته آشی کم نمک یک روز پس از تولید بود. بنابراین 7 تیمار به همراه شاهد مطابق با طرح کاملاً تصادفی طراحی گردید. نتایج آزمون‌های رئولوژیکی خمیر نشان داد که کاهش نمک و افزایش صمغ زرد اثر معنی‌داری ( $p \leq 0/05$ ) بر خواص رئولوژیکی خمیر رشته آشی شامل متوسط حداکثر ارتفاع منحنی، متوسط طول منحنی، شاخص تورم، متوسط سطح زیر منحنی، تست پیکربندی و الاستیسیته داشته است. ارزیابی نتایج فیزیکوشیمیایی نشان داد با اضافه نمودن صمغ زرد و کاهش میزان نمک میزان رطوبت افزایش و میزان خاکستر و نمک به‌صورت معنی‌داری کاهش یافت. نتایج آزمون بافت‌سنجی توسط دستگاه آنالیز پروفایل بافت نشان داد با کاهش نمک و افزایش غلظت صمغ زرد و میزان سختی تیمارها روند کاهش نشان داد. نتایج آزمون رنگ‌سنجی نشان داد که اختلاف آماری معنی‌داری در مولفه‌های رنگی  $a^*$ ،  $b^*$  و  $L^*$  بین کلیه تیمارها با نمونه شاهد مشاهده نگردید. بررسی ویژگی‌های کیفی رشته‌های آشی نشان داد با کاهش میزان نمک به 3/90% و افزودن صمغ زرد تا غلظت 0/6% وزن رشته‌های ناهمگون، وزن رشته‌های نیمه شکسته و شکسته در مقایسه با شاهد روند کاهش نشان داد و در غلظت‌های بالاتر از 0/6% صمغ زرد این تغییرات روند افزایشی نشان داد. نتایج ارزیابی حسی نشان داد با کاهش میزان نمک تا 3/90% و افزودن 0/6% صمغ زرد امتیاز بو، رنگ، بافت و پذیرش کلی تیمارها اختلاف معنی‌داری در مقایسه با نمونه شاهد نشان نداد. امتیاز مزه تمامی تیمارها اختلاف معنی‌داری با نمونه شاهد نداشت. نتایج این تحقیق نشان داد میتوان میزان نمک رشته آشی را تا 0/6% کاهش داد و به‌جای آن صمغ زرد اضافه نمود بدون اینکه اثر نامطلوبی بر خواص کیفی، بافتی و حسی رشته آشی در مقایسه با شاهد داشته باشد بنابراین تیمار مذکور به‌عنوان تیمار برتر انتخاب گردید.

واژه‌های کلیدی: رشته آشی، صمغ زرد، کم نمک

### مقدمه

غلات فرآوری شده نظیر محصولات خمیری سهم مهمی را در سبد خانوادها به‌خود اختصاص داده است. محصولات خمیری یکی از مهمترین منابع انرژی‌زا در بسیاری از کشورهای جهان بوده و هر روزه بر اهمیت آن افزوده می‌گردد. به‌طوری که می‌تواند تا حدود زیادی جای نان را پر نماید. همچنین در مقایسه با نان، ضایعات بسیار پایین بر جای گذاشته است. گرایش مردم به مصرف محصولات خمیری به علت سهولت در پخت، ارزش غذایی بالا، پایین بودن قیمت نسبی، قابلیت نگهداری زیاد و امکان غنی‌سازی و بالا بردن ارزش تغذیه‌ای این ماده از مزایای آن می‌باشد. در تولید محصولات خمیری، خمیر بدون آنکه تخمیر گردد فرم و شکل گرفته و در دماها و رطوبت‌های

غلات جزء اولین محصولات کشاورزی می‌باشند که انسان به‌عنوان غذا مورد استفاده قرار داده است و امروزه در اکثر کشورهای جهان تامین‌کننده بیشترین مقدار کالری، پروتئین، فیبر، ویتامین‌ها و مواد معدنی برای انسان می‌باشند (FAO 2002).

1 و 2- به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ورامین - پیشوا، ورامین، ایران.

\*-نویسنده مسئول: (Email: leylanateghi@yahoo.com)  
DOI: 10.22067/iftstr.v16i4.80940

اما در صورت تداوم مصرف زیاد نمک و مواد شور و یا اختلال در کارکرد کلیه‌ها یا یکی از سیستم‌های مربوط به دفع نمک اضافی، موجب تجمع آب در بدن شده و ایجاد ورم در تمام و یا قسمت‌هایی از بدن می‌نماید و همچنین از عوامل موثر بر افزایش فشار خون و بروز بیماری‌های قلبی و عروقی است (قاسمی و همکاران، 1393).

علی‌رغم اینکه کاهش مصرف نمک در جامعه دشوار است، اما با انجام اقدامات و استراتژی‌های خاص کاهش بخش عمده‌ای از نمک دریافتی جمعیت امکان‌پذیر است (سهیلی فرد، 1392).

هیدروکلوئیدها یا صمغ‌ها، بیوپلیمرهای هیدروفیلیک با وزن مولکولی بالا، ترکیباتی عملگرا در صنایع غذایی بوده و بیشتر به منظور کنترل جذب آب، بهبود رئولوژیکی، بهبود زمان ماندگاری و کنترل ویسکوزیته مورد استفاده قرار می‌گیرد (Kahajdova and karovicova, 2009).

زدو صمغی است شفاف که از درختان بادام کوهی تراوش می‌شود. درختان بادام کوهی که بومی ایران محسوب می‌شوند در مناطق وسیعی از کشور (ناحیه ایرانی، تورانی) به‌ویژه استان‌های مرکزی می‌رویند. این صمغ به نام‌های زدو و شیرازی نیز معروف است (خرمی، 1385). در زبان انگلیسی و فرانسوی به ترتیب gum zedu و Gomme notras می‌نامند (عباسی و رحیمی، 1387).

Pooresmail و همکاران (2011) بررسی اثر افزودن نمک (در سطوح 0/5، 1، 1/5 و 2%) بر خصوصیات رئولوژیکی خمیر و کیفیت نهایی پاستای تولیدی، بیان نمودند که افزودن نمک سبب کاهش جذب آب آرد، افزایش زمان گسترش خمیر و زمان مقاومت خمیر و بهبود کیفیت خمیر نهایی می‌شود. همچنین نتایج آزمون اکستنسوگرافی نشان داد که افزودن نمک سبب افزایش مقاومت خمیر به تخمیر و مقاومت خمیر به کشش می‌شود همچنین افزودن نمک باعث کاهش میزان لعاب و افت پخت نمونه‌ها شد در نهایت در بررسی حسی نمونه‌ها ارزیاب‌ها نمونه حاوی 1% نمک را به‌عنوان بهترین نمونه انتخاب کردند. Rafiq و همکاران (2016) در بررسی تاثیر صمغ زانتان و گوار (1، 2 و 3%) بر ویژگی‌های رشته فرنگی تولید شده با آرد بلوط، نتایج، نشان داد که افزودن هیدروکلوئیدها منجر به بهبود بافت و ویژگی‌های پخت گشته است. نتایج حاصل از ارزیابی حسی نشان داد که افزودن 3% صمغ مورد پذیرش ارزیابان حسی بوده است. از آنجایی که کاهش نمک منجر به ایجاد مشکلاتی نظیر سست شدن و ریزش رشته آشی شده و حتی در هنگام جوش، منجر به وا رفتن رشته می‌گردد. استفاده از صمغ زدو در فرمولاسیون رشته آشی کم‌نمک می‌تواند منجر به بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی، ویژگی‌های حسی، رئولوژیکی رشته آشی کم‌نمک گردد. در تحقیق حاضر به‌منظور تولید رشته آشی کم‌نمک و بهبود خواص نامطلوب ناشی از کاهش نمک در فرمولاسیون رشته آشی، از غلظت‌های 0/2، 0/4، 0/6، 0/8، 1 و 1/2% صمغ زدو استفاده گردید و خواص

مشخصی خشک می‌گردد. در فرآورده‌های خمیری نمک علاوه بر نقش بافت‌دهندگی و افزایش طعم، سبب افزایش سرعت تخمیر مخمرها می‌شود (Lazaridou et al., 2007).

رشته آشی و پلویی از جمله فرآورده‌های خمیری کشور ما هستند. این محصولات به‌صورت سنتی و صنعتی تولید می‌شوند. البته امروزه در برخی از کشورهای صنعتی به‌ویژه ژاپن، تولید محصولاتی مشابه، مانند رشته فوری رواج دارد. این محصولات از مخلوط آرد گندم با آب و نمک به‌دست می‌آیند که پس از مرحله عمل‌آوری، توسط دستگاه‌های مخصوص برش خورده و آنگاه خشک شده و آماده مصرف می‌شوند (سهیلی فرد، 1392).

به‌طورکلی رشته فرآورده‌ای است که از مخلوط کردن آرد گندم، آب و نمک پس از طی مرحله عمل‌آوردن به‌وسیله ماشین‌های مخصوص تهیه و پس از خشک کردن به بازار عرضه می‌شود که دارای انواع مختلف از جمله رشته آشی<sup>1</sup>، رشته پلویی<sup>2</sup> می‌باشد. رشته آشی فرآورده‌ای است که از مخلوط کردن آرد گندم، آب و نمک پس از طی مراحل مختلف عمل‌آوری به‌وسیله دستگاه، تولید و سپس خشک می‌گردد. دارای رنگ سفید متمایل به شیری می‌باشد و از آرد ستاره تهیه می‌شود این نوع رشته کمی ضخیم می‌باشد (سهیلی فرد، 1392).

مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره 2018 در ارتباط با ویژگی‌های رشته آشی، میزان رطوبت و میزان خاکستر رشته آشی به ترتیب نباید بیشتر از 12% و 6% باشد. میزان پروتئین و میزان نمک طعام رشته آشی به ترتیب نباید کمتر از 7% و بیشتر از 4/5% باشد. رشته‌ها باید تا حد امکان صاف، یکنواخت، به طول حداقل 15 سانتی‌متر و فاقد لک و مواد خارجی باشند و رنگ رشته آشی باید سفید مایل به کرم و رشته پلویی باید قهوه‌ای روشن باشد. رشته باید دارای مزه و بوی مخصوص به‌خود (آرد و خمیر) و فاقد مزه و بوی ترشیدگی، کپک‌زدگی، ماندگی و سایر بوهای غیرطبیعی باشد. همچنین درازا و پهنای رشته آشی به ترتیب نباید بیشتر از 3 میلی‌متر و 2/5 میلی‌متر باشد.

از طرفی استفاده گسترده نمک در محصولات غذایی در طی سال‌های اخیر موجب بروز نگرانی در مورد سلامتی مصرف‌کنندگان شده است. این نگرانی‌ها زمانی ایجاد شد که نتایج مطالعات گوناگون بیانگر این مطلب است که مصرف زیاد نمک طعام (سدیم کلراید) از مهمترین عوامل خطر در ابتلا و پیشرفت بیماری پرفشاری خون می‌باشد (Appel et al., 1997). در صورتیکه نمک به مقدار مناسب مصرف شود و کلیه‌ها هم سالم بوده و عملکرد خوبی داشته باشند نمک مورد نیاز بدن تامین می‌گردد



دستگاه خمیر پهن‌کن شده و خمیر به قطعات مربع شکل تبدیل شد و به مدت 15 دقیقه به آن استراحت داده و بعد قطعات مربع شکل خمیر وارد دستگاه برش‌زن شد تا تبدیل به ورقه‌های نازک گردد. هنگامی که ضخامت ورقه خمیر به حد مطلوب رسید، خمیر وارد دستگاه برش‌زن شده و تبدیل به حد مطلوب رسید، خمیر به صورت نوارهایی بریده شد و سرانجام این نوارها تبدیل به رشته شدند. در مرحله بعد رشته‌ها جهت خشک شدن به گرمخانه انتقال داده شده و بسته‌بندی انجام شد. از طرفی در تهیه نمونه‌های رشته آشی محتوی صمغ زدو، ابتدا مواد اولیه مشابه مقادیر ذکر شده در فرمولاسیون نمونه شاهد تهیه شده و سپس صمغ زدو به نسبت‌های 0/2، 0/4، 0/6، 0/8، 1/0 و 1/2% بر مبنای وزن آرد و همراه با مواد اولیه پودری (آرد و نمک) اضافه شد. از آنجایی که طبق استاندارد ملی به شماره 2018، حداکثر میزان نمک می‌تواند 4/5% باشد، و از طرفی صمغ زدو به‌عنوان جایگزین نمک به کار گرفته شده است، در تیمارهای ذکر گردیده در جدول شماره 1، با افزودن صمغ زدو، درصد مذکور از نمک کاسته شده است. سپس آزمون‌های رئولوژیکی خمیر در روز تولید و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی و حسی نمونه‌ها یک روز پس از تولید مورد بررسی قرار گرفت.

رئولوژیکی خمیر در روز تولید و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، بافتی، کیفی و حسی نمونه‌ها یک روز پس از تولید مورد بررسی قرار گرفت.

### مواد و روش‌ها

در پژوهش حاضر جهت تهیه نمونه شاهد و سایر نمونه‌ها، آرد (آرد البرز، ایران) و صمغ زدو (طعم و رنگ فریر، ایران)، مواد شیمیایی مورد استفاده شامل اسید سولفوریک، سولفات مس، سلیکاژل، اسید کلریدریک، فنل فتالین، متیلن بلو، تارتارات مضاعف سدیم و پتاسیم، دی پتاسیم اگزالات و دی هیدروکسید سدیم (مرک، آلمان) تهیه شد.

### آماده‌سازی تیمارهای مورد آزمون

ابتدا آنالیزهای مربوط به آرد (رطوبت، خاکستر، گلوتن، pH) و صمغ زدو (خاکستر، رطوبت، pH) مورد استفاده در تولید رشته آشی انجام شد. جهت تهیه نمونه شاهد از روش مهرعلیها و همکاران (1396) استفاده شد. بدین ترتیب که ابتدا مواد اولیه پودری (آرد و نمک) توزین و سپس به‌وسیله دستگاه همزن مخلوط شده و آب به آرامی به این مواد اضافه شد. سپس مرحله همزدن به مدت 15 دقیقه تا به‌دست آوردن یک خمیر همگن ادامه یافت. خمیر آماده شده وارد

جدول 1- معرفی تیمارهای مورد آزمون در تحقیق

کد تیمار	فرمولاسیون رشته آشی
1 (شاهد)	فاقد صمغ زدو + 4/5% نمک
2	حاوی 0/20% صمغ زدو + 4/30% نمک
3	حاوی 0/40% صمغ زدو + 4/10% نمک
4	0/60% صمغ زدو + 3/90% نمک
5	0/80% صمغ زدو + 3/70% نمک
6	1/0% صمغ زدو + 3/50% نمک
7	1/20% صمغ زدو + 3/30% نمک

\*درصدها بر مبنای وزن آرد مصرفی می‌باشد

### آزمون‌های شیمیایی آرد

آزمون تعیین پروتئین آرد توسط روش کج‌لدال مطابق روش AACC شماره 46-12 (Anonymous, 2003)، آزمون تعیین خاکستر مطابق روش AACC شماره 08-01 (Anonymous, 2003)، آزمون تعیین گلوتن مرطوب مطابق روش AACC شماره 54-10 (Anonymous, 2003) و آزمون تعیین pH مطابق روش استاندارد ملی شماره 37 انجام شد.

### آزمون‌های صمغ زدو

pH، خاکستر و رطوبت صمغ زدو مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره 442 انجام شد.

### آزمون رئولوژیکی خمیر رشته آشی

در تحقیق حاضر آزمون آلوتولب توسط دستگاه آلوتولب (شوپن، فرانسه) طبق استاندارد AACC بین‌المللی به شماره A 30-54 انجام شد.

متوسط حداکثر ارتفاع منحنی (p)، متوسط طول منحنی (L)، شاخص تورم<sup>1</sup> (G)، متوسط سطح زیر منحنی (W)، نسبت پیکربندی<sup>2</sup> اندیس الاستیسیته<sup>3</sup> (Ie) مورد بررسی قرار گرفت.

1 Index of swelling  
2 Configuration Ratio  
3 Elasticity Index

شد. بدین ترتیب که مقدار آن‌ها در یک بسته محاسبه شده و سپس درصد آن گزارش شد.

#### درصد وزنی رشته‌های شکسته

این آزمون مطابق روش استاندارد ملی شماره 2018 انجام شد. بدین ترتیب که مقدار آن‌ها را در یک بسته محاسبه کرده و سپس درصد آن گزارش شد.

#### ارزیابی حسی

ویژگی‌های حسی توسط 10 ارزیاب بر اساس آزمون هدونیک 5 نقطه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفت. ارزیاب‌ها نمونه‌ها را بعد از پخت و سرد شدن پس از 5 دقیقه تست کردند. امتیازات بین 1 (بسیار ناخوشایند) و 5 (بسیار خوشایند) در نظر گرفته شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل مزه، بو، رنگ، بافت و پذیرش کلی بودند (Anonymous, 2003).

#### تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

به‌منظور بررسی ویژگی‌های کمی داده‌ها با توجه به وجود 7 تیمار و 3 تکرار از آنالیز واریانس یک‌طرفه و همچنین جهت مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون دانکن در سطح معنی‌داری 5% به‌منظور بررسی معنی‌دار بودن نتایج حاصله استفاده شد. تجزیه و تحلیل‌های آماری توسط نرم‌افزار SPSS version 16 انجام پذیرفت.

#### نتایج و بحث

##### فیزیکوشیمیایی

آرد مورد استفاده در انجام این تحقیق از نوع آرد نول بود که نتایج حاصل از بررسی ویژگی‌های شیمیایی آرد مورد استفاده در جدول 2 نشان داده شده است. با توجه به جدول 2 تمامی فاکتورهای مورد اندازه‌گیری آرد مصرفی در حد استاندارد ملی آرد ایران به شماره استاندارد 103 بوده است.

##### خصوصیات رئولوژیکی خمیر

##### متوسط حداکثر ارتفاع منحنی (p)

متوسط حداکثر ارتفاع منحنی، حداکثر فشار مورد نیاز برای تغییر شکل نمونه است و بر حسب میلی‌متر بیان می‌شود. معیار مقاومت به کشش سفتی<sup>8</sup> بوده و هرچه قدر بیشتر باشد مقاومت خمیر بیشتر خواهد شد (قنبرزاده، 1387). نتایج مقایسه میانگین نمونه‌ها نشان داد که متوسط حداکثر ارتفاع منحنی خمیر نمونه 6 (رشته آشی حاوی 1/0%

#### آزمون‌های فیزیکوشیمیایی رشته آشی

آزمون تعیین رطوبت مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره 2705، آزمون تعیین خاکستر مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره 103 و آزمون تعیین نمک مطابق روش استاندارد ملی شماره 2880 انجام شد.

#### بافت‌سنجی رشته‌های آش

این آزمون مطابق با روش Choy و همکاران (2012) توسط دستگاه آنالیز پروفایل بافت (Brookfield) انجام شد. بدین ترتیب که جهت بررسی ویژگی‌های بافتی رشته‌ها، نمونه‌های مورد آزمون را به مدت 10 دقیقه پخت نموده و بلافاصله در دمای محیط نمونه‌ها را در زیر پروب از نوع استوانه‌ای با قطر 35 mm قرار داده شد. تنظیمات کالیبراسیون بدین ترتیب بودند: لودسل<sup>1</sup> 5 kg، مسیر بازگشت 15 mm، در حالت فشاری<sup>2</sup> سرعت 2 mm/s و میزان کرنش 75% و از پیک‌های به‌دست آمده، فاکتورهایی مثل سختی<sup>3</sup>، چسبندگی<sup>4</sup>، پیوستگی<sup>5</sup>، الاستیسیته (قابلیت ارتجاع)، صمغیت<sup>6</sup> و قابلیت جویدن<sup>7</sup> مورد بررسی قرار گرفت.

#### رنگ‌سنجی

آزمون تعیین رنگ نمونه‌های رشته آش توسط دستگاه هانترلب (کالرمتر، تایوان) مطابق با روش Choy و همکاران (2012) انجام شد که با مشخص کردن شاخص‌های  $a^*$ ،  $b^*$  و  $L^*$  پارامتر رنگ تعیین شد. شاخص  $L^*$  بیانگر روشنی و تیرگی نمونه‌ها است. شاخص  $a^*$  بیانگر قرمز یا سبز بودن نمونه‌ها و شاخص  $b^*$  بیانگر زرد یا آبی بودن نمونه‌ها است. جهت انجام آزمون، حدود 15 گرم نمونه را توسط هاون کوئیده و در یک کیسه شفاف بسته‌بندی کرده و رنگ تیمارها محاسبه شد.

#### درصد وزنی رشته‌های ناهمگون

این آزمون مطابق روش استاندارد ملی شماره 2018 انجام شد. بدین ترتیب که مقدار آن‌ها را در یک بسته محاسبه شده و سپس درصد آن گزارش شد.

#### درصد وزنی رشته‌های نیمه شکسته

این آزمون مطابق روش استاندارد ملی شماره 2018 انجام

- 1 Load cell
- 2 Compression mode
- 3 Hardness
- 4 Adhesiveness
- 5 Cohesiveness
- 6 Gumminess
- 7 Chewiness

8 Tenacity

بیان شده است. نتایج متوسط حداکثر ارتفاع منحنی برای تمامی نمونه‌ها در محدوده 107-116 بود که در حدود تعریف شده استاندارد قرار داشت. Tudorica و همکاران (2002) بیان نمودند که صمغ‌ها می‌توانند منجر به کاهش کشش‌پذیری خمیر و قوی‌تر شدن خمیر شوند. Callejo و همکاران (2009) گزارش کردند که اضافه کردن آرد چاودار به آرد گندم باعث کاهش فشار در آلوئوگراف می‌گردد که علت را کاهش محتوای گلوتهی آرد ترکیبی و کاهش الاستیسته خمیر دانستند.

صمغ زدو+ 3/50% نمک) به‌طور معنی‌داری بالاتر از تیمارهای دیگر بود ( $P \leq 0/05$ ). همچنین پائین‌ترین متوسط حداکثر ارتفاع منحنی خمیر متعلق به نمونه 3 (رشته آشی حاوی 0/40% صمغ زدو+ 4/10% نمک) بود ( $P \leq 0/05$ ). بنابراین تاثیر تیمار بر متوسط حداکثر ارتفاع منحنی خمیر نمونه‌های محتوی مقادیر مختلف صمغ زدو معنی‌دار بود ( $P \leq 0/05$ ).

مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره 2018، میزان متوسط حداکثر ارتفاع منحنی (مقاومت در برابر تغییر شکل) در نمونه‌های آرد نول می‌تواند 70-120 میلی‌متر باشد که میزان بهینه آن 80 میلی‌متر

جدول 2 ویژگی‌های شیمیایی آرد گندم مصرفی

نمونه	آزمون	رطوبت (%)	خاکستر (%)	گلوتهن مرطوب (%)	pH
آرد نول	14/10±0/05	0/40±0/01	24/00±0/09	6/10±0/06	
صمغ زدو	12/07±0/02	1/67±0/03	---	5/11±0/02	

پائین‌ترین شاخص تورم خمیر متعلق به نمونه شاهد بود ( $P \leq 0/05$ ). بنابراین تاثیر تیمار بر شاخص تورم خمیر نمونه‌های محتوی مقادیر مختلف صمغ زدو معنی‌دار بود ( $P \leq 0/05$ ). مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره 2018، شاخص تورم خمیر (کشش‌پذیری خمیر) در نمونه‌های آرد نول می‌تواند 20-25 باشد و میزان بهینه آن 21 بیان شده است. نتایج شاخص تورم خمیر برای تمامی نمونه‌ها در محدوده 16-19/40 بود که در حدود تعریف شده استاندارد قرار داشت. افشین پژوه و همکاران (1390) در بررسی تاثیر افزودن اینولین بر خصوصیات رئولوژیکی خمیر ماکارونی بیان نمودند هرچه خمیر، شاخص تورم بالاتری داشته باشد زودتر دچار ترکیدگی می‌شود. بنابراین بین افزایش مقدار اینولین و افزایش ترکیدگی همبستگی وجود دارد.

#### سطح زیر منحنی (W)

متوسط سطح زیر منحنی انرژی تغییر شکل یا قدرت نانویی نامیده می‌شود و مقدار کل کار وارد شده به خمیر را نشان می‌دهد (قنبرزاده، 1387). نتایج مقایسه میانگین نمونه‌ها نشان داد که متوسط سطح زیر منحنی خمیر نمونه 5 (رشته آشی حاوی 0/80% صمغ زدو+ 3/70% نمک)، به‌طور معنی‌داری بالاتر از تیمارهای دیگر بود. همچنین پائین‌ترین متوسط سطح زیر منحنی خمیر متعلق به نمونه شاهد بود ( $P \leq 0/05$ ). بنابراین تاثیر تیمار بر متوسط سطح زیر منحنی خمیر نمونه‌های محتوی مقادیر مختلف صمغ زدو معنی‌دار بود ( $P \leq 0/05$ ). نتایج متوسط سطح زیر منحنی برای تمامی نمونه‌ها در محدوده 221/00 - 273/00 قرار داشت که علت آن می‌تواند مربوط به افزایش غلظت هیدروکلوئیدها باشد که منجر به افزایش توسعه

#### متوسط طول منحنی (L)

نتایج متوسط طول منحنی در هنگام پاره شدن است. هرچقدر L بیشتر باشد، نشان‌دهنده کشش‌پذیری بیشتر خمیر خواهد بود و بر حسب میلی‌متر بیان می‌شود (قنبرزاده، 1387). نتایج مقایسه میانگین نمونه‌ها نشان داد که متوسط طول منحنی خمیر نمونه 3 (رشته آشی حاوی 0/40% صمغ زدو+ 4/10% نمک) به‌طور معنی‌داری بالاتر از تیمارهای دیگر بود ( $P \leq 0/05$ ). همچنین پائین‌ترین متوسط طول منحنی خمیر متعلق به نمونه شاهد بود ( $P \leq 0/05$ ). بنابراین تاثیر تیمار بر متوسط طول منحنی خمیر نمونه‌های محتوی مقادیر مختلف صمغ زدو معنی‌دار بود ( $P \leq 0/05$ ). مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره 2018، میزان متوسط طول منحنی (طول کشیده شدن خمیر) در نمونه‌های آرد نول می‌تواند 75-100 میلی‌متر باشد که میزان بهینه آن 88 میلی‌متر بیان شده است. نتایج متوسط طول منحنی برای تمامی نمونه‌ها در محدوده 52-76 بود که در حدود تعریف شده استاندارد قرار داشت. Mera و همکاران (2007) در بررسی ترکیب شیمیایی و خواص عملکردی آردهای مرکب از گندم و گیاهان بیان نمودند که علت کاهش طول منحنی در آلوئوگراف، افزایش مقدار کربوهیدرات‌ها و قندها می‌باشد.

#### شاخص تورم<sup>1</sup> (G)

نتایج مقایسه میانگین نمونه‌ها نشان داد که شاخص تورم خمیر نمونه 3 (رشته آشی حاوی 0/40% صمغ زدو+ 4/10% نمک) به‌طور معنی‌داری بالاتر از تیمارهای دیگر بود ( $P \leq 0/05$ ). همچنین

شبکه گلوته‌ی و افزایش ثبات و قوام خمیر می‌شود (Rodge et al., 2012). در واقع، افزایش استحکام و مقاومت خمیر با افزودن هیدروکلوئیدها را می‌توان، در اثر افزایش تشکیل پیوندهای هیدروژنی بین گروه‌های هیدروکسیل هیدروکلوئیدها با آب و آرد و در نتیجه تشکیل کمپلکس محکم هیدروکلوئید با گلوته دانست (Del Nobile

et al., 2005). نصیری و همکاران (1388) در بررسی تاثیر ایزوله پروتئین سویا بر ویژگیهای ماکارونی بیان کردند با افزایش زمان تخمیر میزان سطح زیر منحنی یا انرژی کاهش پیدا می‌کند. در نتیجه باید مراحل تخمیر را کوتاه نمود تا خمیر سریعتر وارد مرحله پروسس شود.

جدول 3- نتایج آلوئولوب نمونه‌های خمیر رشته آشی حاوی غلظت‌های مختلف نمک و صمغ زدو

کد تیمار	p (mm)	L (mm)	G	W	p/L	Le (%)
1	107/00±1/00 <sup>e</sup>	52/00±0/50 <sup>f</sup>	16/00±0/10 <sup>d</sup>	221/00±1/00 <sup>f</sup>	2/06±0/12 <sup>a</sup>	54/40±0/50 <sup>a</sup>
2	112/00±0/45 <sup>bc</sup>	66/34±0/00 <sup>c</sup>	18/00±0/01 <sup>c</sup>	266/00±0/87 <sup>b</sup>	1/70±0/09 <sup>bc</sup>	52/50±0/80 <sup>b</sup>
3	103/00±0/50 <sup>f</sup>	76/00±0/15 <sup>a</sup>	19/40±0/15 <sup>a</sup>	258/00±0/90 <sup>d</sup>	1/36±0/06 <sup>d</sup>	49/40±0/15 <sup>d</sup>
4	110/00±1/00 <sup>d</sup>	62/00±0/60 <sup>e</sup>	17/50±0/10 <sup>c</sup>	251/00±1/00 <sup>e</sup>	1/77±0/09 <sup>bc</sup>	52/10±0/25 <sup>b</sup>
5	113/00±1/00 <sup>b</sup>	70/00±0/90 <sup>b</sup>	18/60±0/80 <sup>b</sup>	273/65±1/00 <sup>a</sup>	1/61±0/11 <sup>c</sup>	50/50±0/50 <sup>c</sup>
6	116/00±0/90 <sup>a</sup>	63/00±0/30 <sup>d</sup>	17/60±0/10 <sup>c</sup>	260/00±1/10 <sup>c</sup>	1/84±0/15 <sup>b</sup>	49/80±0/60 <sup>cd</sup>
7	111/00±0/25 <sup>cd</sup>	70/0±0/30 <sup>b</sup>	18/60±0/18 <sup>b</sup>	266/00±0/80 <sup>b</sup>	1/59±0/11 <sup>c</sup>	50/40±0/85 <sup>cd</sup>

نتایج به صورت میانگین ± انحراف معیار نشان داده شده است.

حروف کوچک متفاوت متفاوت معنی‌دار در ستون هستند (P<0/05).

#### نتایج نسبت پیکربندی<sup>1</sup> (p/L)

نسبت پیکربندی، نسبت مقاومت به کشش / ضریب ایندکس گفته می‌شود (قنبرزاده، 1387). نتایج مقایسه میانگین نمونه‌ها نشان داد که نسبت پیکربندی خمیر نمونه شاهد به‌طور معنی‌داری بالاتر از تیمارهای دیگر بود (P≤0/05). همچنین پائین‌ترین نسبت پیکربندی خمیر متعلق به نمونه 3 (رشته آشی حاوی 0/40% صمغ زدو+4/10% نمک) بود (P≤0/05). بنابراین تاثیر تیمار بر واریانس نسبت پیکربندی خمیر نمونه‌های محتوی مقادیر مختلف صمغ زدو معنی‌دار بود (P≤0/05). مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره 2018، نسبت پیکربندی (نسبت مقاومت به کشش / ضریب ایندکس) در نمونه‌های آرد نول می‌تواند 1/28 - 0/92 باشد و میزان بهینه آن 0/92 بیان شده است. نتایج نسبت پیکربندی برای تمامی نمونه‌ها در محدوده 2/06 - 1/36 قرار داشت که در حدود تعریف شده استاندارد می‌باشد. راستی و همکاران (1390) در بررسی تاثیر بتاگلوکان جو بر برخی خواص رئولوژیکی آرد گندم بیان نمودند با افزایش میزان بتاگلوکان مقاومت خمیر نسبت به کشش افزایش می‌یابد که ناشی از قوی بودن شبکه گلوته‌ی خمیر و افزایش استحکام آن است.

#### اندیس الاستیسیته<sup>2</sup> (Ie)

اندیس الاستیسیته که به آن اندیس کشش‌پذیری نیز گفته می‌شود، نسبت فشار در 4 cm از ابتدای منحنی (p<sub>200</sub>) به فشار حداکثر (p) است و به‌صورت درصد بیان می‌شود (قنبرزاده، 1387). نتایج مقایسه میانگین نمونه‌ها نشان داد که اندیس الاستیسیته نمونه شاهد به‌طور معنی‌داری بالاتر از تیمارهای دیگر بود. همچنین پائین‌ترین اندیس الاستیسیته متعلق به نمونه 3 (رشته آشی حاوی 0/40% صمغ زدو+4/10% نمک) بود (P≤0/05). بنابراین تاثیر تیمار بر واریانس اندیس الاستیسیته خمیر نمونه‌های محتوی مقادیر مختلف صمغ زدو معنی‌دار بود (P≤0/05). مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره 2018، اندیس الاستیسیته (الاستیسیته خمیر) در نمونه‌های آرد نول می‌تواند 55 - 45% باشد و میزان بهینه آن 50% بیان شده است. نتایج اندیس الاستیسیته برای تمامی نمونه‌ها در محدوده 49/40 - 54/40% قرار داشت. که در حدود تعریف شده استاندارد می‌باشد. مرادی و ناصحی (1396) در تاثیر فیبر باگاس نیشکر بر ویژگیهای خمیر و نان بربری گزارش کردند که کشش‌پذیری خمیر با افزودن سطوح مختلف فیبر باگاس نیشکر و صمغ زانتان در زمان‌های تخمیر کاهش پیدا می‌کند.

علت کاهش کشش‌پذیری از یک طرف به دلیل جایگزینی پروتئین با فیبر و عدم تشکیل شبکه گلوته‌ی است و از طرف دیگر

نمود که با کاهش درصد نمک، میزان خاکستر نمونه‌ها کاهش یافت زیرا یک ماده معدنی است و سبب افزایش خاکستر نمونه شاهد در مقایسه با سایر نمونه‌ها می‌شود (Luchian and canja, 2010). مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره 2018، در ارتباط با ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی رشته آشی و پلویی، میزان خاکستر کل رشته آشی حداکثر می‌تواند 6% باشد که در تمامی تیمارهای مورد بررسی، در محدوده استاندارد قرار داشت. محققان میزان خاکستر صمغ زرد سفید رنگ را 1/67% گزارش نموده‌اند (فدوی و همکاران، 1391). مهرعلیها و همکاران (1396) در بررسی اثر افزودن صمغ‌های گوار و زانتان (به میزان 0/5 و 1%) در کاهش میزان نمک (به میزان 2 و 3%) در مقایسه با نمونه شاهد (5% نمک) در رشته آشی، بیان نمودند که با افزایش غلظت صمغ‌ها و کاهش نمک، میزان خاکستر فرآورده نهایی کاهش یافت.

#### نمک

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که میزان نمک نمونه شاهد (رشته آشی فاقد صمغ زرد+ 4/5% نمک) به طور معنی‌داری بالاتر از تیمارهای دیگر بود ( $P \leq 0/05$ ). همچنین پائین‌ترین میزان نمک متعلق به نمونه 7 (رشته آشی حاوی 1/20% صمغ زرد+ 3/30% نمک) بود که دستیابی به چنین نتیجه‌ای دور از ذهن نبود. در فرمولاسیون نمونه 7، مقادیر کمتری نمک مورد استفاده قرار گرفته بود. بنابراین تاثیر تیمار بر نمک نمونه‌های محتوی مقادیر مختلف صمغ زرد معنی‌دار بود ( $P \leq 0/05$ ). به عبارتی با کاهش درصد نمک و افزایش صمغ زرد، میزان نمک نمونه‌ها کاهش یافت. این می‌تواند به دلیل کاهش نمک در فرمولاسیون تهیه رشته آشی باشد. در فرمولاسیون نمونه 7، مقادیر کمتری نمک مورد استفاده قرار گرفته بود. مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره 2018، در ارتباط با ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی رشته آشی و پلویی، میزان نمک رشته آشی حداکثر می‌تواند 4/5% باشد که در تمامی تیمارهای مورد بررسی، در محدوده استاندارد قرار داشت.

#### رنگ‌سنجی

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که اختلاف آماری معنی‌داری در مولفه‌های رنگی  $a^*$ ،  $b^*$  و  $L^*$  تیمارها وجود نداشت که شاید بتوان علت این امر را به رنگ زرد مورد استفاده نسبت داد که به رنگ رشته تولیدی نزدیک بوده است ( $P \leq 0/05$ ). شکری و همکاران (1395) در بررسی اثر صمغ هیدروکسیل پروپیل متیل سلولز و آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی بر خصوصیات فارینوگرافی و کیفی ماکارونی بدون گلوتن بیان نمودند افزودن دو صمغ مذکور تاثیر معناداری بر رنگ ماکارونی ندارد. آنها علت عدم تغییر رنگ در اثر افزودن هیدروکسیل

حضور زانتان بر افزایش استحکام شبکه گلوتن مؤثر است (Rosell et al., 2006).

#### ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی رشته آشی رطوبت

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که میزان رطوبت نمونه 7 (رشته آشی حاوی 1/20% صمغ زرد+ 3/30% نمک) به طور معنی‌داری بالاتر از تیمارهای دیگر بود. همچنین پائین‌ترین میزان رطوبت متعلق به نمونه شاهد (رشته آشی فاقد صمغ زرد+ 4/5% نمک) بود ( $P \leq 0/05$ ). بنابراین تاثیر تیمار بر رطوبت نمونه‌های محتوی مقادیر مختلف صمغ زرد معنی‌دار بود ( $P \leq 0/05$ ). در تحقیق حاضر نیز می‌توان بیان نمود که با افزایش درصد صمغ، میزان رطوبت نمونه به طور معنی‌داری افزایش یافته است و علت این امر را می‌توان به گروه‌های هیدروکسیلی موجود در صمغ زرد نسبت داد که با ایجاد پیوندهای هیدروژنی منجر به افزایش رطوبت گشته است. مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره 2018، در ارتباط با ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی رشته آشی و پلویی، میزان رطوبت رشته آشی حداکثر می‌تواند 12% باشد که در تمامی تیمارهای مورد بررسی، در محدوده استاندارد قرار داشت. Rosell و همکاران (2001) از هیدرکلوئیدهای (سدیم آلژینات، زانتان، کاراگینان و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز) در فرمولاسیون آرد مصرفی برای تهیه نان استفاده نمودند و گزارش کردند که تعداد زیاد گروه‌های هیدروکسیل موجود در ساختار صمغ‌ها، با ایجاد پیوندهای هیدروژنی، جذب آب و میزان رطوبت را افزایش می‌دهند. مهرعلیها و همکاران (1396) در بررسی اثر افزودن صمغ‌های گوار و زانتان (به میزان 0/5 و 1%) در کاهش میزان نمک (به میزان 2 و 3%) در مقایسه با نمونه شاهد (5% نمک) در رشته آشی، بیان نمودند که با افزایش غلظت صمغ‌ها و کاهش نمک میزان رطوبت فرآورده نهایی افزایش یافت. Hui ling و همکاران (2018) از هیدروکلوئیدهای (زانتان، کاراگینان، صمغ عربی، صمغ لوبیایی لوکاست) در سطوح 0/5، 1، 1/5 و 2% در فرمولاسیون ماکارونی بدون نمک، استفاده نمودند و گزارش کردند که استفاده از صمغ‌های مذکور منجر به افزایش جذب آب خمیر شدند.

#### خاکستر

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که میزان خاکستر نمونه‌های 1 (رشته آشی حاوی فاقد صمغ زرد+ 4/50% نمک) و 2 (رشته آشی حاوی 0/20% صمغ زرد+ 4/30% نمک) به طور معنی‌داری بالاتر از تیمارهای دیگر بود. همچنین پائین‌ترین میزان خاکستر متعلق به نمونه 7 (رشته آشی حاوی 1/20% صمغ زرد+ 3/30% نمک) بود ( $P \leq 0/05$ ). بنابراین تاثیر تیمار بر خاکستر نمونه‌های محتوی مقادیر مختلف صمغ زرد معنی‌دار بود ( $P \leq 0/05$ ). به طور کلی می‌توان بیان

پروپیل متیل سلولز را به بی‌رنگ بودن این ماده و مقادیر کم مصرف آن در فرمولاسیون ماکارونی نسبت دادند.

جدول 4- نتایج آزمون فیزیکوشیمیایی و رنگ‌سنجی رشته آشی حاوی غلظت‌های مختلف نمک و صمغ زدو

تیمار	آزمون‌های فیزیکوشیمیایی			آزمون‌های رنگ‌سنجی		
	رطوبت (%)	خاکستر (%)	نمک (%)	L*	a*	b*
1	10/63±0/01 <sup>c</sup>	6/23±0/08 <sup>a</sup>	4/47±0/01 <sup>a</sup>	91/65±5/54 <sup>ab</sup>	-5/82±1/76 <sup>a</sup>	21/22±01/69 <sup>a</sup>
2	10/70±0/01 <sup>a</sup>	6/13±0/02 <sup>a</sup>	3/81±0/00 <sup>b</sup>	92/15±2/93 <sup>ab</sup>	-5/82±1/74 <sup>a</sup>	21/72±1/83 <sup>a</sup>
3	10/81±0/00 <sup>a</sup>	5/95±0/05 <sup>b</sup>	3/71±0/00 <sup>b</sup>	88/70±2/08 <sup>b</sup>	-5/67±1/82 <sup>a</sup>	22/97±2/02 <sup>a</sup>
4	10/85±0/01 <sup>a</sup>	5/95±0/08 <sup>b</sup>	3/65±0/00 <sup>b</sup>	90/97±2/50 <sup>ab</sup>	-5/84±1/09 <sup>a</sup>	22/02±2/09 <sup>a</sup>
5	10/90±0/00 <sup>b</sup>	4/73±0/14 <sup>c</sup>	3/12±0/00 <sup>c</sup>	90/94±2/40 <sup>ab</sup>	-5/83±1/97 <sup>a</sup>	22/00±0/10 <sup>a</sup>
6	10/93±0/00 <sup>b</sup>	3/96±0/00 <sup>d</sup>	2/92±0/00 <sup>d</sup>	90/43±2/35 <sup>ab</sup>	-5/52±1/63 <sup>a</sup>	22/34±4/30 <sup>a</sup>
7	11/00±0/02 <sup>b</sup>	3/12±0/02 <sup>e</sup>	2/39±0/02 <sup>e</sup>	92/93±3/21 <sup>a</sup>	-5/75±1/70 <sup>a</sup>	21/43±2/10 <sup>a</sup>

نتایج به صورت میانگین ± انحراف معیار نشان داده شده است.  
حروف کوچک متفاوت اختلاف معنی‌دار در ستون هستند ( $P < 0/05$ )

### بافت‌سنجی

#### سختی

سبب نرمی بافت می‌گردد. از سوی دیگر صمغ این توانایی را دارد که با رشته‌های آمیلوز پیوند برقرار کرده و مانع از اتصال رشته‌های آمیلوزی به یکدیگر شود. Ashwini و همکاران (2009) اینطور بیان کردند که هیدروکلئیدها سبب افزایش ظرفیت اتصال به آب در محیط آبی نشاسته می‌گردند. محمدی گرفمی و همکاران (1394) در بررسی تاثیر به‌کارگیری صمغ‌های زدو و کربوکسی متیل سلولز بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی کیک، اذعان نمودند که مقادیر بالاتر صمغ‌ها منجر به چسبندگی کیک نهایی گشت. همچنین صمغ زدو در مقادیر بالا (1%) موجب افزایش معنی‌دار میزان رطوبت شد.

Choy و همکاران (2012) در بررسی تاثیر نشاسته استیل‌ه شده سیب زمینی و سدیم کربوکسی متیل‌سلولز بر ویژگی‌های کیفی رشته‌های سرخ شده فوری بیان نمودند که افزودن هر دو مورد مذکور منجر به افزایش سفتی محصول نهایی گشته است. همچنین داده‌های به‌دست آمده از میکروسکوپ الکترونی نشان داد که شبکه پیوسته‌ای در بافت بوجود آمده است. Kaur و همکاران (2015) در بررسی تاثیر صمغ‌های گوار و زانتان بر ویژگی‌های کیفی پاستا اذعان نمودند که افزودن هر دو نوع صمغ، منجر به کاهش سفتی نمونه‌ها شده است. که علت این امر به تاخیر در تورم گرانول‌ها و همچنین تعامل و ارتباط کمتر آنها در حضور صمغ‌ها نسبت داده شد.

#### چسبندگی

نتایج نشان داد با افزایش میزان صمغ و کاهش میزان نمک در تیمارهای مورد آزمون چسبندگی روند افزایشی نشان داد به‌طوری‌که بالاترین میزان چسبندگی متعلق به نمونه 6 رشته آشی (حاوی 1/0% صمغ زدو + 3/50% نمک) و نمونه 7 رشته آشی (حاوی 1/20% صمغ

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که بالاترین میزان سختی متعلق به نمونه شاهد رشته آشی (فاقد صمغ زدو + 4/5% نمک)، و پایین‌ترین میزان سختی متعلق به نمونه 7 رشته آشی (حاوی 1/20% صمغ زدو + 3/30% نمک) بود ( $P \leq 0/05$ ) و با افزایش مقادیر مختلف صمغ زدو، سختی نمونه‌ها به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ( $P \leq 0/05$ ). بنابراین تاثیر تیمار بر سختی نمونه‌های محتوی مقادیر مختلف صمغ زدو معنی‌دار بود ( $P \leq 0/05$ ). شاخص سختی به صفات نرمی یا سفتی رشته مربوط است که حداکثر ارتفاع منحنی نیرو در اولین فشار است و حداکثر نیروی اعمال شده طی گاز زدن رشته را نشان می‌دهد. از لحاظ حسی، سختی حداکثر نیروی لازم برای فشردن ماده غذایی بین دندان‌های آسیاب تا حصول تغییر شکل معین است (قنبرزاده، 1387). علت اصلی سفت شدن بافت با کاهش نمک و افزودن صمغ زدو مربوط به پدیده برگشت نشاسته و تبدیل حالت بی‌شکل نشاسته به حالت بلوری آن با تشکیل پیوندهای هیدروژنه بین مولکول‌های آمیلوز و آمیلوپکتین است (Rosell et al., 2001; Gomez et al., 2007). Rao و Manohar گزارش کردند تغییر در محتوای آب حتی به میزان 1% سبب ایجاد تغییرات قابل توجه در خصوصیات رئولوژیکی می‌گردد. با افزایش میزان آب چسبناکی خمیر بیشتر شده و محصول به‌دست آمده سفت‌تر می‌شود، که بیانگر افزایش در دانسیته، نیروی شکستن و فشردگی می‌باشد. وجود گروه‌های هیدروکسیل در ساختار صمغ و فعالیت متقابل این گروه‌ها با آب، از طریق پیوند هیدروژنی سبب افزایش جذب آب می‌شود؛ صمغ به علت محبوس کردن آب در ساختار خود خواص چربانی مشابه چربی را ایجاد می‌کند و در نتیجه

بررسی تاثیر صمغ‌های گوار و زانتان بر ویژگی‌های کیفی پاستا اذعان نمودند که افزودن هر دو نوع صمغ، منجر به افزایش چسبندگی نمونه‌ها شده است. که علت این امر به تاخیر در تورم گرانول‌ها و همچنین تعامل و ارتباط کمتر آنها در حضور صمغ‌ها نسبت داده شد. همچنین نشت آمیلوز به واسطه تشکیل کمپلکس منجر به افزایش چسبندگی نمونه‌های ماکارونی شده است.

زدو+ (3/30% نمک) بود. بنابراین تاثیر تیمار بر چسبندگی نمونه‌های محتوی مقادیر مختلف صمغ زرد معنی‌دار بود ( $P \leq 0/05$ ). Choy و همکاران (2012) در بررسی تاثیر نشاسته استیله شده سیب‌زمینی و سدیم کربوکسی متیل سلولز بر ویژگی‌های کیفی رشته‌های سرخ شده فوری بیان نمودند که افزودن هر دو مورد مذکور منجر به کاهش چسبندگی محصول نهایی گشته است. Kaur و همکاران (2015) در

جدول 5- نتایج آنالیز پروفیل بافت رشته آشی حاوی غلظت‌های مختلف نمک و صمغ زرد

تیمار	سختی (N)	چسبندگی (mJ)	پیوستگی	الاستیسیته (mm)	صمغیت (N)	قابلیت جویدن (mJ)
1	0/48±0/12 <sup>a</sup>	0/10±0/02 <sup>b</sup>	0/45±0/01 <sup>a</sup>	4/82±0/01 <sup>a</sup>	0/21±0/01 <sup>a</sup>	1/03±0/01 <sup>a</sup>
2	0/44±0/01 <sup>b</sup>	0/05±0/01 <sup>b</sup>	0/45±0/01 <sup>a</sup>	4/09±0/01 <sup>ab</sup>	0/22±0/00 <sup>a</sup>	0/85±0/00 <sup>ab</sup>
3	0/40±0/01 <sup>c</sup>	0/05±0/01 <sup>b</sup>	0/45±0/00 <sup>a</sup>	4/09±0/01 <sup>ab</sup>	0/22±0/00 <sup>a</sup>	0/80±0/00 <sup>ab</sup>
4	0/35±0/06 <sup>d</sup>	0/06±0/01 <sup>b</sup>	0/45±0/01 <sup>a</sup>	4/53±0/01 <sup>a</sup>	0/19±0/00 <sup>ab</sup>	0/55±0/00 <sup>b</sup>
5	0/32±0/06 <sup>e</sup>	0/06±0/01 <sup>b</sup>	0/41±0/00 <sup>a</sup>	4/53±0/01 <sup>a</sup>	0/19±0/00 <sup>ab</sup>	0/55±0/00 <sup>b</sup>
6	0/28±0/02 <sup>f</sup>	0/15±0/01 <sup>a</sup>	0/46±0/00 <sup>a</sup>	4/53±0/01 <sup>a</sup>	0/18±0/00 <sup>ab</sup>	0/50±0/00 <sup>b</sup>
7	0/25±0/05 <sup>g</sup>	0/15±0/01 <sup>a</sup>	0/44±0/02 <sup>a</sup>	3/27±0/02 <sup>b</sup>	0/11±0/02 <sup>b</sup>	0/45±0/02 <sup>b</sup>

نتایج به صورت میانگین ± انحراف معیار نشان داده شده است. حروف کوچک متفاوت اختلاف معنی‌دار در ستون هستند ( $P < 0/05$ )

افت پخت پایین‌تر بود. به‌طور کلی افزودن صمغ‌ها منجر به افزایش زمان پخت، کاهش افت پخت و از طرفی سفتی و پیوستگی رشته‌ها شدند.

#### پیوستگی

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که کاهش نمک و استفاده از صمغ‌ها اثر معنی‌داری روی تغییرات پیوستگی تیمارهای کم نمک در مقایسه با نمونه شاهد ندارد بنابراین اختلاف آماری معنی‌داری در پیوستگی تیمارها مشاهده نشد ( $p > 0/05$ ). پیوستگی میزان فروپاشیده شدن ماده غذایی را تحت یک عمل مکانیکی نشان می‌دهد. مقدار نیروی شکست بستگی به سختی و پیوستگی بافت دارد. بافت‌های ترد پیوستگی کمی داشته و چسبیده نیز نیستند. کاهش در نیروی شکنندگی نشان می‌دهد که نیروی کمتری جهت شکستن رشته مورد نیاز است (قتبرزاده، 1387). تحقیقات نشان داده‌اند که هیدروکلوئیدها می‌توانند با پروتئین گلوتن که نقش اساسی بر ساختار و استحکام محصول دارد برهمکنش‌هایی انجام دهند. بسته به نوع و غلظت هیدروکلوئید مورد نظر نوع تاثیر حاصل از نظر تضعیف یا تقویت‌کنندگی شبکه گلوتن متفاوت می‌باشد. Choy و همکاران (2012) در بررسی تاثیر نشاسته استیله شده سیب‌زمینی و سدیم کربوکسی متیل سلولز بر ویژگی‌های کیفی رشته‌های سرخ شده فوری بیان نمودند افزودن صمغ کربوکسی متیل سلولز منجر به ضعیف شدن بافت رشته‌ها و کاهش پیوستگی بافت رشته‌ها گشت. Kaur و همکاران (2015) در بررسی صمغ گوار و زانتان بر ویژگی‌های رشته فرنگی‌های تولید شده با نشاسته سیب‌زمینی، ذرت و ماش اذعان نمودند که افزودن هر دو نوع هیدروکلوئید منجر به بهبود ویسکوزیته نشاسته‌ها گشتند. نشاسته ماش دارای ویژگی‌های کیفی مطلوب و

#### الاستیسیته (قابلیت ارتجاع)

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که کاهش نمک و استفاده از صمغ‌ها اثر معنی‌داری روی تغییرات الاستیسیته تیمارهای کم نمک در مقایسه با نمونه شاهد ندارد بنابراین اختلاف آماری معنی‌داری ( $p > 0/05$ ) در الاستیسیته تیمارها مشاهده نشد. علت این امر را می‌توان به مقادیر به کار برده شده صمغ زرد نسبت داد که نتوانسته الاستیسیته (قابلیت ارتجاع) به صفات پلاستیک و الاستیک بودن جسم مربوط می‌شود. خاصیت ارتجاعی (برگشت پس از فشردن)، طول سیکل فشاری در طی گاز زدن دوم را نشان می‌دهد به عبارت دیگر مقدار ارتفاعی است که در مدت زمان بین انتهای اولین گاز زدن و دومین گاز زدن بازیابی می‌شود. از دیدگاه حسی نیز مقدار برگشت ماده تغییر شکل‌یافته به شرایط اولیه (بدون تغییر شکل) پس از حذف نیرو جویدن را الاستیسیته گویند (قتبرزاده، 1387). Hui ling و همکاران (2018) در بررسی تاثیر هیدروکلوئیدها (زانتان، کاراگینان، صمغ عربی، صمغ لوبیایی لوکاست) در سطوح 0/5، 1، 1/5 و 2% در بهبود بافت ماکارونی بدون نمک، بیان نمودند که با افزودن صمغ‌های مذکور، اختلاف آماری معنی‌داری در الاستیسیته (قابلیت ارتجاع) نمونه‌ها مشاهده نشده است. Gomez و Sciarini (2015) بر روی

زدو+ 3/30% نمک) به طور معنی‌داری بالاتر از تیمارهای دیگر بود ( $P \leq 0/05$ ). همچنین پائین‌ترین درصد وزنی رشته‌های نیمه شکسته در تیمار 4 (رشته آشی حاوی 0/60% صمغ زدو+ 3/90% نمک) ملاحظه شد. مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره 2018، در ارتباط با ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی رشته آشی و پلویی، درصد وزنی رشته‌های نیمه شکسته رشته آشی حداکثر می‌تواند 10% باشد. که در تمامی تیمارهای مورد بررسی، در محدوده استاندارد قرار داشت. Hui ling و همکاران (2018) در بررسی تاثیر هیدروکلوئیدها (زانتان، کاراگینان، صمغ عربی، صمغ زرد+ 4/10% نمک) و 1/5، 0/5، 2% در بهبود بافت ماکارونی بدون نمک، بیان نمودند که صمغ‌های مذکور منجر به کاهش درصد وزنی رشته‌های نیمه شکسته شده‌اند.

#### درصد وزنی رشته‌های شکسته

نتایج مقایسه میانگین نمونه‌ها نشان داد که درصد وزنی رشته‌های شکسته نمونه 7 (رشته آشی حاوی 1/20% صمغ زدو+ 3/30% نمک) به طور معنی‌داری بالاتر از تیمارهای دیگر بود ( $P \leq 0/05$ ). همچنین پائین‌ترین درصد وزنی رشته‌های شکسته در تیمارهای 3 (رشته آشی حاوی 0/40% صمغ زدو+ 4/10% نمک) و 4 (رشته آشی حاوی 0/60% صمغ زدو+ 3/90% نمک) ملاحظه شد. مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره 2018، در ارتباط با ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی رشته آشی و پلویی، درصد وزنی رشته‌های شکسته رشته آشی حداکثر می‌تواند 10% باشد. که در تمامی تیمارهای مورد بررسی، در محدوده استاندارد قرار داشت. Chillo و همکاران (2008) آرد چاودار را در ترکیب با سبوس گندم دوروم به اسپاگتی افزودند. نتایج نشان دادند که حساسیت به شکنندگی با افزایش سبوس از 15 به 20%، کاهش یافت.

#### ارزیابی حسی نمونه‌های رشته آشی

نتایج مقایسه میانگین نمونه‌ها نشان داد که امتیاز بوی تیمارهای 2 (رشته آشی حاوی 0/20% صمغ زدو+ 4/30% نمک)، 3 (رشته آشی حاوی 0/40% صمغ زدو+ 4/10% نمک) و 4 (رشته آشی حاوی 0/40% صمغ زدو+ 4/10% نمک) به طور معنی‌داری بالاتر از تیمارهای دیگر بود و اختلاف آماری معنی‌داری بین سایر تیمارها ملاحظه نشد ( $P > 0/05$ ). نتایج مقایسه میانگین نمونه‌ها نشان داد که امتیاز رنگ نمونه‌های 6 (رشته آشی حاوی 1/0% صمغ زدو+ 3/50% نمک) و 7 (رشته آشی حاوی 1/20% صمغ زدو+ 3/30% نمک) به طور معنی‌داری پائین‌تر از تیمارهای دیگر بود و اختلاف آماری معنی‌داری بین دیگر تیمارها ملاحظه نشد ( $P > 0/05$ ). به عبارتی با افزایش میزان صمغ و کاهش میزان نمک در تیمارهای مورد آزمون امتیاز رنگ روند کاهشی داشت. نتایج مقایسه

یک تهیه شده از آرد گندم و نخودچی انجام دادند افزودن آرد نخودچی باعث کاهش الاستیسیته نمونه‌ها کاهش یافت. محققان دیگری نیز افزودن زانتان را سبب بهبود قابلیت ارتجاعی کیک بدون گلوتن دانستند.

#### صمغیت

صمغیت، انرژی مورد نیاز برای خرد کردن در دهان و آماده بودن برای بلع است را نشان می‌دهد (Majzoubi et al., 2014). صمغیت از ضرب سفتی در پیوستگی محاسبه می‌گردد (امیرآبادی و همکاران، 1393). نتایج تحقیق حاضر نشان داد کاهش نمک و استفاده از صمغ‌ها اثر معنی‌داری روی تغییرات صمغیت تیمارهای کم نمک در مقایسه با نمونه شاهد نداشت بنابراین اختلاف آماری معنی‌داری بین نتایج صمغیت تیمارها مشاهده نشد ( $p > 0/05$ ).

#### قابلیت جویدن

نتایج تحقیق حاضر نشان داد کاهش نمک و استفاده از صمغ‌ها اثر معنی‌داری روی تغییرات قابلیت جویدن تیمارهای کم نمک در مقایسه با نمونه شاهد نداشتند بنابراین اختلاف آماری معنی‌داری در قابلیت جویدن تیمارها مشاهده نشد ( $p > 0/05$ ).

#### آزمون کیفی و حسی نمونه‌های رشته آشی

##### درصد وزنی رشته‌های ناهمگون

نتایج مقایسه میانگین نمونه‌ها نشان داد که درصد وزنی رشته‌های ناهمگون نمونه 7 (رشته آشی حاوی 1/20% صمغ زدو+ 3/30% نمک) به طور معنی‌داری بالاتر از تیمارهای دیگر بود ( $P \leq 0/05$ ). همچنین پائین‌ترین درصد وزنی رشته‌های ناهمگون در تیمارهای 2 (رشته آشی حاوی 0/20% صمغ زدو+ 4/30% نمک)، 3 (رشته آشی حاوی 0/40% صمغ زدو+ 4/10% نمک) و 4 (رشته آشی حاوی 0/60% صمغ زدو+ 3/90% نمک) ملاحظه شد ( $P \leq 0/05$ ). مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره 2018، در ارتباط با ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی رشته آشی و پلویی، درصد وزنی رشته‌های ناهمگون رشته آشی حداکثر می‌تواند 1% باشد. که در تمامی تیمارهای مورد بررسی، در محدوده استاندارد قرار داشت. Hui ling و همکاران (2018) در بررسی تاثیر هیدروکلوئیدها (زانتان، کاراگینان، صمغ عربی، صمغ لوبیای لوکاست) در سطوح 0/5، 1، 1/5 و 2% در بهبود بافت ماکارونی بدون نمک، بیان نمودند که صمغ‌های مذکور منجر به کاهش درصد وزنی رشته‌های ناهمگون شده‌اند.

##### درصد وزنی رشته‌های نیمه شکسته

نتایج مقایسه میانگین نمونه‌ها نشان داد که درصد وزنی رشته‌های نیمه شکسته نمونه 7 (رشته آشی حاوی 1/20% صمغ



( $P \leq 0/05$ ). به‌طوریکه پائین‌ترین امتیاز بافت متعلق به تیمارهای 6 (رشته آشی حاوی 1/0% صمغ زرد+ 3/50% نمک) و 7 (رشته آشی حاوی 1/20% صمغ زرد+ 3/30% نمک) بود و اختلاف آماری معنی‌داری بین تیمارهای مذکور ملاحظه نشد ( $p > 0/05$ ). به عبارتی با افزایش میزان صمغ و کاهش میزان نمک در تیمارهای مورد آزمون امتیاز پذیرش روند کاهشی داشت. همچنین بالاترین امتیاز پذیرش کلی در نمونه شاهد و نمونه 1 (رشته آشی فاقد صمغ زرد+ 4/5% نمک، شاهد) ملاحظه شد و اختلاف آماری معنی‌داری بین تیمارهای مذکور ملاحظه نشد ( $p > 0/05$ ). مهرعلیها و همکاران (1396) در بررسی اثر افزودن صمغ‌های گوار و زانتان (به میزان 0/5 و 1%) در کاهش میزان نمک (به میزان 2 و 3%) در مقایسه با نمونه شاهد (5% نمک) در رشته آشی، بیان نمودند که تیمار با زانتان 1 و 2% نمک مصرفی بهترین تیمار از لحاظ خواص حسی بوده است که علت این امر را شاید بتوان به تفاوت در صمغ‌های مصرفی نسبت داد. Rafiq و همکاران (2016) در بررسی تاثیر صمغ زانتان و گوار (1، 2 و 3%) بر ویژگی‌های رشته فرنگی تولید شده با آرد بلوط، نتایج نشان داد که افزودن هیدروکلوئیدها منجر به بهبود بافت گشته است.

میانگین نمونه‌ها نشان داد که با افزایش درصد صمغ زرد، امتیاز بافت نمونه‌ها به‌طور معنی‌داری کاهش یافت به‌طوری‌که پائین‌ترین امتیاز بافت متعلق به تیمارهای 6 (رشته آشی حاوی 1/0% صمغ زرد+ 3/50% نمک) و 7 (رشته آشی حاوی 1/20% صمغ زرد+ 3/30% نمک) بود و اختلاف آماری معنی‌داری بین تیمارهای مذکور ملاحظه نشد ( $p > 0/05$ ). به عبارتی با افزایش میزان صمغ و کاهش میزان نمک در تیمارهای مورد آزمون امتیاز بافت روند کاهشی داشت. همچنین بالاترین امتیاز بافت در نمونه شاهد و نمونه 1 (رشته آشی فاقد صمغ زرد+ 4/5% نمک، شاهد) ملاحظه شد و اختلاف آماری معنی‌داری بین تیمارهای مذکور ملاحظه نشد. محمدی و همکاران (1389) در بررسی تاثیر صمغ فارسی (0/5، 1 و 3%) بر خصوصیات رئولوژیکی خمیر و کیفیت نان تافتون بیان نمودند که نمونه حاوی 3% صمغ فارسی از لحاظ قابلیت جویدن و نرمی بافت امتیاز بیشتری را نسبت به نمونه شاهد کسب کرد. Rafiq و همکاران (2016) در بررسی تاثیر صمغ زانتان و گوار (1، 2 و 3%) بر ویژگی‌های رشته فرنگی تولید شده با آرد بلوط، نتایج نشان داد که افزودن هیدروکلوئیدها منجر به بهبود بافت گشته است. نتایج مقایسه میانگین نمونه‌ها نشان داد که با افزایش درصد صمغ زرد، امتیاز پذیرش کلی نمونه‌ها به‌طور معنی‌داری کاهش یافت

جدول 6- نتایج آزمون کیفی و حسی رشته آشی حاوی غلظت‌های مختلف صمغ زرد

تیمار	درصد وزنی رشته			آزمون حسی				
	شکسته	ناهمگون	نیمه شکسته	طعم	بو	رنگ	بافت	پذیرش کلی
1	1/50±0/04 <sup>d</sup>	0/60±0/04 <sup>c*</sup>	4/50±0/04 <sup>c</sup>	5/00±0/00 <sup>a</sup>	5/00±0/00 <sup>a</sup>	5/00±0/00 <sup>a</sup>	5/00±0/00 <sup>a</sup>	5/00±0/00 <sup>a</sup>
2	1/25±0/03 <sup>e</sup>	0/50±0/03 <sup>d</sup>	4/00±0/03 <sup>d</sup>	4/66±0/41 <sup>a</sup>	4/33±0/01 <sup>b</sup>	4/66±0/01 <sup>a</sup>	4/66±0/11 <sup>b</sup>	4/66±0/11 <sup>a</sup>
3	1/11±0/12 <sup>f</sup>	0/40±0/08 <sup>d</sup>	3/75±0/08 <sup>e</sup>	5/00±0/00 <sup>a</sup>	4/00±0/00 <sup>b</sup>	5/00±0/00 <sup>b</sup>	4/60±0/15 <sup>c</sup>	4/00±0/25 <sup>ab</sup>
4	0/95±0/00 <sup>f</sup>	0/30±0/00 <sup>d</sup>	3/50±0/00 <sup>f</sup>	5/00±0/00 <sup>a</sup>	4/00±0/01 <sup>b</sup>	5/00±0/00 <sup>b</sup>	4/59±0/11 <sup>d</sup>	4/00±0/11 <sup>ab</sup>
5	2/00±0/00 <sup>c</sup>	0/60±0/00 <sup>b</sup>	5/94±0/00 <sup>b</sup>	5/00±0/00 <sup>a</sup>	5/00±0/00 <sup>a</sup>	5/00±0/00 <sup>a</sup>	3/50±0/15 <sup>e</sup>	3/00±0/10 <sup>c</sup>
6	2/00±0/35 <sup>b</sup>	0/70±0/04 <sup>b</sup>	5/43±0/02 <sup>b</sup>	5/00±0/00 <sup>a</sup>	5/00±0/00 <sup>a</sup>	4/00±0/350 <sup>b</sup>	3/00±0/10 <sup>f</sup>	2/00±0/25 <sup>d</sup>
7	3/00±3/21 <sup>a</sup>	0/90±0/01 <sup>a</sup>	5/50±0/01 <sup>a</sup>	5/00±0/00 <sup>a</sup>	5/00±0/00 <sup>a</sup>	4/00±0/20 <sup>b</sup>	2/00±0/20 <sup>g</sup>	1/00±0/30 <sup>c</sup>

نتایج به صورت میانگین ± انحراف معیار نشان داده شده است. حروف کوچک متفاوت اختلاف معنی‌دار در ستون هستند ( $P < 0/05$ )

### نتیجه‌گیری

بافت و جلوگیری از ریزش محصول هنگام خشک کردن استفاده شد. نتایج آزمون‌های رئولوژیکی خمیر با دستگاه آلوتولاب نشان داد که افزودن صمغ زرد منجر به افزایش اندیس پیکربندی و اندیس الاستیسیته خمیر در مقایسه با نمونه شاهد شد. نتایج آزمون‌های فیزیکوشمیایی نشان داد که بالاترین میزان رطوبت و پائین‌ترین میزان نمک متعلق به نمونه رشته آشی حاوی 1/20% صمغ زرد+ 3/30% نمک و پائین‌ترین میزان رطوبت و بالاترین میزان نمک

مصرف زیاد نمک در رشته آشی منجر به ابتلا و پیشرفت بیماری پرفشاری خون می‌گردد و از طرفی کاهش نمک منجر به ایجاد مشکلاتی نظیر سست شدن و ریزش رشته آشی در هنگام خشک کردن و یا در هنگام جوش، منجر به وا رفتن رشته می‌گردد. در تحقیق حاضر با کاهش نمک در فرمولاسیون رشته آشی، از غلظت‌های 0/2، 0/4، 0/6، 0/8، 1 و 1/2% صمغ زرد جهت بهبود

مولفه‌های رنگی  $a^*$ ،  $b^*$  و  $L^*$  کلیه تیمارها با نمونه شاهد وجود نداشت. نتایج آزمون حسی نشان داد که اختلاف آماری معنی‌داری در امتیاز طعم کلیه تیمارها وجود نداشت. امتیاز رنگ نمونه‌های 6 (رشته آشی حاوی 1/0% صمغ زدو+ 3/50% نمک) و 7 (رشته آشی حاوی 1/20% صمغ زدو+ 3/30% نمک) به‌طور معنی‌داری پائین‌تر از تیمارهای دیگر بود و اختلاف آماری معنی‌داری بین دیگر تیمارها ملاحظه نشد. با افزایش درصد صمغ زدو، امتیاز بافت نمونه‌ها به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. نمونه 4 (رشته آشی حاوی 0/60% صمغ زدو+ 3/90% نمک) به دلیل نزدیک‌تر بودن ویژگی‌های کیفی به نمونه شاهد، به‌عنوان تیمار برتر معرفی شد.

متعلق به نمونه شاهد (رشته آشی فاقد صمغ زدو+ 4/5% نمک) بود. پائین‌ترین میزان خاکستر در نمونه 7 (رشته آشی حاوی 1/20% صمغ زدو+ 3/30% نمک) مشاهده شد. همچنین با افزایش مقدار صمغ زدو، درصد وزنی رشته‌های ناهمگون، رشته‌های شکسته و نیمه شکسته افزایش یافت و بالاترین میزان آن در نمونه 7 (رشته آشی حاوی 1/20% صمغ زدو+ 3/30% نمک) مشاهده شد. نتایج آزمون بافت‌سنجی توسط دستگاه آنالیز پروفایل بافت نشان داد که با افزایش صمغ زدو، میزان سختی نمونه‌ها افزایش یافت و اختلاف آماری معنی‌داری در چسبندگی، پیوستگی، الاستیسیته، صمغیت، قابلیت جویدن کلیه تیمارها با نمونه شاهد وجود نداشت. نتایج آزمون رنگ سنجی با دستگاه هانتربل نشان داد که اختلاف آماری معنی‌داری در

## منابع

- Abasi, S. and Rahimi, S. (2008). Introducing a kind of native plant gum zedo. *Monthly Journal of Flour and Food Industry*, 4(13), 46-51.
- Afshin Pajoh, R., Saediasl, M.R., Abdolazadeh, A., Enayati, A., Amini, M. and Yaghobi, A. (2011). The effect of inulin on the rheological properties of pasta dough. *Journal of Food Science and Technology of Iran*, 4(3), 27-16.
- Amirabadi, S., Kochaki, A. and Mohebi, M. (2014). Effect of Xanthan and Ghodumeh gum on the quality of life of Shifan cake. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 7(80), 375-386.
- Anonymous. (2003). World Health Organization. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. Report of a Joint WHO/FAO Expert Consultation. Geneva, WorldHealth Organization, (WHO) *Technical Report Series*, 22(1), 112-131.
- Anonymous. (2003). AACC, Approved Methods of Analysis of American Association of Cereal Chemist, *American of Cereal Chemistry*.
- Appel, L.J., Moore, T.J., Obarzanek, E., Vollmer, W.M., Svetkey, L.P., Sacks, F.M., Bray, G.A., Vogt, T.M., Cutler, J.A., Windhauser, M.M., Lin, P.H. and Karanja, N. (1997). A clinical trial of the effects of dietary patterns on blood pressure. *New England Journal of Medicine*, 336(16), 1117-1124.
- Ashwini, A., Jyotsna, R. and Indrani, D. (2009). Effect of hydrocolloids and emulsifiers on the rheological, microstructural and quality characteristics of eggless cake. *Food Hydrocolloid*, 23(3), 700-7.
- Callejo, M., Bujeda, C., Rodriguez, G. and Chaya, C. (2009). Alveoconsistograph evaluation of rheological properties of rye doughs. *Spanish journal of Agricultural Research*, 7(3), 638-644.
- Chillo, S., Laverse, J., Falcone, P.M., Protopapa, A. and Del Nobile, M.A. (2008). Influence of the addition of buckwheat flour and durum wheat bran on spaghetti quality. *Journal of Cereal Science*, 47, 144-52.
- Choy, A.L., Bee, K., Darryl, M. and Small, M. (2012). The effects of acetylated potato starch and sodium carboxymethyl cellulose on the quality of instant fried noodles. *Food Hydrocolloids*, 26(1), 2-8.
- Del Nobile, M.A., Baiano, A., Conte, A. and Mocci, G. (2005). Influence of protein content on spaghetti cooking quality. *Journal Cereal Science*, 41(2), 347-356.
- Fadavi, Gh., Mohamadi Far, M.A., Zar Garan, A. and Azad nia., E. (2012). The study of composition, molecular weight and rheological characteristics of Zedo gum exudates from *Amygdalus scoparia*. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 7(5), 35-41.
- FAO (Food and Agriculture Organisation). (2002). World Agriculture, Towards 2015/2030. Summary Report. FAO, Rome.
- Ghanbarzadeh, B. (2008). Fundamentals of Rheology of Materials and Food Biopolymers. Tehran University Press, 180-182.
- Ghasemi, A., Khinor, N. and Zare, M. (2014). A Review of Salt Reduction in Food Products, Second National Conference on Optimizing the Production, Distribution and Consumption Chains in the Food Industry. Department of Science and Technology Engineering, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari.
- Gómez, M. and Sciarini, L.S. (2015). Gluten Free Bakery Products and Pasta. In Arranz E, Fernández-Bañares.
- Gomez, M., Ronda, F., Caballero, P.A., Blanco, C.A. and Rosell C.M. (2007). Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. *Food Hydrocolloid*, 21(2), 167-73.
- Hui Ling, T., Thuan Chew, C., Azhar, M. (2018). The use of selected hydrocolloids to enhance cooking quality and hardness of zero-salt noodles. *Journal of Food Science and Technology*.

- Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (2015). Aash Branch and Rice Branch, Specifications and test methods, 2018.
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran (2015). Biscuit, Specifications and test methods, 37.
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (2010). Cereal and cereal products, Determination of moisture content  $\bar{n}$  Reference method, 2705.
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (2007). Gum Zedo, 442.
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (2015). Puffed products based on cereal grit and flour, Specifications and test methods, 2880.
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (2011). Wheat flour, Specifications and test methods, 103.
- Kaur I, A., Shevkani I, Kh., Singh, N., Sharma, P. and Kaur, S. (2015). Effect of guar gum and xanthan gum on pasting and noodle-making properties of potato, corn and mung bean starches. *Journal of Food Science and Technology*, 52 (12), 8113–8121.
- Khorami, B. (2006). Zedo - Farsi Gum. *Dam, Kesht and Sanat*, 7(80), 23-29.
- Kohajdová, Z. and Karovičová, J. (2009). Application of Hydrocolloids as Baking Improvers. *Review Chemical Papers*, 63(1), 26–38.
- Lazaridou, A., Duta, D., Papageorgiou, M., Belc, N. and Biliaderis, C.G. (2007). Effect of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. *Journal of food Engineering*, 79(1), 1033-1047.
- Luchian, M.I. and Canja, C.M. (2010). Effect of salt on gas production in bread dough. *Agricultural Food Engineering*, 3 (52), 167-170.
- Manohar, R.S. and Rao, P.H. (1999). Effects of water on the rheological characteristics of biscuit dough and quality of biscuits. *European Food Research and Technology*, 209(3-4), 281-5.
- Majzoobi, M., Ghiasi, F., Habibi, M., Hedayati, S. and Farahnaky, A. (2014). Influence of soy protein isolate on the quality of batter and sponge cake. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38(3), 1164-1170.
- Mehraliha, M., Sohrabvandi, S. and Nateghi, L. (2017). Effect of Xanthan and guar gums addition on decreasing the amount of salt in Ashi noodle. *Journal of Food Science and Technology of Iran*, 68(14), 25-17.
- Mepa Horsafall, D., Lucy, E. and Nwaojigwa, S.U. (2007). Chemical Composition functional and baking properties of wheat plantain composite flours. *African Journal of food agriculture nutrition development*, 7(1).
- Mohamadi, R., Sahari, M. and Hamidi, Z. (2010). The effect of Persian gum on rheological properties of dough and quality of Taftoon bread. National Conference on Medicinal Plants, Rice and Citrus Research Center, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources.
- Mohamadi Garfami, F., Eshaghi, M. and Nateghi, L. (2015). The Effect of ZdO and Carboxy Methyl Cellulose Gum on Some Physicochemical Characteristics of Sponge Cake. First scientific conference of Iranian food science and industry.
- Moradi, F. and Nasehi, B. (2017). Investigation the Properties of Dough and Barbari Bread Enriched with Sugarcane Bagasse. *Research and Innovation in Food Science and Technology*, 3(6), 244-235.
- Naseri, A. R., Taslimi, A., Seyedin, S. M., Haratiyan, P. and Abadi, A. R. (2009). Study of the effect of soy protein isolate on macaroni characteristics. *Journal of Food Science and Technology of Iran*, 2(6), 11-1.
- Pooresmail, N., Afshin Pajoh, R., Heydarian, S. and Amini, M. (2011). The effect of adding salt on the rheological properties of dough and the final quality pasta. *Twentieth National Congress of Food Science and Technology*, 1-10.
- Rafiq, S.I., Rafiq, S.M. and Saxena D.C. (2016). EFFECT of hydrocolloids on the quality evaluation of flour based noodles from Horse Chestnut. *MATEC Web of Conferences*, 57, 04005.
- Rasti, S., Azizi, M.H. and Abbasi, S. (2011). Effects of barley  $\beta$ -glucan on some rheological properties of wheat flour. *Journal of Food Science and Technology of Iran*, 4(6), 58-51.
- Rodge, A.B., Sonkamble, S.M., Salve, R.V. and Hashmi, S.I. (2012). Effect of hydrocolloid (guar gum) incorporation on the quality characteristics of bread. *Journal of Food Process Technology*, 3(2), 1-7.
- Rosell, C.M., Rojas, J.A. and Benedito de Barber, C. (2001). Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. *Food Hydrocolloids*, 15, 75-81.
- Rocell, C.M., Santos, E. and Coollar, C. (2006). Mixing properties of fiber enriched wheat bread doughs. *European food research technology*, 223(3), 333-340.
- Shokri, F., Salehifar, M. and Azizi, M.H. (2016). Effect of hydroxy propyl methyl cellulose and microbial transglutaminase enzyme on farinograph and quality characteristics of gluten-free pasta. *Journal of Food Science and Technology of Iran*, 59(13), 123-132.
- Soheili fard, H. (2013). Production justification Ashi noodle and Rice noodle, 38-29.
- Tudorica, C.M., Kuri, V. and Brennan, C.S. (2002). Nutritional and physicochemical characteristics of dietary fiber enriched pasta. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, (50), 347–356.

## Investigating the effects of addition of zedo gum on physicochemical, sensory, rheological and colorimetric properties of low salt Ashi noodle

Z. Boorboormoradi<sup>1</sup>, L. Nateghi<sup>2\*</sup>, Eyvaz Zadeh<sup>2</sup>

Received: 2019.05.27

Accepted: 2019.09.08

**Introduction:** Flour products are one of the most widely used food products in all over the world. Various types of pastry products derived from wheat flour are including the varieties of soup, plumura, and cane produced by traditional and semi-industrial methods. They are categorized in the bread and cereal group. The place of wheat- flour dough products, including Ashi noodle in the food basket of Iranian households, is gradually being consolidated. This product is a mixture of wheat flour, water and salt after the treatment process by the machine before being dried. The high consumption of salt in the Ashi noodle leads to the development and progression of hypertension in addition to increasing the risk of cardiovascular disease and, on the other hand, reducing salt leads to problems such as loosening and loss of Ashi noodle drying, as well as the degradation of the strand when boiling. Hydrocolloids or gums are compounds creating consistency and texture and increasing stability, acting as emulsifiers, forming gels, and improving oral sensation.

**Materials and methods:** The general objective of this study was to investigate the effects of adding Farsi gum extract at concentrations of 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1 and 1.2% based on the weight of flour instead of the salt used in the control group of the Ashi noodle (4.5%) on the rheological properties of Ashi noodle, as well as the evaluating physicochemical, texture, colorimetric, qualitative and sensory properties of low salt Ashi noodle one day after production. Zedo gum is a clear gum leaked from mountain almond trees. Zedo gum is found in white, light yellow, yellow vegetable, orange yellow, red and brown, in various sizes and forms. This gum is also composed of Arabinose and Galactose units. It is also known as Shirazi gum. Therefore, seven treatment groups and a control group were designed according to a completely randomized design. In order to analyze the data, Duncan's method was used at 95% significance level in mini-fever software.

**Results and discussion:** The results of rheological tests of dough with aloe vera revealed that salt reduction and increased gum significantly ( $p \leq 0.05$ ). Those rheological properties of the aqueous pulp which were influenced were including mean curve height, mean curve length, inflation index, and mean surface under the curve, configuration test, and elasticity. The physicochemical results showed that by adding gum and reducing salt content. The amount of moisture was increased and the amount of ash and salt decreased significantly. The results of texture test were determined by texture analysis analyzer. By reducing salt, increasing the concentration of gum, and the hardness of the treatments, the decreasing trend and adhesion rate increased, with the highest adhesion ratio for gum samples 1 and 2. There was no statistically significant difference in the level of adhesion, elasticity and gumminess. The results of colorimetric tests with Hunter lab showed that there was no statistically significant difference in the color components  $a^*$ ,  $b^*$  and  $L^*$  between all treatments with the control sample. In evaluating the qualitative characteristics of Ashi noodle, it was shown that by reducing the amount of salt to 3.90% and adding gum to the concentration of 0.6% of the weight of the heterogeneous strands, the weight of the broken and degraded strands showed a decreasing trend compared to the control; and in the concentrations higher than 0.6% gum, these incremental changes showed a statistically significant difference between the samples with 1.2% gum and the other treatments. Moreover, the results of sensory evaluation indicated that there was no significant difference compared to the control sample by reducing the amount of salt to 3.90% and adding 0.6% gum to smell, color, texture and overall acceptance of treatments. The taste score of all treatments did not differ significantly from the control sample. The results of this study showed that the amount of Ashi noodle salinity could be reduced to 0.6%, and instead, gum can be added to it with no effect on the qualitative, textural and sensory properties of the Ashi noodle compared to the control sample.

**Keywords:** Ashi noodle, Gum, Low salt, Alveolab, Texture Profile Analysis

1 and 2. Former MSc student and Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Varamin-pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran .

(\* - Corresponding Author Email: leylanateghi@yahoo.com)

## مقاله علمی- پژوهشی

# پایه‌سازی یک سامانه ماشین بویایی برای طبقه‌بندی انواع مختلف فلفل سیاه براساس منشاء جغرافیایی و تشخیص تقلب در فلفل سیاه هندی

فائزه جمالزاده<sup>1</sup> - مهدی قاسمی و رنامخواستی<sup>2\*</sup> - مهدی قاسمی نافچی<sup>3</sup> - مجتبی توحیدی<sup>4</sup> - مجید دولتی<sup>5</sup>

تاریخ دریافت: 1397/08/15

تاریخ پذیرش: 1398/06/17

### چکیده

ادویه‌جات از با ارزش‌ترین گیاهان دارویی مورد استفاده در صنایع غذایی و علم پزشکی هستند و با توجه به تفاوت کیفیت و قیمت بین گونه‌های مختلف، تشخیص، طبقه‌بندی و جداسازی آن‌ها براساس خلوص و درجه کیفیت از اهمیت بالایی برخوردار است. ادویه‌ها در کشورهای مختلفی از جمله هندوستان، پاکستان، چین و کشورهای آسیای شرقی و جنوبی تولید می‌شوند. در این پژوهش، یک سامانه ماشین بویایی بر پایه هشت حسگر نیمه هادی اکسید فلزی در ترکیب با روش‌های تشخیص الگو به منظور طبقه‌بندی و جداسازی ادویه فلفل سیاه براساس منشاء جغرافیایی و تشخیص تقلب‌های کبابه چینی و پودر هسته خرما به کار گرفته شد. به منظور تحلیل داده‌های استخراج شده از سیگنال پاسخ حسگرها از روش تحلیل مولفه‌های اصلی (PCA) استفاده شد. براساس نتایج حاصل، آنالیز مولفه‌های اصلی با مجموع دو مولفه اصلی اول 96% برای نمونه‌های فلفل سیاه براساس منشاء جغرافیایی و 95% برای تقلب‌های کبابه چینی و هسته خرما از واریانس داده‌ها قابل توصیف است. همچنین از سه روش تحلیل تفکیک خطی (LDA)، ماشین بردار پشتیبان (SVM) و درخت تصمیم‌گیری (DT) برای طبقه‌بندی نمونه‌ها استفاده شد. استفاده از روش LDA، برای نمونه‌های فلفل سیاه دقت طبقه‌بندی 100% و برای تقلب‌ها دقت 97/14% را نشان داد. نتایج نشان داد که SVM با تابع گاوسی بالاترین دقت را در طبقه‌بندی نمونه‌های فلفل سیاه، تقلب کبابه چینی و تقلب هسته خرما را دارد. همچنین میزان موفقیت روش DT در تفکیک و طبقه‌بندی نمونه‌های فلفل سیاه، تقلب کبابه چینی و تقلب هسته خرما به ترتیب 96/66% و 88/5% برآورد شد.

**واژه‌های کلیدی:** ماشین بویایی، فلفل سیاه، کبابه چینی، هسته خرما.

### مقدمه

مراحل چرخه کیفیت به منظور نیل به کارآرایی اقتصادی انجام می‌گیرد (امیدبیگی، 1384). یکی از چالش‌های مطرح شده در مورد ارزیابی کیفی ادویه‌ها، تشخیص تقلب و ارزیابی میزان خلوص آن‌ها است. چرا که جعل و یا تقلب در مواد غذایی، با انگیزه افزایش سود اقتصادی صورت می‌گیرد که تهدیدی بزرگ برای سلامت عمومی می‌باشد. تقلب هم می‌تواند به صورت اضافه کردن مواد ارزان از قبیل رنگ و حجم دهنده‌ها به ادویه‌ها صورت پذیرد و هم به صورت تقلب بر اساس منشاء جغرافیایی باشد. به طور مثال ادویه‌هایی از چین و پاکستان که از کیفیت پائین‌تری برخوردار هستند به جای ادویه‌های هندی به فروش می‌رسند (Banerjee et al., 2017; Gliszczynska-Swiglo et al., 2017).

علاوه بر تقلب‌هایی که براساس منشاء جغرافیایی صورت می‌گیرد، تقلب‌های مختلفی نیز به دلیل ارزش اقتصادی فلفل سیاه مرغوب (با منشاء جغرافیایی هندی) در این محصول انجام می‌شود. از متداول‌ترین تقلب‌های رایج در این ادویه با ارزش افزودن کبابه چینی (*Cubeb pepper*) و پودر هسته خرما می‌باشد که این عمل با عدم رضایت مصرف‌کنندگان همراه است. لذا تشخیص تقلب در فلفل سیاه

بخشی از گیاه معطر خشک‌شده که به صورت کامل یا پودر شده در آشپزی به عنوان طعم‌دهنده و رنگ‌دهنده استفاده می‌شود، ادویه نام دارد (Peter, 2012). ادویه‌ای مانند فلفل سیاه با نام علمی *Piper nigrum* در ردیف مهم‌ترین کالاهایی می‌باشد که بشر از دیرباز به تجارت آن اشتغال داشته است و کالایی گران‌قیمت در بازرگانی قدیم محسوب می‌شود.

کنترل کیفیت، مجموعه‌ای از فعالیت‌ها و تکنیک‌های اجرایی است که برای دستیابی به مشخصات کیفیت تعیین شده مورد استفاده قرار گرفته‌است و برای رفع علل عملکرد غیررضایت بخش در تمامی

1، 2 و 4 - به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار و دکتری، گروه بیوسستم، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد.

3 - استادیار، گروه مهندسی علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.

5 - استادیار، گروه بیوسستم، دانشکده فنی و منابع طبیعی تویسرکان، دانشگاه بوعلی سینا همدان.

\* - نویسنده مسئول: (Email: ghasemymahdi@ut.ac.ir)

DOI: 10.22067/iftstr.v16i4.76455

نسبت‌های 10، 20 و 30% به فلفل سیاه هندی افزوده شدند. برای هر آزمایش 2 گرم از نمونه‌های آماده شده در داخل یک پتری دیش تمیز و فاقد رطوبت در محفظه مخصوص نمونه‌گیری ریخته شد. برای هر گروه نمونه‌ها، آزمایش‌ها ده بار تکرار گردید.

جدول 1- مشخصات نمونه‌های آماده شده

نمونه	نام انگلیسی	نام علمی	خانواده
فلفل سیاه	Black pepper	Piper nigrum	Piperaceae
کبابه چینی	Cubeb pepper	Piper cubeba L	Piperaceae
هسته خرما	Palm kernel	---	---

### ماشین بویایی (بینی الکترونیک)

جهت تشخیص و طبقه‌بندی نمونه‌ها از سامانه ماشین بویایی دارای حسگرهای نیمه‌هادی اکسید فلزی (MOS) ساخته شده در دانشگاه شهرکرد استفاده شد (توحیدی و همکاران، 1395). این حسگرها از حساسیت و پایداری شیمیایی بالایی برخوردار بوده و در عین حال کم‌هزینه هستند و قادرند که یک کمیت شیمیایی را به یک سیگنال الکتریکی تبدیل کنند (کیانی و مینایی، 1394). سامانه ماشین بویایی از آرایه‌های حسگرها، محفظه حسگری و نمونه، سامانه تحصیل داده، منبع تغذیه، شیرهای برقی، پمپ و کپسول اکسیژن تشکیل شده است و سامانه ماشین بویایی مورد استفاده در این پژوهش در شکل 1 آورده شده است. مجموعه حسگرها شامل ترکیبی از 8 حسگر نیمه‌هادی اکسید فلزی با نام‌های تجاری MQ (Hanwai, China)، FIS (Osaka, Japan) و TGS (Glenview, USA) که هر کدام از آن‌ها به ترکیبات خاصی از مواد فرار نمونه‌ها واکنش نشان می‌دهند (Sanaeifar et al., 2015b). حسگرهای استفاده شده و مشخصات آن‌ها در جدول 2 نشان داده شده است.

به‌منظور رساندن دمای سطح حسگرها به مقدار مناسب (300-500°C) ولتاژ 5 ولت که توسط کارخانه‌های سازنده توصیه شده است به گرم‌کن حسگرها داده شد. جهت اطمینان از پایداری دمایی حسگرها و بهترین عملکرد در محدوده دمایی مناسب، 30 دقیقه قبل از شروع آزمایش‌ها، مجموعه حسگرها توسط یک بورد واسط شروع به کار کرده تا به دمای مورد نظر برسد (توحیدی و همکاران، 1395). نمونه‌های آماده شده، 30 دقیقه قبل از شروع هر آزمایش‌ها و فرایند نمونه‌برداری به‌منظور تولید مواد فرار و پر شدن فضای بالای نمونه در محفظه نمونه‌گیری کاملاً عایق قرار داده شدند. سامانه ماشین بویایی برای سه فاز تصحیح خط مبنا، تزریق بوی نمونه و اندازه‌گیری و پاکسازی حسگرها و محفظه نمونه برنامه‌ریزی شده است. در مرحله تصحیح خط مبنا به‌منظور پاکسازی

به‌عنوان ادویه‌ای با ارزش در صنایع غذایی و علم پزشکی از اهمیت بالایی برخوردار است.

تاکنون جهت بررسی کنترل کیفیت ادویه‌ها از روش‌های مختلفی مانند تست پنل<sup>1</sup> (Li et al., 2013)، روش‌های آزمایشگاهی مانند کروماتوگرافی گازی (GC)<sup>2</sup> (Shafiqul Islam et al., 2006)، ماشین بینایی<sup>3</sup> (سیدی و عابدینی؛ 1390) و ماشین چشایی<sup>4</sup> (Baldwin et al., 2011) استفاده شده است. که بیشتر این روش‌ها پیچیده، وقت‌گیر و پرهزینه بوده و به افراد متخصص و ابزارهای دقیق و گران‌قیمت نیاز دارند. ماشین بویایی (بینی الکترونیکی)<sup>5</sup>، یکی از ابزارهای نوین، مناسب، کارآمد و کم‌هزینه در سنجش کیفیت و طبقه‌بندی مواد غذایی است. این سیستم با استفاده از یک آرایه حسگری متشکل از حسگرهای گازی کار سیستم بویایی انسان را شبیه‌سازی کرده و به نوعی گازهای فرار متصاعد شده از مواد غذایی را بو می‌کند. حسگرهای گازی مورد استفاده کمیت‌های شیمیایی را به کمیت‌های الکتریکی تبدیل می‌کنند. سیگنال‌های به‌دست آمده از تغییرات بوی مواد به واحد پردازشگر ارسال شده و با توجه به تغییرات در روند سیگنال‌ها، صفت مورد نظر استخراج شده و در ادامه با استفاده از روش‌های تشخیص الگو تغییرات آن به‌دست می‌آید (قاسمی ورنامخواستی، 2011؛ Kiani et al., 2016b; Bhattacharyya et al., 2008). استفاده از ماشین بویایی در چند سال اخیر به‌منظور ارزیابی اصالت محصولات و تقلب صورت گرفته در آن‌ها افزایش چشمگیری داشته است. از جمله این پژوهش‌ها می‌توان به زعفران (Heidarbeigi et al., 2015)، ادویه مخلوط (Banach et al., 2012)، فلفل سفید (Liu et al., 2013) اشاره کرد. بنابراین هدف پژوهش حاضر، بررسی توانایی سامانه ماشین بویایی در شناسایی و طبقه‌بندی ادویه فلفل سیاه براساس منشاء جغرافیایی و همچنین تشخیص تقلب در نمونه هندی این ادویه می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

ابتدا نمونه‌های فلفل سیاه براساس منشاء جغرافیایی (هندی، پاکستانی و چینی)، کبابه چینی و پودر هسته خرما از نمونه‌های موجود در بازار به‌صورت فله و پودر نشده (برای حصول اطمینان از کیفیت) تهیه شدند سپس نمونه‌ها آسیاب، و پودر شدند. مشخصات نمونه‌های آماده شده در جدول 1 آورده شده است. برای تهیه نمونه‌های فلفل سیاه تقلبی با درصدهای مختلف تقلب (وزنی)، یک ساعت پیش از انجام آزمایش‌ها با بینی الکترونیکی، کبابه چینی و پودر هسته خرما با

<sup>1</sup> Panel Test

<sup>2</sup> Gas Chromatography-Mass Spectrometry

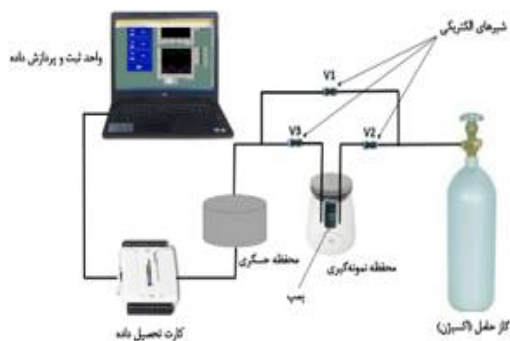
<sup>3</sup> Machine Vision

<sup>4</sup> Electronic Tongue

<sup>5</sup> Electronic Nose

پاکسازی حسگرها و رساندن پاسخ حسگرها به خط مبنا، گاز حامل (اکسیژن) به مدت 180 ثانیه از روی حسگرها عبور داده شد. در مرحله تزریق بو و اندازه‌گیری، فضای هد توسط پمپی که در محفظه نمونه تعبیه شده است، با دبی 1/3 لیتر بر دقیقه به محفظه حسگرها منتقل شد. زمان مورد نیاز برای رسیدن پاسخ حسگرها به مقدار ماکزیمم، 240 ثانیه در نظر گرفته شد. در این مرحله ولتاژ خروجی هر حسگر با توجه به نوع و میزان حساسیت آن، تغییر می‌کند. در مرحله

پاکسازی حسگرها و محفظه، گاز اکسیژن به مدت 155 ثانیه از روی حسگرها عبور داده شد تا اثری از بو باقی نماند. زمان‌بندی سامانه برای هر نوع کاربردی منحصر به فرد است و با تغییر کاربری سامانه، هریک از مراحل فوق باید مجدداً زمان‌بندی شوند (قاسمی و رانامخواستی، 2011). پاسخ حسگرها در مراحل ذکر شده به وسیله یک سامانه تحصیل داده برنامه‌ریزی شده با نرم‌افزار Lab View 2013 جمع‌آوری و ذخیره شد.



الف



ب

شکل 1- الف) طرح‌واره‌ای از سامانه ماشین بویایی مورد استفاده ب) سامانه ماشین بویایی مورد استفاده

جدول 2- نام، مشخصات و محدوده تشخیص آرایه حسگری بینی الکترونیک

محدوده تشخیص (ppm)	کاربردهای اصلی	نام حسگر
10000-500	متان، پروپان، بوتان	TGS813
10000-100	هیدروژن	MQ8
10000-200	متان، گاز طبیعی	MQ4
5000-50	بخار حلال‌های آلی	TGS822
5000-50	الکل، بخار حلال‌های آلی	TGS2620
300-10	آمونیاک، الکل، دود، بنزن و دی‌اکسید کربن	MQ135
10-0/05	الکل	MQ3
10-1 (سولفید هیدروژن)	کنترل کیفیت هوا	FIS
100-10 (اتانول، آمونیاک، هیدروژن)		

همکاران، 1396). سه روش پیش پردازش اختلافی<sup>1</sup>، کسری<sup>2</sup>، نسبی<sup>3</sup>، بدین منظور وجود دارد (Kiani et al., 2016a) که در این پژوهش روش کسری به کار رفته است. در این روش ((X (0) کمترین پاسخ حسگر پیش از مرحله اندازه‌گیری (خط مبنا) از پاسخ حسگری ((X (t) در زمان t کم می‌شود و سپس نتیجه بر پاسخ حسگر تقسیم می‌شود، پاسخ پیش‌پردازش شده ((Y (t) بی‌بعد و نرمال شده است و

### استخراج ویژگی

ابتدا داده‌ها باید پیش‌پردازش شوند تا به شکل قابل استفاده در نرم‌افزارهای تحلیل تشخیص الگو درآیند. پیش‌پردازش داده‌ها وابسته به نوع حسگرها بوده و تاثیر بسیار زیادی روی عملکرد روش‌های تشخیص الگو دارد (Pearce et al., 2003). پیش‌پردازش شامل سه مرحله تصحیح خط مبنا، فشرده‌سازی و نرمال‌سازی داده‌ها است. هدف از تصحیح پاسخ حسگرها با توجه به خط مبنا به منظور جبران انحراف و افزایش قدرت تشخیص حسگرها است (حاجی‌نژاد و

1 Differential  
2 Fractional  
3 Relative

می‌شود که مبتنی بر راه‌های متفاوت برای به حداقل رساندن تابع خطا می‌باشند. C در روش C-SVM براساس اطلاع از نویز موجود در داده‌ها انتخاب می‌شود و پارامتر Nu در روش Nu-SVM به‌عنوان مرز بالایی از خطاها و حد پایین برای بردار پشتیبان عمل می‌کند (Sanaeifar et al., 2014).

#### روش درخت تصمیم (DT<sup>6</sup>)

درخت تصمیم‌گیری ابزاری قوی، ساده و قابل فهم برای پیش‌بینی و طبقه‌بندی داده‌ها است که با تفسیر آسان نتایج و رشد داده کاوی استفاده از آن در حال افزایش است (طلوعی اشلقی و همکاران، 1391). این روش برای انواع داده‌های عددی و طبقه‌ای قابل استفاده بوده و احتیاجی به محاسبات پیچیده برای دسته‌بندی داده‌ها ندارد. درخت تصمیم متشکل از تعدادی گره و برگ می‌باشد. برگ‌ها نشان دهنده کلاس‌ها هستند و در هر یک از گره‌ها با توجه به یک یا چند صفت تصمیم‌گیری صورت می‌گیرد. درخت ایجاد شده تا جایی که امکان جداسازی بهتر داده‌ها وجود نداشته باشد، بزرگ می‌شود. از پر کاربردترین ساختارهای تصمیم می‌توان از الگوریتم پر کاربرد C4.5 نام برد که در پژوهش‌های زیادی استفاده شده است. این الگوریتم در نرم‌افزار داده کاوی Weka، J48 نام دارد، این الگوریتم به‌صورت گرافیکی یک درخت تصمیم‌گیری ایجاد می‌کند که تفسیر آن از سایر روش‌های طبقه‌بندی ساده‌تر است.

پارامترهای زیر به‌منظور ارزیابی عملکرد درخت تصمیم استفاده شده است (Patil & Sherekar, 2013):

- TP Rate (True Positive): میزان دسته‌بندی درست داده‌ها را نشان می‌دهد.

- FP Rate (False Positive): میزان دسته‌بندی نادرست داده‌ها را نشان می‌دهد.

- Recall: نسبت میزان کل مشاهدات طبقه‌بندی شده و مرتبط در هر کلاس را به کل مشاهدات مرتبط بیان می‌کند.

- Precision: نسبت میزان کل مشاهدات طبقه‌بندی شده و مرتبط در هر کلاس را به کل مشاهدات بیان می‌کند.

- F-Measure: از رابطه ذیل به‌دست می‌آید:

$$OF - Measure = \frac{2 \times Recall \times Precision}{Recall + Precision} \quad (1)$$

#### نتایج و بحث

نتایج آنالیز به روش PCA به کمک نمودارهای اسکور و لودینگ مورد بررسی قرار گرفتند. در شکل 2- الف نمودار اسکور دو مولفه اصلی برای نمونه‌های فلفل سیاه هندی، پاکستانی و چینی نشان داده

پاسخ حسگرهایی که سطح پاسخ بالا و یا پایینی دارند را جبران می‌کند (Arshak et al., 2004)

#### تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها تحلیل مولفه‌های اصلی (PCA<sup>1</sup>)

تحلیل مولفه‌های اصلی روشی چندمتغیره و بدون ناظر است که در فشرده‌سازی داده‌های خطی و استخراج ویژگی‌ها استفاده می‌شود. PCA با نادیده گرفتن تفاوت بین کلاس‌ها و حفظ مولفه‌هایی از مجموعه داده‌ها که بیشترین تاثیر را در واریانس دارند برای کاهش ابعاد داده می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد (Li et al., 2007). روش PCA با مشخص کردن الگوها و طبقه‌بندی داده‌ها به‌نحوی داده‌ها را بیان می‌کند که شباهت‌ها و تفاوت‌های آن‌ها مشخص‌تر شود (Mahmoudi, 2009) و در شرایطی که تعداد داده‌ها کم بوده و نمونه‌برداری از داده‌ها به‌صورت غیریکنواخت صورت گرفته باشد استفاده می‌شود. نتایج این روش توسط نمودارهای گرافیکی (اسکور<sup>2</sup> و لودینگ<sup>3</sup>) بیان می‌شوند.

#### LDA<sup>4</sup>

تحلیل تفکیک خطی یک روش طبقه‌بندی با نظارت می‌باشد که برای دسته‌بندی و طبقه‌بندی داده‌ها، کلاس‌ها را در نظر می‌گیرد و براساس تفاوت کلاس‌ها ویژگی‌های مهم را استخراج می‌کند. هدف این روش این است که داده‌های مربوط به یک کلاس تا حد امکان به هم نزدیک و داده‌های کلاس‌های مختلف از هم دور باشند. به عبارت دیگر روش LDA با به حداکثر رساندن پراکندگی بین کلاس داده‌ها و به حداقل رساندن پراکندگی درون کلاس‌ها به تفکیک بیشتر بین گروه‌های مختلف کمک می‌کند (Tudu et al., 2008). تحلیل تفکیک خطی نیز مانند تحلیل مولفه‌های اصلی در کاستن تعداد بعد داده‌ها و در شرایطی که تعداد داده‌ها زیاد باشد، استفاده می‌شود.

#### SVM<sup>5</sup>

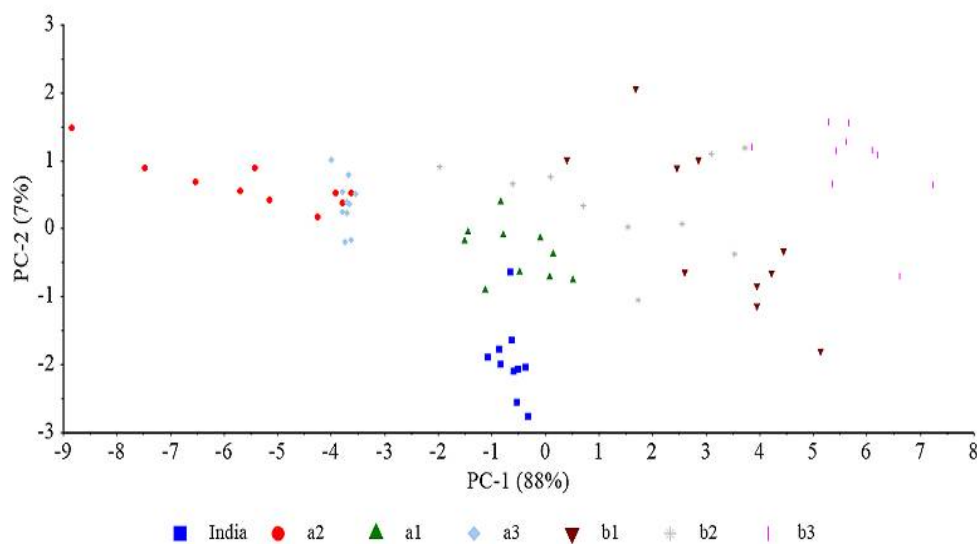
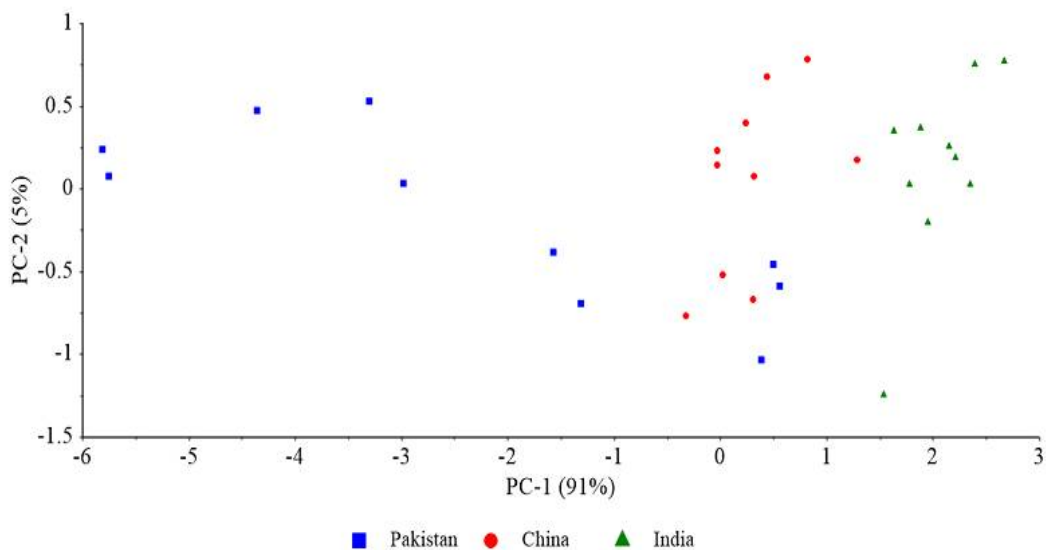
ماشین بردار پشتیبان یکی از روش‌های یادگیری ماشینی و روشی با نظارت است. به‌طور کلی این روش برای طبقه‌بندی دو یا چند گروه و رگرسیون مورد استفاده قرار می‌گیرد. منای کاری دسته‌بندی روش SVM، دسته‌بندی خطی داده‌ها بوده و در تقسیم خطی داده‌ها سعی می‌شود خطی انتخاب شود که حاشیه اطمینان بیشتری داشته باشد. برای طبقه‌بندی داده‌ها از دو روش SVM-C و SVM-Nu استفاده

- 1 Principal Component Analysis
- 2 Score
- 3 Loading
- 4 Linear Discriminant Analysis
- 5 Support Vector Machine



واریانس بین نمونه‌ها و در مجموع با 95% واریانس کل را توصیف کردند. با توجه به شکل نمونه هندی فلفل سیاه یا به عبارتی نمونه شاهد (بدون تقلب) تقریباً به‌صورت کامل از سطوح تقلب متمایز می‌باشد. اما سطح تقلب 20 و 30% در تقلب کبابه چینی با یکدیگر همپوشانی دارند. همچنین در تقلب هسته خرما بین سطوح تقلب 10 و 20% تمایز مناسبی وجود ندارد و قابل تفکیک از یکدیگر نیستند. اما سطح 30% به‌صورت کامل از نمونه شاهد و سایر سطوح تقلب مجزا است و با افزایش حجم پودر هسته خرما در نمونه شاهد، تفکیک‌پذیری افزایش می‌یابد.

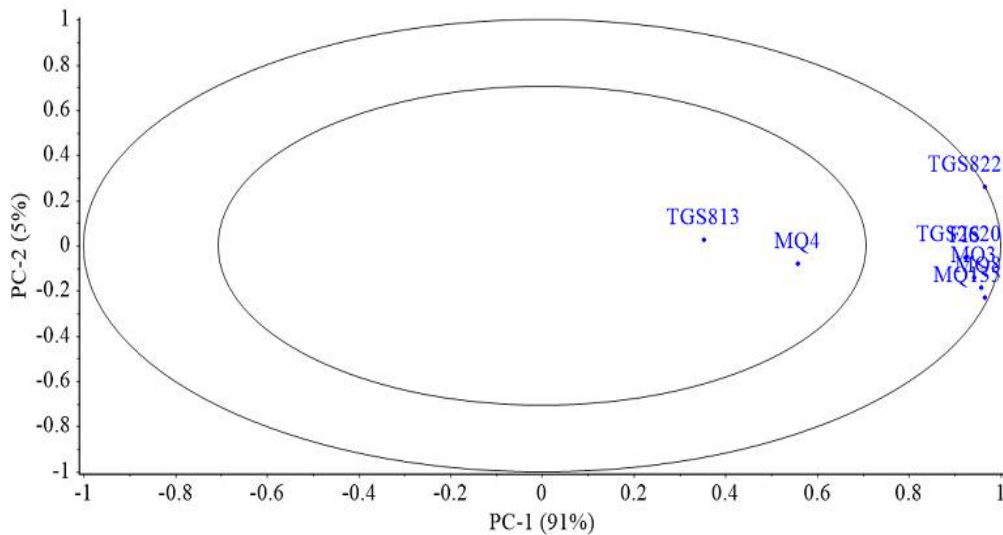
شده است. براساس نتایج، تمایز مناسبی بین نمونه‌های هندی با دو نمونه دیگر وجود دارد (Heidarbeigi *et al.*, 2015). دو مولفه اصلی PC1 و PC2 در این نمودارها بیانگر بیشترین مقدار واریانس داده‌ها می‌باشند که به ترتیب 91% و 5% واریانس بین نمونه‌ها و در مجموع 96% واریانس کل داده‌ها را توصیف کردند. نمونه‌های چینی به مقدار بسیار کمی با نمونه‌های پاکستانی همپوشانی دارند و بیانگر این مطلب است که پاسخ حسگرها به نمونه‌های چینی تا حدودی مشابه نمونه‌های پاکستانی است. همچنین شکل 2- ب نمودار اسکور مولفه‌های اصلی مربوط به سطوح مختلف تقلب‌های کبابه چینی و هسته خرما است. دو مولفه اصلی PC1 و PC2 به ترتیب 88% و 7%



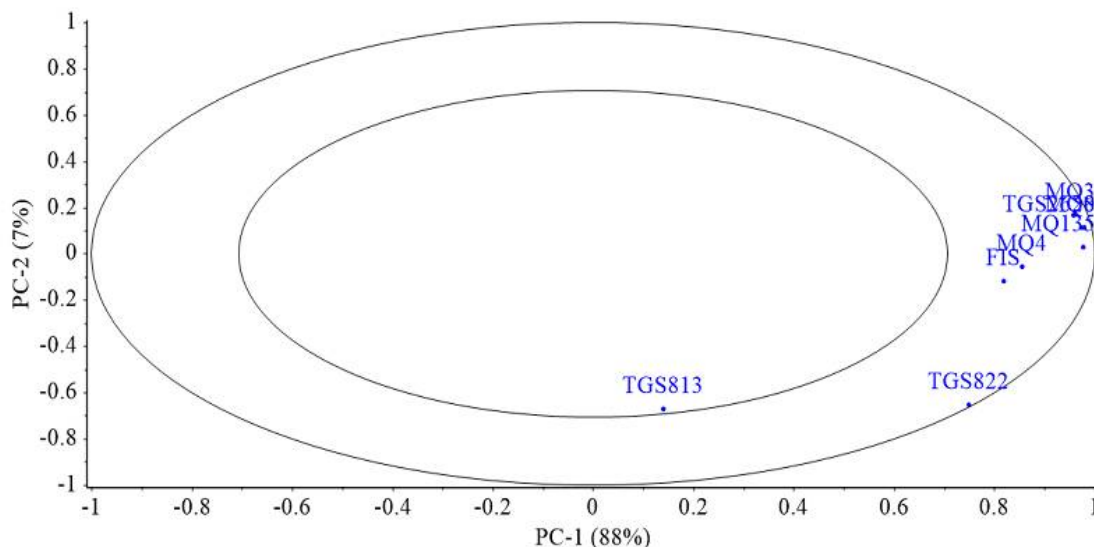
شکل 2- نمودار اسکور PCA برای نمونه‌های مختلف فلفل سیاه. الف) براساس منشاء جغرافیایی ب) تقلب کبابه چینی (a1,2,3)، 10، 20 و 30%، تقلب هسته خرما (b1,2,3)، 10، 20 و 30%.

نمونه‌های مورد نظر دارد و می‌توان برای کاهش هزینه‌های ساخت و پیچیدگی فرایند تشخیص الگو، حسگر یا حسگرهایی که کمترین تاثیر را در فرایند تشخیص داده دارند از آرایه حسگری حذف کرد.

شکل 3- الف نمودار لودینگ برای دو مولفه اصلی نمونه‌های مختلف فلفل سیاه را نشان می‌دهد. هرچه مقدار لودینگ حسگری روی یکی از مولفه‌های اصلی بیشتر باشد (نزدیک به دایره بیرونی) نشان‌دهنده آن است که نقش بیشتری در تشخیص و تمایز بین



الف



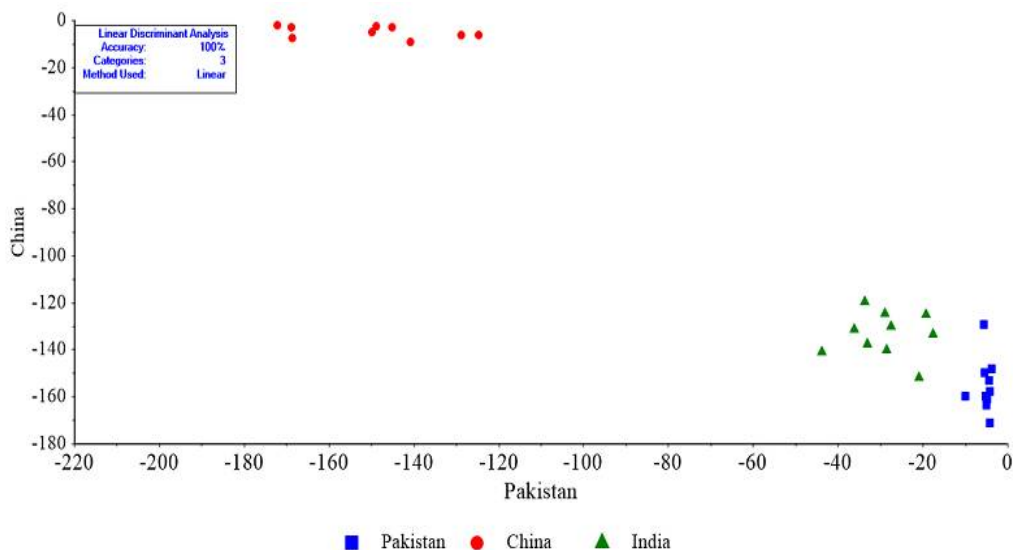
ب

شکل 3- نمودار لودینگ PCA برای نمونه‌های مختلف فلفل سیاه. الف) براساس منشأ جغرافیایی ب) تقلب کبابه چینی و پودر هسته خرما

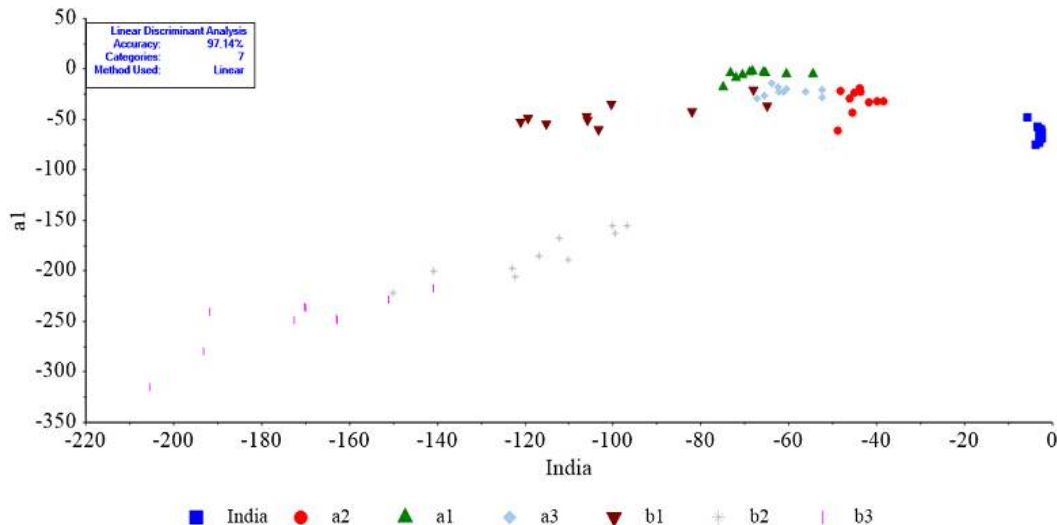
TGS813 با کمترین ضرایب لودینگ کمترین تاثیر را در طبقه‌بندی نمونه‌های فلفل سیاه داشته و می‌توان به‌منظور کاهش هزینه‌ها آن‌ها را از آرایه حسگری حذف نمود. در شکل 3- ب نمودار لودینگ مولفه‌های اصلی تقلب‌های کبابه چینی و هسته خرما نشان داده شده است. حسگرهای MQ3، TGS2620، MQ8 و TGS822 بالاترین

مطابق شکل 3- الف حسگرهای TGS822 و MQ135 و MQ8 بالاترین مقدار ضرایب لودینگ را دارند. MQ8 و MQ135 با وجود این که ضرایب لودینگ بالایی دارند اما با توجه به نزدیکی مقادیر آن‌ها به یکدیگر، می‌توان نتیجه گرفت که این دو حسگر تقریباً تاثیر یکسانی در فرایند تشخیص الگو دارند و می‌توان برای سهولت فرایند تحلیل، فقط از یکی از آن‌ها استفاده کرد. حسگرهای MQ4

به‌دست آمد. در نمودار مربوط به نمونه‌های شاهد فلفل سیاه، نمونه‌های مختلف به‌خوبی از یکدیگر تفکیک شده‌اند. در تقابل کبابه چینی سطوح مختلف تقابل از یکدیگر و از نمونه شاهد تفکیک شده‌اند و در تقابل هسته خرما سطح تقابل 10% از سایر سطوح تفکیک شده است ولی سطوح تقابل 20 و 30% به میزان بسیار کمی همپوشانی دارند.



شکل 4- نمودار اسکور LDA برای نمونه‌های فلفل سیاه براساس منشأ جغرافیایی



شکل 5- نمودار اسکور LDA برای سطوح مختلف تقابل کبابه چینی (a1,2,3) و ۲۰، ۱۰ و 30%، تقابل هسته خرما (b1,2,3)، 10، 20 و 30%.

نتایج حاصل از این روش در جدول 3 آورده شده است. نتایج نشان داد که SVM با تابع گاوسی بالاترین دقت را در طبقه‌بندی نمونه‌های فلفل سیاه براساس منشأ جغرافیایی دارد. برای این تابع پارامترهای

مقدار ضرایب لودینگ را به‌خود اختصاص دادند. حسگر TGS813 نیز کمترین ضریب لودینگ را به خود اختصاص داده است.

تحلیل تفکیک خطی LDA نیز به‌منظور بررسی کارایی سامانه در تشخیص و تفکیک بین بوهای فرار متصاعد شده از نمونه‌ها استفاده شد. براساس شکل 4 دقت این روش در طبقه‌بندی نمونه‌های شاهد فلفل سیاه 100% و برای سطوح تقابل با توجه به شکل 5، 97/14%

همچنین از ماشین بردار پشتیبان نوع Nu-SVM برای طبقه‌بندی داده‌ها استفاده شد، پارامترهای Nu و  $\gamma$  با سعی و خطا و با به حداقل رساندن خطای اعتبارسنجی تعیین شدند. در این تحلیل از چهار نوع تابع کرنل خطی، چندجمله‌ای، گاوسی و سیگموئیدی استفاده شد.

در این پژوهش از الگوریتم J48 استفاده شد. با توجه به ماهیت این الگوریتم و نیاز به داده‌های آموزشی و آزمایشی برای ارزیابی عملکرد درخت تصمیم از روش K-fold Cross validation استفاده شده است.

بهینه SVM،  $Nu=0/66$  و  $\gamma=0/5$  و همچنین دقت آموزش و دقت اعتبارسنجی در طبقه بندی برابر با  $96/66\%$  به دست آمد. مطابق جدول 3 در طبقه بندی این دو تقبل تابع گاوسی بیشترین دقت را در طبقه بندی از خود نشان داد و برای این تابع  $Nu=0/5$  و  $\gamma=0/5$  دقت آموزش و دقت اعتبارسنجی به ترتیب برابر  $92/85$  و  $90\%$  به دست آمد.

جدول 3- عملکرد و پارامترهای ماشین بردار پشتیبان

ادویه	تابع کرنل	Nu	$\gamma$	دقت طبقه بندی در آموزش (%)	دقت طبقه بندی در اعتبار سنجی (%)
فلفل سیاه	خطی	0/663	1	90	90
	چندجمله‌ای	0/663	0/599	90	90
	گاوسی	0/663	0/599	96/66	96/66
	سیگموئیدی	0/663	0/027	83/33	86/66
تقبل	خطی	0/554	1	88/57	85/71
	چندجمله‌ای	0/554	0/599	87/14	84/28
	گاوسی	0/554	0/599	92/85	90
	سیگموئیدی	0/554	0/599	14/28	25

می‌شود. در انتها نیز به عنوان خروجی نهایی، میانگین این K مرتبه محاسبه می‌شود.  $K=10$  در نظر گرفته شد.

در این روش به پارامتر K نیاز است و با توجه به مقدار این پارامتر، K مرتبه و در هر مرتبه  $\frac{1}{K}$  داده‌ها، به عنوان مجموعه داده‌های آزمایشی برای ارزیابی مدلی که با بقیه داده‌ها ایجاد شده است استفاده

جدول 4- ماتریس اغتشاش حاصل از درخت تصمیم گیری برای نمونه‌های فلفل سیاه براساس منشاء جغرافیایی

مشاهده / پیش بینی	a	b	c
هندی	0	0	10
پاکستانی	9	0	1
چینی	0	10	0

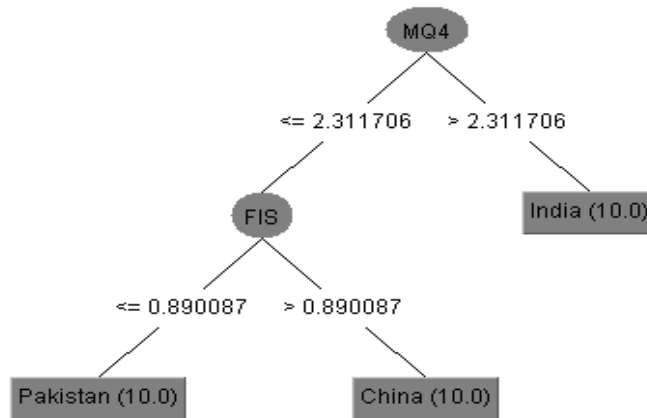
جدول 5- ماتریس اغتشاش حاصل از درخت تصمیم گیری برای تقلب‌های کبابه چینی و هسته خرما

نمونه تقلب	مشاهده / پیش بینی	a	b	c	d	e	f	g
هندی		10	0	0	0	0	0	0
کبابه چینی		0	8	0	1	1	0	0
		0	0	9	1	0	0	0
		0	0	1	9	0	0	0
هسته خرما		0	0	0	0	9	0	1
		1	0	0	0	2	7	0
		0	0	0	0	0	0	10

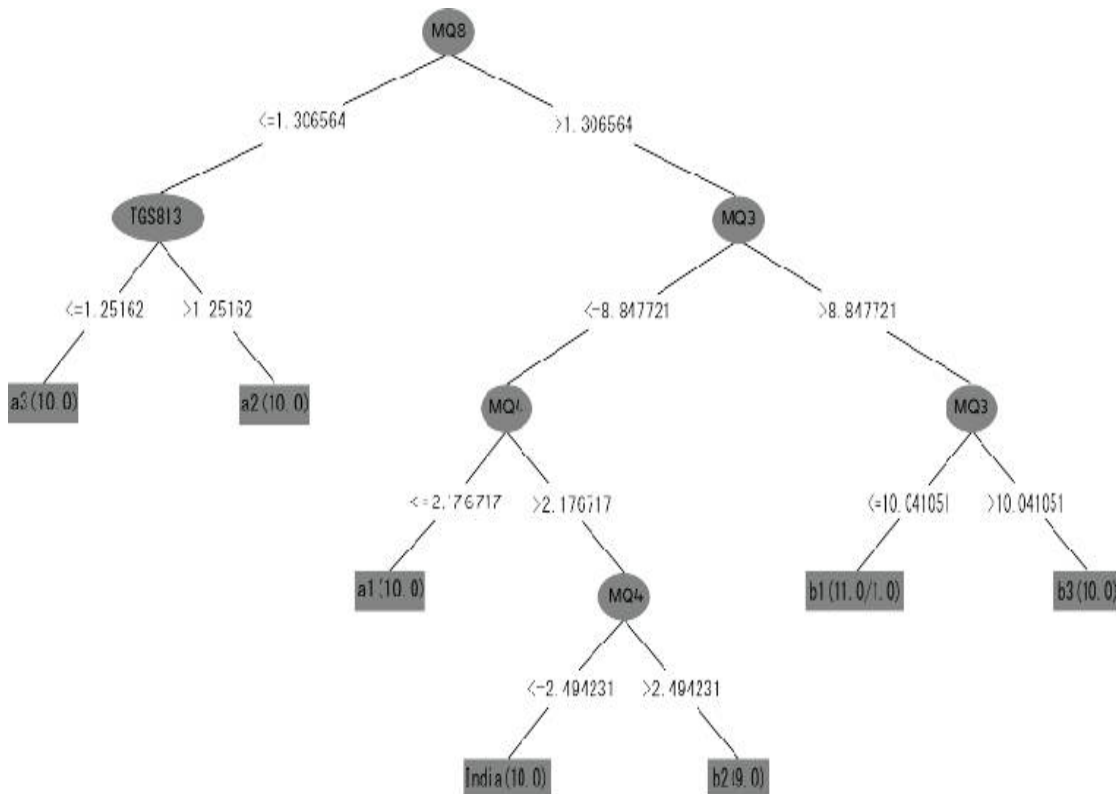
تعداد برگ‌ها و گره‌ها بیشتر باشد یا به عبارتی درخت بزرگتر شود، دقت آن در طبقه بندی کاهش می‌یابد. درخت تصمیم گیری به دست آمده برای نمونه فلفل سیاه از 3 برگ و 5 گره و برای تقلب‌های کبابه

نمودار گرافیکی نتایج درخت تصمیم در طبقه بندی داده‌ها در شکل 6 آورده شده است. یکی از موارد مهمی که در طبقه بندی داده‌های تاثیر مستقیم دارد، اندازه درخت‌های طبقه بندی می‌باشد. هرچه

چینی و هسته خرما از 7 برگ و 13 گره تشکیل شده است. این درخت‌ها به علت کم حجم بودن دقت مناسبی را ارائه داده‌اند.



الف



ب

شکل 6- نمودار درخت تصمیم در طبقه‌بندی نمونه‌های مختلف فلفل سیاه. الف) براساس منشأ جغرافیایی ب) تقلب کبابه چینی و تقلب هسته خرما

جدول 6- نتایج به‌دست آمده از درخت تصمیم‌گیری‌های ایجاد شده

F-Measure	Recall	Precision	FP Rate	TP Rate	دسته	ادویه
0/902	1	0/909	0/05	1	هندی	فلفل سیاه
0/947	0/9	1	0	0/9	پاکستانی	
1	1	1	0	1	چینی	
0/967	0/967	0/907	0/017	0/96	میانگین وزنی	
0/952	1	0/909	0/017	1	هندی	
0/889	0/8	1	0	0/8	10%	تقلب کبابه چینی
0/9	0/9	0/9	0/017	0/9	20%	
0/857	0/9	0/818	0/033	0/9	30%	
0/818	0/9	0/75	0/05	0/9	10%	تقلب هسته خرما
0/824	0/7	1	0	0/7	20%	
0/952	1	0/909	0/017	1	30%	
0/885	0/886	0/898	0/019	0/886	میانگین وزنی	

تقلب با توجه به نتایج حاصل از روش‌های تفکیک خطی، خوشه‌بندی سلسله مراتبی و ماشین بردار پشتیبان، غیررضایت بخش گزارش شد. کارمونا و همکاران (2006) به‌منظور بررسی منشاء جغرافیایی زعفران (ایران، مراکش، یونان و اسپانیا) از یک سامانه ماشین بویایی در ترکیب با روش TD-GS-MS استفاده کردند. این سامانه با استفاده از تحلیل مولفه‌های اصلی قادر به تفکیک نمونه‌ها از منشاء جغرافیایی‌های متفاوت با دقت 90% بود. مقایسه نتایج به‌دست آمده از این پژوهش با استفاده از روش‌های PCA، LDA، SVM و DT با سایر پژوهش‌های پیشین، نتایج کار را کاملاً رضایت‌بخش نشان می‌دهد.

### نتیجه‌گیری

در این پژوهش از یک سامانه ماشین بویایی بر پایه هشت حسگر نیمه‌هادی اکسید فلزی در ترکیب با روش‌های تشخیص الگو به‌منظور تشخیص نمونه‌های مختلف فلفل سیاه براساس منشاء جغرافیایی و تشخیص تقلب‌های کبابه چینی و پودر هسته خرما استفاده شد. در مقایسه تحلیل مولفه‌های اصلی (PCA)، تحلیل تفکیک خطی (LDA)، ماشین بردار پشتیبان (SVM) و درخت تصمیم‌گیری (DT) برای طبقه‌بندی نمونه‌های فلفل سیاه، روش LDA با دقت 100% برای نمونه‌های فلفل سیاه براساس منشاء جغرافیایی و دقت 97/14% برای تقلب‌ها بالاترین دقت طبقه‌بندی را نسبت به سایر روش‌های مورد استفاده را دارا می‌باشند. همچنین با انجام دادن آنالیز لودینگ، قابلیت حسگرها محاسبه شده و مشخص شد که آرایه حسگری مورد نظر برای تشخیص اصالت و تقلب در فلفل سیاه قابل قبول است. آگاهی داشتن از نوع حسگرها و توانایی آرایه حسگری ما

ماتریس اغتشاش و نتایج محاسبه پارامترها برای نمونه‌های فلفل سیاه و تقلب‌های کبابه چینی و هسته خرما در جدول‌های 4، 5 و 6 آورده شده است. ماتریس اغتشاش حاصل از درخت تصمیم ارتباط بین کلاس‌های واقعی و پیش‌بینی شده را بیان می‌کند. پارامترهای ذکر شده با استفاده از این ماتریس به‌دست می‌آیند. نسبت داده‌های هر کلاس به کل جمعیت داده‌های موجود را وزن هر کلاس گویند و با محاسبه میانگین وزنی درخت می‌توان پارامترهای ذکر شده را برای کل درخت به‌دست آورد. با توجه به نتایج کلی درخت تصمیم‌گیری قادر به طبقه‌بندی نمونه‌های فلفل سیاه با دقت 96/66% و سطوح مختلف تقلب با دقت 88/5% می‌باشد.

با توجه به جدول 6 مقدار پارامترهای F-Measure و TP Rate برای نمونه نمونه پاکستانی در ادویه فلفل سیاه و سطوح 10% در تقلب کبابه چینی و 20% در تقلب هسته خرما کمتر از سایر نمونه‌ها و سطوح دیگر بوده است. همچنین مقدار پارامتر F-Measure در سطح 30% در تقلب کبابه چینی و سطح 10% در تقلب هسته خرما کمتر از سایر سطوح می‌باشد. این امر نشان دهنده خطای بیشتر در دسته‌بندی داده‌های مربوط به این کلاس‌ها می‌باشد.

از فناوری ماشین بویایی به‌طور موفقیت‌آمیزی در طبقه‌بندی و تشخیص انواع مواد غذایی و کشاورزی استفاده شده است. اما در زمینه تشخیص و طبقه‌بندی انواع مختلف گیاهان دارویی و ادویه‌جات تحقیقات زیادی صورت نگرفته است. در این تحقیقات اندک صورت گرفته از سامانه ماشین بویایی براساس حسگرهای MOS استفاده شده است. طهری و همکاران (2016) از یک سامانه ماشین بویایی به‌منظور طبقه‌بندی زیره سبز براساس پنج منشاء جغرافیایی و تشخیص تقلب پودر گشنیز در پودر زیره سبز استفاده کردند. عملکرد این سامانه در طبقه‌بندی و تفکیک نمونه‌های بدون تقلب از سطوح

طبقه‌بندی نمونه‌های مختلف فلفل سیاه و تقلبات کبابه چینی و هسته خرما را دارا می‌باشد. با توجه به توانایی سامانه می‌توان پیشنهاد کرد که تحقیقات بیشتری در طبقه‌بندی و تشخیص تقلب دیگر مواد غذایی و کشاورزی انجام شود.

را در تصمیم‌گیری مناسب برای انتخاب، تغییر و ساخت حسگرهای مربوط به اهداف تعیین شده و تعیین زمان‌بندی‌های مختلف کمک می‌کند. نتایج به‌دست آمده بیانگر این موضوع است که سامانه ماشین بویایی در ترکیب باروش‌های تشخیص الگو توانایی تشخیص و

## منابع

- امیدبگی، ر.، 1384، تولید و فرآوری گیاهان دارویی، انتشارات آستان قدس رضوی.
- توحیدی، م.؛ قاسمی ورنامخواستی، م.؛ غفاری نیا، و.؛ محتسبی، س.س. و بنیادیان، م.، 1395، ساخت و توسعه یک سامانه ماشین بویایی در ترکیب با روش‌های شناسایی الگو برای تشخیص تقلب فرمالین در شیر خام، مهندسی بیوسیستم ایران، دوره 47، شماره 4، ص 1-10.
- حاجی نژاد، م.، محتسبی، س.س.، قاسمی ورنامخواستی، م. و آغباشلو، م.، 1396، تشخیص تقلب در نمونه عسل کنار با استفاده از یک سامانه ماشین بویایی، ماشین‌های کشاورزی، جلد 7، شماره 2، ص 439-450.
- سیدی، ع. و عابدینی، م.، 1390، شیمی عمومی با نگرش کاربردی جلد 2، ویرایش اول، چاپ هفتم.
- طلوعی اشلقی، ع.؛ پوراابراهیمی، ع.؛ ابراهیمی، م. و قاسم احمد، ل.، 1391، پیش‌بینی عود مجدد سرطان پستان به کمک سه تکنیک داده کاوی، بیماری‌های پستان ایران، سال 5، شماره 4، ص 23-34.
- قاسمی ورنامخواستی، م.، 2011، طراحی و توسعه و پیاده‌سازی یک سیستم زبان الکترونیک بر پایه حسگرهای نیمه‌هادی اکسید فلزی (MOS) در ترکیب با روش‌های تجزیه و تحلیل تشخیص الگو برای بررسی تشخیص کیفیت و تغییرات آبجو، پایان‌نامه دکتری، دانشگاه تهران.
- کیانی، س. و مینایی، س.، 1394، امکان سنجی استفاده از سامانه‌های هوشمند بر پایه ماشین بویایی و ماشین بینایی به منظور بررسی کیفیت و تعیین مواد موثر فرآورده‌های گیاهان دارویی (مطالعه موردی زعفران)، همایش ملی گیاهان دارویی و داروهای گیاهی.
- Arshak, K.E., Moore, G. M., Lyons, J., Harris, S. & Clifford., 2004, A review of gas sensors employed in electronic nose applications, *Sensor review*, 24, 181-198.
- Baldwin, E.A., Bai, J., Plotto, A. & Dea, S., 2011, Electronic Noses and Tongues: Applications for the Food and Pharmaceutical Industries, *Sensors*, 11(5), 4744-4766.
- Banach, U., Tiebe, C. & Hubert, T., 2012, Multigas Sensors for the Quality Control of Spice Mixtures, *Food Control*, 26, 23-27.
- Banerjee, D., Chowdhary, S., Chakraborty, S. & Bhattacharyya, R., 2017, Recent Advances in Detection of Food Adulteration. *Academic Press*, 145-160.
- Bhattacharyya, N., Bandyopadhyay, R., Bhuyan, M., Tudu, B., Ghosh, D. & Jana, A., 2008, Electronic nose for black tea classification and correlation of measurements with "Tea Taster" marks, *IEEE transactions on instrumentation and measurement*, 57(7), 1313-1321.
- Carmona, M., Martínez, J., Zalacain, A., Rodríguez-Méndez, M. L., de Saja, J. A. & Alonso, G. L., 2006, Analysis of saffron volatile fraction by TD-GC-MS and e-nose, *European Food Research and Technology*, 223, 96
- Gliszczynska-Swiglo, A. & Chmielewski, J., 2017, Electronic nose as a tool for monitoring the authenticity of food, *Food Analytical Methods*, 10(6), 1800-1816.
- Heidarbeigi, K., Mohtasebi, S.S., Foroughirad, A., Ghasemi-Varnamkhasti, M., Rafiee, S. & Rezaei, K., 2015, Detection of adulteration in saffron samples using electronic nose, *International Journal of Food Properties*, 18(7), 1391-1401.
- Kiani, S., Minaei, S. & Ghasemi-Varnamkhasti., M., 2016a, Application of Electronic Nose Systems for Assessing Quality of Medicinal and Aromatic Plant Products: A review, *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 3(1), 1-9.
- Kiani, S., Minaei, S. & Ghasemi-Varnamkhasti, M., 2016b, Portable Electronic Nose as an Expert System for Aroma-based Classification of Saffron, *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 156, 148-156.
- Li, C.P., Heinemann, R. & Sherry., 2007, Neural network and Bayesian network fusion models to fuse electronic nose and surface acoustic wave sensor data for apple defect detection, *Sensors and Actuators B: Chemical*, 125, 301-310.
- Li, Ch., Xu, F., Cao, Ch., Shang, M.Y., Zhang, C.Y., Yu, J., Liu, G.X., Wang, X. & Cai, SH.C., 2013, Comparative analysis of two species of Asari Radix et Rhizoma by electronic nose, headspace GC-MS and chemometrics, *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 85, 231-238.
- Liu, H., Zeng, F.K., Wang, Q.H. & Wu, H. S., 2013, Studies on the chemical and flavor qualities of white pepper (*Piper nigrum* L.) derived from five new genotypes, *European Food Research and Technology*, 237(2), 245-251.
- Lozano, J., Santos, J.P. & Horrillo, M.C., 2005, Classification of white wine aromas with an electronic nose, *Talanta*, 67, 610-616.

- Mahmoudi, E., 2009, Electronic nose technology and its applications, *Sensors & Transducers*, 107, 17.
- Patil, T.R. & Sherekar, S.S., 2013, Performance analysis of Naive Bayes and J48 classification algorithm for data classification, *International Journal of Computer Science and Applications*, 6(2), 256-261.
- Pearce T.C., Gardner J.W., Friel S., Barlett P.N. & Blair., N., 2003, Electronic nose for monitoring the flavor of beers, *Analyst*, 118, 371-377.
- Peter, K.V., (Ed.), 2012, *Handbook of herbs and spices*, Elsevier.
- Sanaeifar, A., Mohtasebi, S.S., Ghasemi-Varnamkhasti, M., Ahmadi, H. & Lozano, J., 2014, Development and application of a new low cost electronic nose for the ripeness monitoring of banana using computational techniques (PCA, LDA, SIMCA, and SVM), *Czech Journal of Food Sciences*, 32(6), 538-548.
- Sanaeifar, A., Mohtasebi, S.S., Ghasemi-Varnamkhasti, M. & Ahmadi, H., 2015b, Design, development and implementation of a metal oxide semiconductor (MOS) based machine olfaction system for monitoring of banana ripeness, *Journal of Agricultural Machinery*, 5(1), 111-121.
- Shafiqul Islam, A.K.M., Ismail, Z., Saad, B., Othman, A.R., Ahmad, M.N. & Shakaff, A.Y.Md., 2006, Correlation studies between electronic nose response and headspace volatiles of *Eurycoma longifolia* extracts, *Sensors and Actuators B*, 120, 245-251.
- Tahri, K., Tiebe, C., El Bari, N., Hübert, T. & Bouchikhi, B., 2016, Geographical provenience differentiation and adulteration detection of cumin by means of electronic sensing systems and SPME-GC-MS in combination with different chemometric approaches, *Analytical Methods*, 8(42), 7638-7649.
- Tudu, B., Kow, B., Bhattacharyya, N. & Bandyopadhyay, R., 2008, November, Comparison of multivariate normalization techniques as applied to electronic nose based pattern classification for black tea, In *Sensing Technology*, 2008. ICST 2008. 3rd International Conference on (pp. 254-258). IEEE.



## Implementation of an olfactory machine system for the classification of different types of black pepper based on geographical origin and detection of cheating in Indian black pepper

F. Jamalizadeh<sup>1</sup>, M Ghasemi-Varnamkhasti<sup>2\*</sup>, M. Ghasemi Nafchi<sup>3</sup>, M. Tohidi<sup>4</sup>, M. Dowlati<sup>5</sup>

Received: 2018.11.06

Accepted: 2019.09.08

**Introduction:** Spices are the most valuable medicinal plants used in food and medical science industries and due to quality and price diversity between various species, distinction, classification and separation of them based on purity and quality degree have great importance. Spices are produced in different countries, including India, Pakistan, China, and East and South Asian countries. The difference in the percentage of aromatic compounds in various types of spices from different regions has led to a distinction between spices. Also, profitable individuals for economic purposes and more profit without regard to the general health of the community will lead to the creation of adulteration in different types of spices. The most important of these adulterations is the addition of volatile ingredients such as cubeb pepper and palm kernel powder in black pepper.

**Materials and Methods:** In this study, an olfactory machine system based on eight metal oxide semiconductor sensors in combination with pattern recognition methods were used to classify and separate of black pepper samples based on geographic origin and also to detect cubeb pepper adulteration and palm kernel powder. The adulterated black pepper samples were tested with different adulteration levels (10, 20 and 30%). The fractional method was used to improve and optimize the electronic nose output signals before entering diagnostic methods. In order to analyze the extracted data from the sensor response signal, the principal component analysis method (PCA) was used. Based on the results, PCA with two main components of 96% for black pepper and 95% of cubeb pepper and palm kernel adulteration can be described from the variance of data. Also, three methods of linear separation analysis (LDA), Support vector machine (SVM) and decision tree (DT) were used to classify the samples. The use of the LDA method for black pepper showed a classification precision of 100%, and for adulterations, accuracy was 97.14%.

**Results and Discussion:** The results showed that SVM with Gaussian function has the highest accuracy in classifying black pepper samples, cubeb pepper, and palm kernel adulteration. Also, the success rate of the DT method in separating and categorizing black pepper, cubeb pepper, and palm kernel was 96.66% and 88.5% respectively. According to the results obtained, the machine olfaction system in combination with pattern recognition methods has the ability to detect and classify different black pepper samples from different geographical origin and the lowest level of adulteration.

**Keywords:** Nose electronics, Black pepper, Cubeb pepper, Palm kernel.

1. MSc student, Department of Mechanical Engineering of Biosystems, Faculty of Agriculture, Shahrekord University.

2. Associate Professor, Department of Mechanical Engineering of Biosystems, Faculty of Agriculture, Shahrekord University.

3. Assistant Professor, Department of Horticultural Science Engineering, Faculty of Agriculture, Shahrekord University.

4. Ph.D., Department of Mechanical Engineering of Biosystems, Faculty of Agriculture, Shahrekord University.

5. Assistant Professor, Tuyserkhan Faculty of Engineering and Natural Resources, Bu- Ali Sina University.

(\* - Corresponding Author Email: ghasemymahdi@ut.ac.ir)

## مقاله کوتاه پژوهشی

# اثر پوشش فعال کیتوزان حاوی پروتئین آبکافتی بر خواص شیمیایی و میکروبی فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) طی دوره نگهداری در دمای یخچال

سهیل ریحانی پول<sup>1</sup> - سید علی جعفرپور<sup>2\*</sup>

تاریخ دریافت: 1398/05/08

تاریخ پذیرش: 1398/07/03

### چکیده

به دنبال انجام تحقیقات گسترده در زمینه خواص ضدباکتریایی و آنتی‌اکسیدانی پروتئین‌های آبکافتی و کیتوزان و رضایت‌بخش بودن نتایج، استفاده کاربردی از این ترکیبات به‌عنوان نگهدارنده‌های طبیعی در مواد غذایی مختلف ضروری به‌نظر می‌رسد. هدف از مطالعه حاضر نیز بررسی خواص این ترکیبات در نگهداری فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در دمای یخچال است. به همین منظور، فیله‌های ماهی با محلول کیتوزان (تیمار 2) و کیتوزان حاوی پروتئین آبکافتی (تیمار 3) پوشش داده شدند و به همراه شاهد (تیمار 1) در روزهای صفر، 4، 8، 12، 16 و 20 نگهداری در یخچال مورد آزمون‌های شیمیایی و میکروبی قرار گرفتند. نتایج آزمون‌های شیمیایی نشان داد که مقادیر شاخص‌های TBA، TVN-B و FFA ضمن داشتن روند افزایشی در طول دوره، در اکثر روزهای مورد بررسی (به‌خصوص روزهای پایانی) به‌صورت معنی‌داری در تیمار 3 کمتر از تیمارهای 1 و 2 بود ( $p < 0/05$ ). شاخص PV هم در روزهای 12، 16 و 20 در تیمار 3 به‌صورت معنی‌داری از تیمار 1 و 2 کمتر بود اما روند افزایشی مستمر با افزایش زمان نگهداری در این شاخص ثبت نشد؛ بلکه در پایان دوره (روز 20) این شاخص در هر سه تیمار نسبت به روز 16 کاهش یافت. یافته‌های تغییرات pH حاکی از ثبات این شاخص در تیمار 3 در طول دوره نگهداری بود. ضمن اینکه در روزهای 12، 16 و 20 pH تیمار 3 به‌صورت معناداری کمتر از تیمار 1 و 2 بود ( $p < 0/05$ ). شمارش بار باکتریایی مزوفیل هوازی و سرمادوست در تیمارها (ضمن داشتن روند افزایشی در طول دوره) نشان داد که در روزهای 8، 12، 16 و 20 بار باکتریایی تیمار 3 به‌طور معناداری کمتر از تیمار 1 و 2 است ( $p < 0/05$ ). بنابراین می‌توان بیان نمود که پوشش فعال کیتوزان به همراه پپتیدهای زیست‌فعال قابلیت حفظ کیفیت فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در طول دوره نگهداری در دمای یخچال را دارد.

واژه‌های کلیدی: پروتئین آبکافتی، کیتوزان، خواص ضدباکتریایی، خواص آنتی‌اکسیدانی

### مقدمه

در تولید این فیلم‌ها کارایی دارند، دارای جنس و پایه پروتئینی، پلی‌ساکاریدی و یا لیپیدی هستند. با توجه به اینکه نگهدارنده‌های طبیعی در مواد غذایی به حفظ سلامت مصرف‌کنندگان کمک می‌کنند و از این رو تقاضا برای این نوع مواد غذایی به دلیل کیفیت بهتر و ایمنی بیشتر رو به افزایش است، انجام تحقیقات در زمینه نگهدارنده‌های طبیعی دارای قابلیت تشکیل فیلم و غنی‌سازی آن‌ها با ترکیبات فعال، مفید و ضروری به‌نظر می‌رسد.

کیتین پلیمر بلندی از ان-استیل گلوکزآمین است که غالباً در دیواره سلولی قارچ‌ها و اسکلریت خارجی سخت‌پوستان دریایی یافت می‌شود و بعد از سلولز، فراوان‌ترین پلیمر زیستی در طبیعت است (Peniche *et al.*, 2008). از استیل‌زدایی کیتین، کیتوزان حاصل می‌شود که به دلیل خواص منحصر به فرد، در صنعت غذا و دارو کاربرد فراوانی دارد. این ترکیب غیرسمی، بی‌طعم، آنتی‌اکسیدان و ضد میکروب در برابر عبور اکسیژن نفوذناپذیر است (Joen *et al.*,

پوشش‌های خوراکی (فیلم) یکی از اشکال نگهداری مواد غذایی مختلف در طول دوره نگهداری در یخچال هستند (زرگر و همکاران، 1393؛ ساکی و همکاران، 1396؛ اجاق و همکاران، 1391). این فیلم‌ها لایه‌ای نازک از مواد خوردنی شیمیایی و یا طبیعی با فاز مایع می‌باشند که پس از غوطه‌وری ماده غذایی مورد نظر در آن‌ها، به شکل یک پوشش اطراف ماده را احاطه می‌کنند. مهم‌ترین موادی که

1- دانشجوی دکتری، گروه آموزشی فراوری محصولات شیلاتی، دانشکده شیلاتی و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.  
2- دانشیار، گروه فراوری محصولات شیلاتی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

\*-نویسنده مسئول: (Email: a.jafarpour@gmail.com)

منافذی در غشای سلولی باکتری، منجر به نابودی سلول می‌شوند (Amissah, 2012). آبگریزی، pH، قدرت یونی، دما، سورفاکتانت‌ها، مشا پیتید، ترکیب اسیدآمین، بار الکتریکی پیتید و ساختار ثانویه آن از جمله عواملی هستند که فعالیت ضد میکروبی پروتئین‌های آبکافتی (پیتیدهای زیست‌فعال) را تحت تاثیر قرار می‌دهند (Shahidi and Zhong, 2008).

هم کیتوزان و هم پروتئین‌های آبکافتی می‌توانند از ضایعات آبیان تولید شوند. بنابراین کارنجات بسته‌بندی آبیان و مراکز عرضه به‌جای دور ریز ضایعات و آلودگی محیط زیست، می‌توانند آن‌ها را از طریق فرایندهای مختلف به موادی با ارزش افزوده بالا تبدیل و در صنایع غذایی به‌عنوان جایگزینی مناسب برای نگهدارنده‌های مصنوعی و سنتتیک به‌کار گیرند. مطالعات محدودی در مورد استفاده از پروتئین‌های آبکافتی در فیلم‌های زیست‌تخریب‌پذیر و طبیعی انجام شده است. Morais و همکاران (2017) گزارش کردند استفاده از پروتئین آبکافتی حاصل از ماهی (*Micropogonias furnieri*) در فیلم کیتوزان موجب افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی فیلم می‌شود. نتایج پژوهش Da Rocha و همکاران (2018) نشان داد که استفاده از پروتئین‌های آبکافتی ماهی (*Umbrina canosai*) در فیلم آگار موجب کنترل pH و بازهای از ته فرار در فیله ماهی (*Paralichthys orbignyanus*) نگهداری‌شده در دمای 5 درجه سانتی‌گراد نسبت به شاهد می‌شود. در مطالعه‌ای دیگر، لعاب‌دهی فیله ماهی سالمون صورتی (*Oncorhynchus gorbuscha*) با پروتئین‌های آبکافتی تولیدشده از پوست ماهی پولاک (*Theragra chalcogramma*) موجب کاهش شاخص تیوباربتوریک اسید نمونه در مقابل شاهد شد (Sathivel et al., 2008). تحقیق حاضر نیز قصد دارد با محلول ترکیبی کیتوزان و پودر پروتئین آبکافتی، فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) را پوشش داده و شاخص‌های شیمیایی و میکروبی آن را با فیله دارای پوشش کیتوزان خالص و نمونه شاهد در طول دوره نگهداری در یخچال (دمای  $4 \pm 1$  درجه سانتی‌گراد) مقایسه کند.

## مواد و روش‌ها

### آماده‌سازی ماهی

تعدادی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با وزن تقریبی 700 گرم از مزرعه‌ای واقع در شهرستان ساری خریداری و پس از سرزنی، تخلیه اندرونه و شستشو در یونولیت حاوی قطعات یخ به پایلوت فراوری محصولات شیلاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری منتقل شد. فریم (اسکلت به همراه مقدار کم گوشت متصل به آن) ماهی کپور معمولی که از آن به‌عنوان سوبسترا جهت تولید پروتئین

در (Lopez-Caballero et al., 2002; Lopez-Caballero et al., 2005). مطالعات گسترده‌ای در رابطه با خواص ضدباکتریایی و آنتی‌اکسیدانی کیتوزان انجام گرفته است که نتایج اکثر این تحقیقات بر نقش موثر کیتوزان در نگهداری مواد غذایی مختلف در قالب پوشش (فیلم) دلالت دارند (اجاق و همکاران، 1391؛ جدی و همکاران، 1395؛ ساکی و همکاران، 1396؛ آلبوغبیش و خدانظری، 1396؛ Joen و همکاران، 2002؛ Lopez-Caballero و همکاران، 2005؛ Li و همکاران، 2012؛ Fan و همکاران، 2009؛ Zarei و همکاران، 2015). مکانیسم عمل کیتوزان برای اعمال این خواص مشخص است. خاصیت ضدباکتریایی کیتوزان مربوط به بار مثبت این بیوپلیمر است که در برخورد با بار منفی غشای سلول‌های باکتری‌ها موجب خروج بخش‌های حیاتی سلول و نابودی آن می‌شود (No et al., 2007). خاصیت آنتی‌اکسیدانی کیتوزان مربوطه به فعالیت گروه‌های آمینوی اولیه آن می‌باشد. به این صورت که این گروه‌ها با گروه‌های آلدیدی فراری که از اکسیداسیون چربی‌ها ایجاد می‌شوند یک میکرواسفر پایدار تشکیل می‌دهند. علاوه بر این عامل، توانایی کیتوزان در کلاته کردن یون‌های فلزی، این بیوپلیمر را به یک آنتی‌اکسیدان طبیعی و قوی تبدیل کرده است (Mohan et al., 2012).

مواد طبیعی دیگری با خواص آنتی‌اکسیدانی و ضدباکتریایی وجود دارند که خود به تنهایی قابلیت بالایی برای ایجاد فیلم و پوشش ندارند اما در ترکیب با فیلم کیتوزان (غنی‌سازی کیتوزان)، خواص آن را تشدید می‌کنند. اسانس‌های برخی از گیاهان مانند مرزنجوش (جدی و همکاران، 1395)، دارچین (اجاق و همکاران، 1389)، رزماری (Li و همکاران، 2012) و... از این دسته از مواد طبیعی می‌باشند.

پروتئین‌های آبکافتی (هیدرولیزشده) که در واقع از تجزیه و شکستن مولکول‌های پروتئینی طی فرآیند آبکافت حاصل می‌شوند خاصیت آنتی‌اکسیدانی دارند. در تحقیقات زیادی این خاصیت پروتئین‌های آبکافتی تست و نتایج مثبتی گزارش شد (ریحانی و همکاران، 1397؛ طاهری و بیبا، 1389؛ بخشان و همکاران، 1393؛ Jun et al., 2004؛ Wu et al., 2003؛ Souissi et al., 2007؛ Elavarasan et al., 2014؛ Klompong et al., 2007). فعالیت آنتی‌اکسیدانی پروتئین‌های آبکافتی به عواملی همچون درجه آبکافت، وزن مولکولی و زمان فرایند آبکافت بستگی دارد (ریحانی و جعفرپور، 1396؛ Dong و همکاران، 2008). پروتئین‌های آبکافتی دارای پیتیدهای زیست‌فعال هستند که در توالی اصلی پروتئینی خود غیرفعال اند اما پس از ره‌اشدن از زنجیره پروتئینی توسط فرایند آبکافت، فعالیت‌های بیولوژیکی مختلفی از جمله خواص ضد میکروبی از خود بروز می‌دهند. این پیتیدها معمولاً از 2 تا 20 آمینواسید تشکیل شده‌اند که وزن آن‌ها کمتر از 6000 دالتون است (Kim & Wijesekara, 2010؛ Sila و همکاران، 2014؛ علی‌نژاد و همکاران، 1395). اعتقاد بر این است که پروتئین‌های آبکافتی از طریق ایجاد

ساعت)، به منظور قطع واکنش آنزیمی، نمونه به مدت 15 دقیقه در دمای 95 درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. نمونه بعد از خنک شدن تا دمای اتاق، 20 دقیقه با دور 8000g، در دمای 10 درجه سانتی‌گراد سانتریفوژ (D-78532 Tuttlingen, Germany) و سوپرناتانت با استفاده از دستگاه فریزدرایر (Vaco 2 Zirbus, Germany) خشک و پودر پروتئینی حاصل شد (Ovissipour et al., 2010). چربی، خاکستر و رطوبت در این پودر به روش استاندارد AOAC محاسبه شد (AOAC, 2005). به منظور محاسبه درجه آبکافت، بعد از پایان فرایند، محلول تری‌کلرواستیک‌اسید (TCA) 20 درصد با نسبت برابر به مایع رویی (سوپرناتانت) افزوده شد و محلول حاصل با دور 6700g در دمای 4 درجه سانتی‌گراد به مدت 20 دقیقه سانتریفوژ گردید.

جدول 1- خصوصیات پودر آبکافتی تولیدشده

ترکیب شیمیایی (%)						
پروتئین	چربی	رطوبت	خاکستر	درجه آبکافت (%)	طول زنجیره	
93/75±1/32	0/61±0/02	2/56±0/18	3/83±0/3	15/9	6/28	

ازای هر گرم کیتوزان (به‌عنوان پلاستی‌سایزر) به محلول فوق اضافه و این محلول به مدت 10 دقیقه با همزن یکنواخت گردید. در نهایت به منظور حذف ناخالصی از کاغذ واتمن شماره 3 استفاده شد (اجاق و همکاران، 1391).

#### تهیه محلول (فیلم) کیتوزان حاوی پروتئین آبکافتی

این محلول با حل کردن 2 درصد وزنی/حجمی کیتوزان (با وزن مولکولی متوسط و ویسکوزیته 200 تا 800 CP) و 2 درصد وزنی/حجمی پودر پروتئین آبکافتی (محتوی حدود 93 درصد پروتئین با درجه آبکافت 15/9 درصد) در استیک اسید 1 درصد حجمی/حجمی تهیه شد. همچنین در این محلول نیز از مقدار 0/75 میلی‌لیتر گلیسرول به ازای هر گرم کیتوزان به‌عنوان پلاستی‌سایزر استفاده گردید.

#### تیمارها و نحوه پوشش‌دهی

در این پژوهش 3 تیمار مورد ارزیابی‌های شیمیایی و میکروبی قرار گرفتند. تیمار اول که در واقع تیمار شاهد است و صرفاً شامل فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان می‌باشد. تیمار دوم، فیله ماهی مذکور است که با محلول کیتوزان (2 درصد وزنی/حجمی) پوشش‌دهی شد. در تیمار سوم از محلول کیتوزان (2 درصد وزنی/حجمی) حاوی پروتئین آبکافتی (2 درصد وزنی/حجمی) به‌عنوان پوشش فیله استفاده گردید. پوشش‌دهی تیمارها به‌صورت غوطه‌وری و مطابق روش اجاق و همکاران (1391) انجام گرفت. فیله‌های پوشش‌دهی

آبکافتی استفاده شد، از ضایعات تولید سوریمی و به صورت منجمد در آزمایشگاه موجود بود.

#### تولید پروتئین آبکافتی و بررسی ویژگی‌های آن

به‌منظور تولید پروتئین آبکافتی، 100 گرم فریم ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) به‌عنوان سوپسترا در ارن مایر 500 میلی‌لیتری ریخته و سپس 200 میلی‌لیتر بافر فسفات (با pH=7، مناسب برای فعالیت آنزیم فلاورزایم) به ارن مایر اضافه شد. ظرف حاوی نمونه در انکوباتور شیکردار (Cold shaker incubator, TM 65, Iran) با دمای 50 درجه سانتی‌گراد قرار داده و آنزیم فلاورزایم به میزان 1/5 درصد وزنی میزان پروتئین سوپسترا به محلول اضافه شد. پس از اتمام فرآیند آبکافت (2

سپس نیتروژن موجود در سوپرناتانت جدید (محلول تری‌کلرو-استیک‌اسید 10%) به روش بیورت سنجیده و درجه آبکافت از طریق رابطه 1 محاسبه شد (Hoyle & Merritt, 1994). برای رسم منحنی استاندارد و به‌دست آوردن معادله دستگاه اسپکتروفتومتر (UV-MS1UV/Vis, Italy) از سرم آلبومین گاوی به‌عنوان پروتئین استاندارد استفاده گردید. نیتروژن کل در نمونه نیز با دستگاه کجلدال (Behr S4, Germany) مورد سنجش قرار گرفت. میانگین طول زنجیره پپتیدی (PCL) از طریق رابطه 2 محاسبه شد (Adler-Nissen & Olsen, 1979).

$$\% \text{N} = \frac{\text{آنزیم پروتئین در محلول} \times \text{درصد تری‌کلرواستیک اسید}}{\text{درصد درجه آبکافت}}$$

(1)

$$\text{PCL} = \frac{100}{\text{درجه آبکافت}} = \text{طول زنجیره پپتیدی}$$

(2)

مشخصات کلی پودر پروتئینی تولیدشده در جدول 1 ارائه شده است.

#### تهیه محلول (فیلم) کیتوزان

محلول کیتوزان با حل کردن 2 درصد وزنی/حجمی کیتوزان (با وزن مولکولی متوسط و ویسکوزیته 200 تا 800 CP) در استیک اسید 1 درصد حجمی/حجمی تهیه شد. سپس 0/75 میلی‌لیتر گلیسرول به

و در انتها میزان بازهای از ته فرار بر حسب میلی‌گرم نیترژن در 100 گرم نمونه از حاصل ضرب حجم اسیدسولفوریک مصرفی در عدد 14 محاسبه شد (Parvaneh, 1998).

#### سنجش میزان اسیدهای چرب آزاد (FFA)<sup>5</sup>

جهت سنجش این شاخص، 2 تا 3 قطره معرف فنل‌فتالین به یک ارلن حاوی 25 میلی‌لیتر اتانول 96% اضافه شد. این محلول با افزودن 1 تا 2 قطره سدیم هیدروکسید، خنثی و رنگ آن به رنگ پوست پیاز تغییر کرد. محلول حاصل به ارلن حاوی چربی که حاصل تبخیر حلال مابقی فاز پائینی دکانتور است، اضافه و روی هیتر قرار گرفت. پس از اولین جوش، محلول از هیتر جدا و 2 تا 3 قطره فنل‌فتالین به آن افزوده و سپس با سود تیترو اسیدهای چرب آزاد بر حسب درصد اولئیک اسید از رابطه 5 محاسبه شد (Egan & Sawyer, 1997). در این رابطه  $V_1$ ، نرمالیتت سود،  $V_2$ ، میلی‌لیتر سود مصرفی برای هر نمونه،  $V_1$ ، میلی‌لیتر سود مصرفی برای هر نمونه،  $W$ ، گرم چربی است.

$$FFA = \frac{N \times (V_2 - V_1) \times 2.82}{W} \quad (5)$$

#### سنجش pH

جهت سنجش pH، 5 گرم نمونه با 45 سی‌سی آب مقطر به مدت یک دقیقه مخلوط و میزان pH با دستگاه pH متر (WTW 7110) اندازه‌گیری شد (Sallam et al., 2007).

#### آنالیز میکروبی (باکتری‌های مزوفیل‌هوازی<sup>6</sup> و باکتری‌های

#### سرماگرا<sup>7</sup>)

به‌منظور شمارش بارکتریایی تیمارها در طول دوره نگهداری، در ابتدا 10 گرم نمونه در شرایط کاملاً استریل در 90 میلی‌لیتر سدیم کلرید 0/9 درصد هموزن شد. سپس از این محلول، رقت‌های متوالی تهیه و یک میلی‌لیتر از هر رقت برای کشت باکتری‌ها به روش پورپلیت<sup>8</sup> در محیط پلیت کانت آگار (PCA)<sup>9</sup> قرار گرفت. جهت شمارش باکتری‌های مزوفیل، این نمونه‌ها به مدت 48 ساعت در انکوباتور با دمای 37 درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. این دما و زمان برای شمارش باکتری‌های سرماگرا به ترتیب 10 درجه سانتی‌گراد و 7 روز بود. بعد اتمام انکوباسیون تعداد کلنی‌ها شمارش و به‌صورت  $\text{Log}_{10} \text{CFU/g}$  گزارش شدند (Sallam et al., 2007).

شده به همراه شاهد (تیمارها) به یخچال آزمایشگاه با دمای 4 درجه سانتی‌گراد منتقل شدند و در بازه زمانی 20 روز در روزهای صفر، 4، 8، 12، 16 و 20 در سه تکرار مورد آنالیزهای شیمیایی و میکروبی زیر قرار گرفتند.

#### سنجش عدد پراکسید تیمارها (2PV)

60 سی‌سی کلروفرم و 60 سی‌سی متانول به دکانتور حاوی 15 گرم فیله اضافه گردید. بعد از 24 ساعت با افزودن 36 سی‌سی آب مقطر به دکانتور اجازه داده شد تا سه فاز تشکیل شود. 20 میلی‌لیتر از فاز زیرین به یک ارلن منتقل و با 25 سی‌سی کلروفرم و استیک‌اسید (با نسبت 3 به 2) ترکیب شد. در مرحله بعد 0/5 سی‌سی یدور پتاسیم و 30 سی‌سی آب مقطر به ترکیب حاصل اضافه گردید. سپس 0/5 سی‌سی معرف ناشاسته 1% وارد ارلن و درب آن بسته شد. بعد از تکان دادن ارلن، ید آزاد شده رنگ محلول را تغییر داد. در انتها محلول حاصل با تیوسولفات 0/01 نرمال تیترو و عدد پراکسید از رابطه 3 بر حسب میلی‌اکی‌والان اکسیژن در کیلوگرم چربی محاسبه شد.

$$\text{عدد پراکسید} = \frac{\text{نرمالیتت} \times \text{حجم تیوسولفات مصرفی} \times 100}{\text{وزن نمونه روغن}} \quad (3)$$

#### اندازه‌گیری تیوباریتوریک‌اسید (3TBA)

برای اندازه‌گیری این شاخص 200 میلی‌گرم از نمونه به بالن 25 سی‌سی منتقل و سپس با 1- بوتانول به حجم رسانده شد. 5 سی‌سی از محلول حاصل و 5 سی‌سی معرف TBA در یک فالكون ترکیب و این فالكون‌ها به مدت 2 ساعت در حمام آب 95 درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. در انتها میزان جذب این محلول با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج 530 نانومتر (As) در مقابل شاهد آب (Ab) قرائت و با استفاده از رابطه 4 تیوباریتوریک‌اسید نمونه‌ها بر حسب میلی‌گرم مالون‌دی‌آلدهید در کیلوگرم بافت نمونه محاسبه شد (Namulema et al., 1999).

$$TBA = \frac{(As - Ab) \times 50}{200} \quad (4)$$

#### اندازه‌گیری بازهای از ته فرار (4TVB-N)

برای اندازه‌گیری این شاخص، 10 گرم نمونه، 2 گرم منیزیم‌اکسید و 500 میلی‌لیتر آب مقطر به بالن دستگاه کلدال منتقل و عصاره آن به محلول اسیدبوریک 2 درصد و 1 قطره متیل قرمز اضافه شد. سپس محلول زرد رنگ حاصل تا ایجاد رنگ ارغوانی با اسیدسولفوریک تیترو

5 Free Fatty Acids

6 Mesophilic bacteria counts

7 Psychrophilic bacteria counts

8 Pour plate

9 Plate Count Agar

2. Proxide value

3 Thiobarbituric acid

4 Total volatile basic-nitrogen

### تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

این پژوهش در قالب طرح کاملا تصادفی اجرا و به منظور آنالیز آماری از نرم‌افزار SPSS استفاده گردید. داده‌ها از طریق آزمون آنالیز واریانس یکطرفه (One-Way ANOVA) آنالیز شده و معنی‌داری تفاوت بین میانگین‌ها توسط آزمون دانکن در سطح اطمینان 95 درصد مورد بررسی قرار گرفت.

### نتایج و بحث

#### عدد پراکسید

عدد پراکسید شاخصی جهت تشخیص میزان هیدروپراکسیدها که محصولات اولیه اکسیداسیون چربی‌ها هستند، می‌باشد. مطابق جدول 2 عدد پراکسید در روزهای صفر و 4 در سه تیمار تفاوت معنی‌داری ندارد ( $p > 0/05$ ). در روز 8 عدد پراکسید در تیمارهای 2 و 3 ( $p > 0/05$ ) با تیمار 1 اختلاف قابل ملاحظه‌ای ارائه کرد ( $p < 0/05$ ). در روز 12 این شاخص در تیمار 3 به صورت معنی‌داری کمتر از

تیمارهای 1 و 2 ( $p > 0/05$ ) بود ( $p < 0/05$ ). در روزهای 16 و 20 بین اعداد پراکسید سه تیمار اختلاف معنی‌داری وجود داشت و کمترین این شاخص در تیمار 3 ثبت شد ( $p < 0/05$ ).

مطابق نتایج، پوشش کیتوزان حاوی پروتئین آبکافتی توانست به صورت فعال تری با اکسیداسیون و تولید هیدروپراکسیدها مقابله کند. احتمالاً فیلم کیتوزانی حاوی پروتئین آبکافتی نسبت به فیلم خالص کیتوزان، قدرت بیشتری در برابر نفوذ اکسیژن دارد.

در این مطالعه روند افزایش تغییرات پراکسید در هر سه تیمار تا روز 16 افزایشی بود اما در روز 20 در هر سه تیمار این شاخص نسبت به روز 16 کاهش یافت. گرچه این کاهش در تیمار 3 معنی‌دار نبود ( $p > 0/05$ ). این نتیجه در مطالعه زرگر و همکاران (1393) و جدی و همکاران (1395) نیز مشاهده شد. دلیل این کاهش احتمالاً مربوط به تبدیل شدن پراکسیدها به ترکیبات ثانویه اکسیداسیونی مانند کربونیل‌ها با افزایش دوره نگهداری است (اعتمادی، 1387).

جدول 2- تغییرات عدد پراکسید در تیمارها (بر حسب میلی‌اکی‌والان اکسیژن در کیلوگرم چربی)

روز	شاهد (1)	کیتوزان (2)	کیتوزان + پروتئین آبکافتی (3)
0	1/42±0/18 <sup>Aa</sup>	1/38±0/55 <sup>Aa</sup>	1/26±0/38 <sup>Aa</sup>
4	2/93±0/44 <sup>Ba</sup>	2/76±0/59 <sup>Ba</sup>	2/68±0/48 <sup>Ba</sup>
8	4/47±0/3 <sup>Cb</sup>	2/61±0/22 <sup>Ba</sup>	2/41±0/21 <sup>Ba</sup>
12	4/75±0/9 <sup>Cb</sup>	4/11±0/25 <sup>Cb</sup>	2/72±0/58 <sup>Ba</sup>
16	7/91±0/11 <sup>Ec</sup>	6/48±0/29 <sup>Eb</sup>	4/42±0/33 <sup>Ca</sup>
20	6/84±0/01 <sup>Dc</sup>	5/54±0/08 <sup>Db</sup>	4/12±0/17 <sup>Ca</sup>

حروف کوچک متفاوت در هر ردیف، نشانه وجود اختلاف معنادار بین داده‌های آن ردیف است ( $p < 0/05$ ).  
حروف بزرگ متفاوت در هر ستون، نشانه وجود اختلاف معنادار بین داده‌های آن ستون است ( $p < 0/05$ ).

#### شاخص تیوباریتوریک اسید

تیوباریتوریک اسید، شاخص سنجش اکسیداسیون چربی‌ها و در واقع میلی‌گرم مالون‌دی‌آلدهید تولیدشده در یک کیلوگرم نمونه است که در پایان اکسیداسیون چربی‌ها تولید می‌شود. در مواد غذایی با کیفیت بالا، خوب و قابل مصرف، میزان این شاخص به ترتیب باید کمتر از 3، 5 و 8 میلی‌گرم مالون‌دی‌آلدهید در کیلوگرم باشد (Schormuller, 1969). در مورد فراورده‌های شیلاتی میزان تیوباریتوریک اسید کمتر از 3 میلی‌گرم در کیلوگرم نمونه قابل قبول است (Cadun et al., 2005) و افزایش این شاخص منجر به ایجاد بو و عطر نامطبوع در این فراورده‌ها می‌شود. جدول 3 شاخص تیوباریتوریک اسید تیمارها را نشان می‌دهد. همانطور که در این جدول مشاهده می‌شود، در روزهای صفر، 4 و 8 میزان این شاخص در سه تیمار اختلاف معنی‌داری ندارد ( $p > 0/05$ ). در روز 12، کمترین میزان

شاخص تیوباریتوریک اسید مربوط به تیمار 3 بود ( $p < 0/05$ ) اما در دو تیمار 1 و 2 اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ( $p > 0/05$ ). قدرت آنتی‌اکسیدانی پوشش‌ها در دو تیمار 2 و 3 در روزهای 16 و 20 اثرگذاری خود را به وضوح نشان داد. در این دور روز، میزان شاخص تیوباریتوریک اسید در تیمار 2 نسبت به تیمار 1 و در تیمار 3 نسبت به تیمارهای 1 و 2 به طور معنی‌داری کمتر بود ( $p < 0/05$ ) که این موضوع نشان می‌دهد ترکیب کیتوزان و پروتئین آبکافتی جهت جلوگیری از فرایند اکسیداسیون کارا تر از کیتوزان خالص است. در مطالعه جدی و همکاران (1395) پوشش کیتوزان حاوی مرزنجوش در روز 14 نسبت به پوشش کیتوزان خالص و نمونه شاهد (فیله قزل‌آلا) به صورت معنی‌داری تیوباریتوریک اسید کمتری نشان داد. در پژوهش حاضر با افزایش زمان نگهداری، شاخص تیوباریتوریک اسید در هر سه تیمار روند افزایشی از خود نشان داد. در مطالعات زرگر و همکاران

(1393) و آلبوغبیش و خدانظری (1396) نیز روند افزایشی شاخص مذکور با افزایش زمان نگهداری مشاهده شد. بر خلاف تحقیق حاضر، روند دائم و مستمر افزایش تیوباریتوریک اسید در طول نگهداری ماهی شوریده با پوشش کیتوزان- ژلاتین مشاهده نشد (ساکی و همکاران، 1396).

جدول 3- شاخص تیوباریتوریک اسید در تیمارها (برحسب میلی گرم مالون دی آلدئید در کیلوگرم نمونه)

تیمارها (نوع پوشش)			روز	شاهد (1)	کیتوزان (2)	کیتوزان + پروتئین آبکافتی (3)
			0	0/017±0/06 <sup>Aa</sup>	0/015±0/07 <sup>Aa</sup>	0/014±0/04 <sup>Aa</sup>
			4	0/031±0/01 <sup>Aa</sup>	0/029±0/01 <sup>Aa</sup>	0/028±0/07 <sup>Aa</sup>
			8	0/068±0/02 <sup>Aa</sup>	0/051±0/04 <sup>Aa</sup>	0/042±0/02 <sup>Aa</sup>
			12	0/59±0/05 <sup>Bb</sup>	0/56±0/01 <sup>Bb</sup>	0/18±0/01 <sup>Ba</sup>
			16	1/31±0/15 <sup>Cc</sup>	0/62±0/06 <sup>Bb</sup>	0/21±0/02 <sup>Ba</sup>
			20	1/49±0/02 <sup>Cc</sup>	0/99±0/02 <sup>Cb</sup>	0/52±0/1 <sup>Ca</sup>

حروف کوچک متفاوت در هر ردیف، نشانه وجود اختلاف معنادار بین داده‌های آن ردیف است ( $p < 0/05$ ).

حروف بزرگ متفاوت در هر ستون، نشانه وجود اختلاف معنادار بین داده‌های آن ستون است ( $p < 0/05$ ).

فرار هستند که تجمع آن‌ها در بافت ماهی ویژگی‌های کیفی محصول به خصوص عطر، طعم و مزه را تحت تاثیر قرار می‌دهند (Huss, 1995; Goulas & Kontominas, 2007; EL- Deen & EL-Shamery, 2010; Duan *et al.*, 2010).

#### بازهای از ته فرار

بازهای از ته فرار حاصل فساد و تجزیه مولکول‌های پروتئینی و آمینواسیدها هستند که در پی فعالیت‌های میکروبی و آنزیم‌های اتولیتیک بافت ماهی تولید می‌شوند. آمونیاک، آمونوم، مونومتیل آمین، دی‌متیل آمین، تری‌متیل آمین، نوکلئوتیدها و... از دسته بازهای از ته

جدول 4- بازهای از ته فرار در تیمارها (بر حسب میلی گرم نیتروژن در 100 گرم نمونه)

تیمارها			روز	شاهد (1)	کیتوزان (2)	کیتوزان + پروتئین آبکافتی (3)
			0	13/36±1/18 <sup>Aa</sup>	13/18±0/23 <sup>Aa</sup>	12/46±1/28 <sup>Aa</sup>
			4	15/28±2/44 <sup>Aa</sup>	14/62±1/51 <sup>Aa</sup>	13/05±0/21 <sup>Aa</sup>
			8	23/08±0/53 <sup>Bc</sup>	17/41±0/11 <sup>Bb</sup>	13/22±0/48 <sup>Aa</sup>
			12	29/86±1/9 <sup>Cc</sup>	21/51±0/22 <sup>Cb</sup>	15/25±0/71 <sup>Ba</sup>
			16	35/16±2/01 <sup>Dc</sup>	25/74±0/61 <sup>Db</sup>	15/52±1/12 <sup>Ba</sup>
			20	43/36±0/41 <sup>Ec</sup>	30/19±0/54 <sup>Eb</sup>	22/11±0/15 <sup>Ca</sup>

حروف کوچک متفاوت در هر ردیف، نشانه وجود اختلاف معنادار بین داده‌های آن ردیف است ( $p < 0/05$ ).

حروف بزرگ متفاوت در هر ستون، نشانه وجود اختلاف معنادار بین داده‌های آن ستون است ( $p < 0/05$ ).

زمان نگهداری از روز 4 به بعد، میزان بازهای از ته فرار با شدت زیاد و به صورت معنی‌داری افزایش یافته است ( $p < 0/05$ ). در تیمار شاهد، میزان بازهای از ته فرار در روزهای 12، 16 و 20 از حد مجاز که در واقع 25 میلی‌گرم نیتروژن در 100 گرم نمونه است (Gimenez *et al.*, 2002; Kilinceker *et al.*, 2009) عبور کرده است. حتی اگر حداکثر مجاز این شاخص 35-30 میلی‌گرم نیتروژن در 100 گرم نمونه لحاظ شود (Jeya *et al.*, 2005) باز هم در روزهای پایانی تیمار شاهد قابل مصرف نیست. در تیمار 2 نیز با وجود

جدول 4 میزان شاخص بازهای از ته فرار را در تیمارهای مورد بررسی نشان می‌دهد. در طول دوره نگهداری، به غیر از روزهای صفر و 4، مقادیر بازهای از ته فرار بین تیمارها با هم اختلاف معنی‌داری دارند ( $p < 0/05$ ) و کمترین این مقادیر مربوط به تیمار 3 می‌باشد. در این تیمار، ترکیب کیتوزان و پروتئین آبکافتی آنقدر سد محکمی در برابر فعالیت باکتری‌ها ایجاد کرد که میزان بازهای از ته فرار تا روز 16، اختلاف چندانی با یکدیگر ندارند. در تیمارهای 1 و 2 با افزایش

می‌کنند ( Losada et al., 2007; Hamilton et al., 1997; Aubourg, 2001). همچنین هیدرولیز چربی‌ها بر دنا توره شدن پروتئین‌ها تاثیر شدیدی دارد (Aubourg et al., 2005). جدول 5 روند تغییرات اسید چرب آزاد را در تیمارها نشان می‌دهد. همانطور که در این جدول مشاهده می‌شود، در روزهای صفر و 4 بین سه تیمار از نظر مقادیر شاخص مذکور، اختلاف قابل ملاحظه‌ای ثبت نشد ( $p > 0/05$ ). در روزهای 8 و 12 نیز بین تیمارهای 2 و 3 از نظر میزان اسیدهای چرب آزاد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ( $p > 0/05$ ). اما در روزهای 16 و 20 هر سه تیمار مقادیر مختلفی از میزان اسیدهای چرب ارائه کردند که کمترین مقادیر مربوط به تیمار 3 بود ( $p < 0/05$ ). این نتایج نشان داد که پوشش کیتوزان حاوی پروتئین آبکافتی نسبت به کیتوزان خالص قدرت بیشتری در جلوگیری از فعالیت‌های میکروبی - آنزیمی منجر به تولید اسیدهای چرب آزاد دارد.

به‌طور کلی در هر سه تیمار، مقادیر اسیدهای چرب آزاد با افزایش زمان نگهداری افزایش یافته است، گرچه اختلاف این مقادیر در هر تیمار بین برخی از روزها معنی‌دار نبود ( $p > 0/05$ ). در مطالعه ساکی و همکاران (1396) هم، این روند افزایشی و همچنین اثر پوشش کیتوزان - ژلاتین در کنترل تولید اسیدهای چرب آزاد ثابت شد. در مطالعه‌ای دیگر میزان اسیدهای چرب آزاد فیله‌های قزل‌آلای رنگین‌کمان دارای پوشش کیتوزان - اسانس دارچین در مقایسه با شاهد به شکل معنی‌داری کمتر بود (اجاق، 1389).

کیتوزان به‌عنوان ضدباکتری و آنتی‌اکسیدان، در روزهای 16 و 20 مقدار بازهای ازته فرار از 25 میلی‌گرم نیترژن در 100 گرم نمونه فراتر رفت. اما در تیمار 3، ترکیب کیتوزان و پروتئین آبکافتی مانع از افزایش بیش از حد بازهای ازته فرار در کل دوره و عبور از حداکثر مقادیر مجاز شد.

در پژوهش جدی و همکاران (1395) کیتوزان و محلول کیتوزان حاوی اسانس مرزنجوش در طول دوره نگهداری فیله ماهی قزل‌آلا به‌صورت معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد مقادیر کمتری از بازهای ازته فرار را ارائه کردند. ضمن اینکه مانند پژوهش حاضر میزان شاخص مذکور با افزایش زمان نگهداری، به صورت مستمر افزایش یافت. اجاق و همکاران (1389) اثرگذاری پوشش کیتوزان و کیتوزان حاوی اسانس دارچین را در کند کردن روند افزایش بازهای ازته فرار ثابت کردند. سایر مطالعات مشابه مانند Lopez-Caballero و همکاران (2005) و Joen و همکاران (2002) نیز بر خواص کیتوزان در کنترل روند تولید بازهای ازته فرار تاکید کردند.

#### اسیدهای چرب آزاد

اسیدهای چرب آزاد حاصل تجزیه گلیسریدها، گلیکولیدها و فسفولیپیدها توسط عوامل میکروبی و آنزیمی (لیپازها و فسفولیپازها) هستند. هیدرولیز چربی‌ها و تولید اسیدهای چرب آزاد به تنهایی منجر به کاهش کیفیت (نامطلوب شدن بو و طعم) و سلامت ماده غذایی نمی‌شوند اما از آنجا که این اسیدها اندازه و وزن مولکولی کمتری نسبت به سوبسترای اولیه (تری‌گلیسریدها و فسفولیپیدها) دارند، سرعت اکسیداسیون آن‌ها بیشتر است و در واقع این عمل را تشدید

جدول 5- تغییرات اسیدهای چرب آزاد در تیمارها (بر حسب درصد اولئیک اسید)

روز	شاهد (1)	کیتوزان (2)	کیتوزان + پروتئین آبکافتی (3)
0	0/16±0/13 <sup>Aa</sup>	0/14±0/09 <sup>Aa</sup>	0/12±0/06 <sup>Aa</sup>
4	0/26±0/06 <sup>Aa</sup>	0/22±0/01 <sup>ABa</sup>	0/19±0/05 <sup>Aa</sup>
8	0/97±0/02 <sup>Bb</sup>	0/4±0/04 <sup>Ba</sup>	0/25±0/02 <sup>Aa</sup>
12	1/11±0/05 <sup>Bb</sup>	0/71±0/01 <sup>Ca</sup>	0/58±0/21 <sup>Ba</sup>
16	1/79±0/04 <sup>Cc</sup>	0/99±0/06 <sup>Db</sup>	0/58±0/02 <sup>Ba</sup>
20	2/55±0/07 <sup>Dc</sup>	1/76±0/12 <sup>Eb</sup>	0/98±0/1 <sup>Ca</sup>

حروف کوچک متفاوت در هر ردیف، نشانه وجود اختلاف معنادار بین داده‌های آن ردیف است ( $p < 0/05$ ).

حروف بزرگ متفاوت در هر ستون، نشانه وجود اختلاف معنادار بین داده‌های آن ستون است ( $p < 0/05$ ).

معنی‌داری افزایش یافته‌اند ( $p < 0/05$ ). مطابق جدول، فقط در روز صفر بین تیمار 1 و 2 از نظر تعداد باکتری‌های مزوفیل هوازی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ( $p > 0/05$ ). اما در بقیه روزها، تعداد باکتری‌های مذکور در هر سه تیمار به‌صورت قابل ملاحظه‌ای با

#### باکتری‌های مزوفیل هوازی

جدول 6 روند تغییرات تعداد باکتری‌های مزوفیل هوازی را نشان می‌دهد. همانطور که در این جدول مشاهده می‌شود، با افزایش دوره نگهداری، در همه تیمارها تعداد باکتری‌های مذکور به صورت



بار باکتریایی یک ماده غذایی، بسیاری از خواص شیمیایی مرتبط با اکسیداسیون و فساد را تعیین می‌کند. حداکثر مقدار مجاز بار باکتریایی مزوفیل برای مصارف انسانی  $7 \text{ Log}_{10} \text{ CFU/g}$  است (Koutsoumanis, 1999). در این تحقیق، در روز پایانی تعداد باکتری‌های مذکور در تیمار شاهد از حد مجاز گذشته و برای مصرف مناسب نیست. اما در تیمارهای 2 و 3 پوشش کیتوزان و کیتوزان حاوی پروتئین آبکافتی، مانع از رشد و تکثیر باکتری‌ها و عبور از حد مجاز در کل دوره شده است.

یکدیگر متفاوت بودند ( $p < 0/05$ ) و کمترین نرخ رشد و تعداد باکتری در تیمار 3 ثبت شد. در اینجا هم قویا می‌توان ادعا کرد که ترکیب کیتوزان و پروتئین آبکافتی، پوششی ایجاد کرد که به مراتب قدرت ضدباکتریایی بیشتری نسبت به فیلم کیتوزان خالص دارد. Sila و همکاران (2014) فعالیت ضدباکتریایی پپتیدهای حاصل از هیدرولیز عضله ماهی *Barbus callensis* را علیه باکتری‌های *Staphylococcus aureus*، *Listeria monocytogenes*، *Pseudomonas aeruginosa*، *Enterococcus faecalis*، *Bacillus subtilis*، *Klebsiella pneumoniae*، *Escherichia coli*، *Salmonella enterica* ثابت کردند.

جدول 6- شمارش بار باکتریایی مزوفیل هوازی در تیمارها در طول مدت نگهداری در یخچال ( $\text{Log}_{10} \text{ CFU/g}$ )

تیمارها (نوع پوشش)			روز
کیتوزان + پروتئین آبکافتی (3)	کیتوزان (2)	شاهد (1)	
$2/21 \pm 0/01^{\text{Aa}}$	$2/96 \pm 0/04^{\text{Ab}}$	$3/01 \pm 0/05^{\text{Ab}}$	0
$2/39 \pm 0/06^{\text{Ba}}$	$3/29 \pm 0/01^{\text{Bb}}$	$3/99 \pm 0/02^{\text{Bc}}$	4
$2/93 \pm 0/05^{\text{Ca}}$	$4/26 \pm 0/03^{\text{Cb}}$	$5/91 \pm 0/07^{\text{Cc}}$	8
$3/56 \pm 0/02^{\text{Da}}$	$4/95 \pm 0/1^{\text{Db}}$	$6/85 \pm 0/04^{\text{Dc}}$	12
$4/35 \pm 0/03^{\text{Ea}}$	$5/68 \pm 0/05^{\text{Eb}}$	$7/39 \pm 0/09^{\text{Ec}}$	16
$5/12 \pm 0/01^{\text{Fa}}$	$6/31 \pm 0/1^{\text{Fb}}$	$8/25 \pm 0/2^{\text{Fc}}$	20

حروف کوچک متفاوت در هر ردیف، نشانه وجود اختلاف معنادار بین داده‌های آن ردیف است ( $p < 0/05$ ).

حروف بزرگ متفاوت در هر ستون، نشانه وجود اختلاف معنادار بین داده‌های آن ستون است ( $p < 0/05$ ).

اختلاف معنی‌داری داشتند و کمترین نرخ و سرعت رشد باز هم در تیمار 3 که از پوشش کیتوزان و پروتئین آبکافتی استفاده شده بود، ثبت شد ( $p < 0/05$ ).

#### باکتری‌های سرمادوست

روند تغییرات بار باکتری‌های سرمادوست تیمارها در جدول 7 ارائه شده است. در روزهای صفر و 4 تعداد باکتری‌های سرمادوست در تیمارهای 2 و 3 اختلاف معنی‌داری نشان نداد ( $p > 0/05$ ). اما در روزهای 8، 12، 16 و 20 تعداد باکتری‌های مذکور در هر سه تیمار

جدول 7- شمارش بار باکتریایی سرمادوست در تیمارها در طول مدت نگهداری در یخچال ( $\text{Log}_{10} \text{ CFU/g}$ )

تیمارها (نوع پوشش)			روز
کیتوزان + پروتئین آبکافتی (3)	کیتوزان (2)	شاهد (1)	
$2/39 \pm 0/16^{\text{Aa}}$	$2/42 \pm 0/22^{\text{Aa}}$	$2/91 \pm 0/01^{\text{Ab}}$	0
$2/76 \pm 0/05^{\text{Ba}}$	$2/81 \pm 0/19^{\text{Ba}}$	$3/83 \pm 0/02^{\text{Bb}}$	4
$2/95 \pm 0/06^{\text{Ca}}$	$3/64 \pm 0/1^{\text{Cb}}$	$4/98 \pm 0/07^{\text{Cc}}$	8
$3/45 \pm 0/09^{\text{Da}}$	$4/96 \pm 0/14^{\text{Db}}$	$7/67 \pm 0/11^{\text{Dc}}$	12
$4/12 \pm 0/04^{\text{Ea}}$	$5/73 \pm 0/08^{\text{Eb}}$	$8/52 \pm 0/03^{\text{Ec}}$	16
$4/97 \pm 0/05^{\text{Fa}}$	$6/39 \pm 0/21^{\text{Fb}}$	$11/41 \pm 0/31^{\text{Fc}}$	20

حروف کوچک متفاوت در هر ردیف، نشانه وجود اختلاف معنادار بین داده‌های آن ردیف است ( $p < 0/05$ ).

حروف بزرگ متفاوت در هر ستون، نشانه وجود اختلاف معنادار بین داده‌های آن ستون است ( $p < 0/05$ ).

وجود نداشت ( $p > 0/05$ ). روند افزایشی pH با افزایش زمان نگهداری را می‌توان حاصل افزایش فعالیت باکتری‌های اتولیتیک و پروتولیتیک در طول دوره نگهداری و فساد میکروبی - آنزیمی توسط آن‌ها که منجر به تولید مواد افزایش‌دهنده pH مانند آمونیوم، آمونیاک، تری‌متیل‌آمین می‌شود دانست (Kilinceker et al, 2009). با همین استدلال می‌توان ثبات و پایداری pH را در تیمار 3 در طول دوره نگهداری توجیه کرد. به این صورت که با افزایش زمان نگهداری، پوشش کیتوزان حاوی پروتئین آبکافتی توانسته تا حد زیادی مانع از فعالیت باکتری‌ها و تولید ترکیبات فرار افزایش‌دهنده pH شود.

در روزهای 12، 16 و 20 مقدار pH در تیمار 3 نسبت به تیمارهای 1 و 2 به صورت معنی‌داری کمتر بود ( $p < 0/05$ ) که این موضوع نشان می‌دهد پوشش کیتوزان حاوی پروتئین آبکافتی نسبت به کیتوزان خالص خاصیت ضدباکتریایی قوی‌تری از خود نشان داده است.

در تحقیق Fan و همکاران (2009) نیز مانند تحقیق حاضر روند افزایشی pH با افزایش زمان نگهداری مشاهده و همچنین اثر کیتوزان در کندترکردن سرعت افزایش pH ثابت شد. در پژوهش اجاق و همکاران (1391) بر خلاف تحقیق حاضر، روند دائم افزایشی pH در تیمارها (شاهد، فیله پوششی با کیتوزان، فیله پوششی با کیتوزان حاوی اسانس دارچین) با افزایش دوره نگهداری ثبت نشد.

در هر سه تیمار با افزایش زمان نگهداری، به‌طور معنی‌داری تعداد باکتری‌های سرمادوست افزایش یافت ( $p < 0/05$ ). در مطالعه اجاق و همکاران (1391) پوشش فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با کیتوزان و کیتوزان حاوی اسانس دارچین تا حد زیادی توانست روند رشد و تکثیر باکتری‌های سرمادوست را نسبت به شاهد طی دوره نگهداری در یخچال کندتر کند. در پژوهش مذکور نیز مانند تحقیق حاضر با افزایش روزهای نگهداری، در همه تیمارها تعداد باکتری‌های سرمادوست افزایش یافتند. شمارش باکتری‌های سرماگرا در فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با پوشش‌های کیتوزان و کیتوزان حاوی اسانس مرزنجوش در طول دوره نگهداری در یخچال، روند افزایشی تعداد باکتری‌ها با افزایش زمان نگهداری و کاهش رشد و تکثیر آن‌ها را نسبت به شاهد نشان داد (جدی و همکاران، 1395). در تحقیق ساکی و همکاران (1396)، فیله ماهی شوریده پوشش داده شده با فیلم ترکیبی کیتوزان - ژلاتین در طول نگهداری در یخچال تعداد باکتری‌های سرمادوست کمتری را نسبت به نمونه شاهد نشان داد و مانند مطالعه حاضر روند افزایشی این باکتری‌ها در طول دوره نگهداری در همه تیمارها ثبت شد.

### تغییرات pH

مطابق جدول 8، در تیمارهای 1 و 2 روند تغییرات pH در طول دوره نگهداری افزایشی است. اما این روند در تیمار 3 رویت نشد و هیچ اختلاف معنی‌داری بین مقادیر pH در طول روزهای نگهداری

جدول 8- تغییرات pH در طول دوره نگهداری در تیمارهای مختلف

تیمارها (نوع پوشش)			
روز	شاهد (1)	کیتوزان (2)	کیتوزان + پروتئین آبکافتی (3)
0	6/11±0/05 <sup>Aa</sup>	6/19±0/18 <sup>Aa</sup>	6/12±0/11 <sup>Aa</sup>
4	6/57±0/01 <sup>Bb</sup>	6/23±0/12 <sup>Aab</sup>	6/15±0/14 <sup>Aa</sup>
8	6/94±0/02 <sup>Cb</sup>	6/38±0/05 <sup>Aa</sup>	6/18±0/18 <sup>Aa</sup>
12	7/01±0/29 <sup>Cb</sup>	6/88±0/09 <sup>Bb</sup>	6/28±0/05 <sup>Aa</sup>
16	7/52±0/03 <sup>Dc</sup>	6/91±0/04 <sup>Bb</sup>	6/29±0/04 <sup>Aa</sup>
20	7/73±0/11 <sup>Dc</sup>	7/04±0/09 <sup>Bb</sup>	6/36±0/19 <sup>Aa</sup>

حروف کوچک متفاوت در هر ردیف، نشانه وجود اختلاف معنادار بین داده‌های آن ردیف است ( $p < 0/05$ ).

حروف بزرگ متفاوت در هر ستون، نشانه وجود اختلاف معنادار بین داده‌های آن ستون است ( $p < 0/05$ ).

مراتب مانع قوی‌تری در برابر اکسیداسیون چربی‌ها و تکثیر باکتری‌ها در فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (ذخیره‌شده در دمای یخچال) بود.

### تشکر و قدردانی

### نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر، ترکیب کیتوزان با پروتئین آبکافتی تولیدشده از فریم ماهی کپور معمولی (با آنزیم میکروبی فلاورزایم و درجه آبکافت 15/9 درصد) منجر به تشدید خواص آنتی‌اکسیدانی و ضدباکتریایی پوشش (فیلم) کیتوزان شد. به‌گونه‌ای که فیلم حاصل از ترکیب کیتوزان و پروتئین آبکافتی مذکور نسبت به فیلم کیتوزان خالص به

محققین این تحقیق بر خود لازم می‌دانند از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری جهت در اختیار قرار دادن تجهیزات و آزمایشگاه‌های تخصصی تقدیر و تشکر نمایند.

## منابع

- اعتمادی ح. رضایی م. عابدیان کناری ع. (1387). پتانسیل آنتی‌باکتریایی و آنتی‌اکسیدانی عصاره رزوماری (*Rosmarinus officinalis*) در افزایش عمر ماندگاری ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*). مجله علوم و صنایع غذایی، 5 (19): 67-77.
- اجاق س م. 1389. تاثیر استفاده از پوشش نگهدارنده کیتوزان غنی‌شده با اسانس دارچین بر کیفیت و ماندگاری فیله سرشده ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*). پایان‌نامه دکتری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس
- اجاق س م. رضایی م. رضوی س ه. حسینی س م ه. 1391. اثر پوشش‌های آنتی‌میکروبی در افزایش ماندگاری ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*). فصلنامه علوم و صنایع غذایی، 34 (9): 13-23.
- آلبوغبیش ح و خدانظری آ. 1396. مقایسه تاثیر پوشش‌های کیتوزان و نانوکیتوزان غنی‌شده با عصاره چای سبز (*Camellia sinensis L.*) بر کیفیت ماهی گیش درخشان (*Carangoides coeruleopinnatus*) طی نگهداری در یخچال. مجله علمی شیلات ایران، 26 (5): 95-110.
- بخشان ع،، علیزاده دوغیکلایی ا،، طاهری ع. 1393. بررسی خواص آنتی‌اکسیدانی پروتئین آبکافتی بدست آمده از ضایعات، در فرایند فیله کردن ماهی آزاد (*Salmo salar*). پاتوبیولوژی مقایسه‌ای، سال یازدهم، شماره 1، 1152-1143
- جدی س. یگانه س. جعفرپور س ع. ناصری م. 1395. تاثیر پوشش خوراکی کیتوزان حاوی اسانس مرزنجوش (*Origanum vulgare L.*) بر ماندگاری ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*). نشریه نوآوری در علوم و فناوری غذایی، 11 (1): 24-38.
- ریحانی س. جعفرپور س ع. 1396. اثر درجه آبکافت بر خواص عملکردی و آنتی‌اکسیدانی پروتئین آبکافتی تولیدشده از فریم و سر ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*). فصلنامه علوم و صنایع غذایی، 68 (14): 113-124.
- ریحانی س. جعفرپور س ع. صفری ر. 1397. بررسی پروفیل اسیدچرب روغن، خواص کارکردی و آنتی‌اکسیدانی پروتئین حاصله از آبکافت آنزیمی اندرونی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) با استفاده از آنزیم‌های پروتامکس و نتوتراز. نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، 14 (1): 162-176.
- زرگر م. یگانه س. رضوی س ه. اجاق س م. 1393. تاثیر پوشش خوراکی کاربئنات سدیم بر کیفیت ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*). فصلنامه علوم و صنایع غذایی، 44 (11): 71-81.
- ساکي ج. خدانظری آ. تاثیر پوشش و فیلم مخلوط خوراکی کیتوزان-ژلاتین بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، میکروبی و حسی ماهی شوریده بلانگر نگهداری‌شده در یخچال. نشریه پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی، 6 (1): 71-86.
- طاهری ع.،، بیتا س. 1389. خواص آنتی‌اکسیدانی پروتئین هیدرولیز شده احشای ماهی یال اسبی (*Trichiurus lepturus*) تولید شده با آنزیم پروتامکس. طرح پژوهشی دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار به شماره 48/1632
- علی‌نژاد م. معتمدزادگان ع. رضایی م. 1395. خواص کاربردی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی پروتئین هیدرولیزشده کوسه چانه سفید (*Carcharhinus dussumieri*). فصلنامه علوم و صنایع غذایی، 50 (13): 159-169.
- Adler-Nissen, J., & Olsen, H. S. (1979). The influence of peptide chain length on taste and functional properties of enzymatically modified soy protein.
- AOAC, W. H. (2005). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA
- Amissah, J. (2012). Bioactive Properties of Salmon Skin Protein Hydrolysates (Doctoral dissertation, McGill University Libraries).
- Aubourg, S. P. (2001). Fluorescence study of the pro-oxidant effect of free fatty acids on marine lipids. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(4), 385-390.
- Aubourg, S. P., Rodríguez, A., & Gallardo, J. M. (2005). Rancidity development during frozen storage of mackerel (*Scomber scombrus*): effect of catching season and commercial presentation. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 107(5), 316-323.
- Cadun, A., Cakli, S., & Kislá, D. (2005). A study of marination of deepwater pink shrimp (*Parapenaeus longirostris*, Lucas, 1846) and its shelf life. *Food Chemistry*, 90(1-2), 53-59.
- Dong, S., Zeng, M., Wang, D., Liu, Z., Zhao, Y., & Yang, H. (2008). Antioxidant and biochemical properties of protein hydrolysates prepared from Silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*). *Food chemistry*, 107(4), 1485-1493.

- Duan, J., Jiang, Y., Cherian, G., & Zhao, Y. (2010). Effect of combined chitosan-krill oil coating and modified atmosphere packaging on the storability of cold-stored lingcod (*Ophiodon elongates*) fillets. *Food Chemistry*, 122(4), 1035-1042.
- Da Rocha, M., Alemán, A., Romani, V. P., López-Caballero, M. E., Gómez-Guillén, M. C., Montero, P., & Prentice, C. (2018). Effects of agar films incorporated with fish protein hydrolysate or clove essential oil on flounder (*Paralichthys orbignyanus*) fillets shelf-life. *Food hydrocolloids*, 81, 351-363.
- Egan, H., & Sawyer, R. (1997). Pearson's chemical Analysis of food. 9th. Edition, Edinburgh, Scotland, Churchill. Livingstone, UK, 609-634.
- El-Deen, G., & El-Shamery, M. R. (2010). Studies on contamination and quality of fresh fish meats during storage. *Academic journal of biological science*, 2, 65-74.
- Elavarasan, K., Naveen Kumar, V., & Shamasundar, B. A. (2014). Antioxidant and functional properties of fish protein hydrolysates from fresh water carp (*Catla catla*) as influenced by the nature of enzyme. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38(3), 1207-1214.
- Fan, W., Sun, J., Chen, Y., Qiu, J., Zhang, Y., & Chi, Y. (2009). Effects of chitosan coating on quality and shelf life of silver carp during frozen storage. *Food chemistry*, 115(1), 66-70.
- Gimenez, B., Roncales, P., & Beltran, J. A. (2002). Modified atmosphere packaging of filleted rainbow trout. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82(10), 1154-1159.
- Goulas, A. E., & 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(1), 287-296.
- Hoyle, N. T., & Merritt, J. O. H. N. (1994). Quality of fish protein hydrolysates from herring (*Clupea harengus*). *Journal of Food Science*, 59(1), 76-79.
- Huss, H. H. (Ed.). (1995). Quality and quality changes in fresh fish (Vol. 348). Rome: FAO.
- Hamilton, R. J., Kalu, C., Prisk, E., Padley, F. B., & Pierce, H. (1997). Chemistry of free radicals in lipids. *Food Chemistry*, 60(2), 193-199.
- Jeon, Y. J., Kamil, J. Y., & Shahidi, F. (2002). Chitosan as an edible invisible film for quality preservation of herring and Atlantic cod. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50(18), 5167-5178.
- Jun, S. Y., Park, P. J., Jung, W. K., & Kim, S. K. (2004). Purification and characterization of an antioxidative peptide from enzymatic hydrolysate of yellowfin sole (*Limanda aspera*) frame protein. *European Food Research and Technology*, 219(1), 20-26.
- Jeya, S. R., Jeyasekaran, G., & Vijayalakshmi, S. K. (2005). Effect of vacuum packaging on the quality characteristics of seer fish (*Scomberomorus commersonii*) chunks during refrigerated storage. *Journal of Food Science and Technology (Mysore)*, 42(5), 438-443.
- Koutsoumanis, K., Lampropoulou, K., & Nychas, G. J. E. (1999). Biogenic amines and sensory changes associated with the microbial flora of Mediterranean gilt-head sea bream (*Sparus aurata*) stored aerobically at 0, 8, and 15 C. *Journal of food protection*, 62(4), 398-402.
- Klompong, V., Benjakul, S., Kantachote, D., & Shahidi, F. (2007). Antioxidative activity and functional properties of protein hydrolysate of yellow stripe trevally (*Selaroides leptolepis*) as influenced by the degree of hydrolysis and enzyme type. *Food chemistry*, 102(4), 1317-1327.
- Kilinceker, O., Dogan, I. S., & Kucukoner, E. (2009). Effect of edible coatings on the quality of frozen fish fillets. *LWT-Food science and technology*, 42(4), 868-873.
- Kim, S. K., & Wijesekara, I. (2010). Development and biological activities of marine-derived bioactive peptides: A review. *Journal of Functional Foods*, 2(1), 1-9.
- Lopez-Caballero, M. E., Gomez-Guillen, M. C., Pérez-Mateos, M., & Montero, P. (2005). A chitosan-gelatin blend as a coating for fish patties. *Food hydrocolloids*, 19(2), 303-311.
- Losada, V., Barros-Velázquez, J., & Aubourg, S. P. (2007). Rancidity development in frozen pelagic fish: Influence of slurry ice as preliminary chilling treatment. *LWT-Food Science and Technology*, 40(6), 991-999.
- Li, T., Hu, W., Li, J., Zhang, X., Zhu, J., & Li, X. (2012). Coating effects of tea polyphenol and rosemary extract combined with chitosan on the storage quality of large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*). *Food Control*, 25(1), 101-106.
- Mohan, C. O., Ravishankar, C. N., Lalitha, K. V., & Gopal, T. S. (2012). Effect of chitosan edible coating on the quality of double filleted Indian oil sardine (*Sardinella longiceps*) during chilled storage. *Food Hydrocolloids*, 26(1), 167-174. Chicago
- Morais Lima, M., Bianchini, D., Guerra Dias, A., da Rosa Zavareze, E., Prentice, C., & da Silveira Moreira, A. (2017). Biodegradable films based on chitosan, xanthan gum, and fish protein hydrolysate. *Journal of Applied Polymer Science*, 134(23).
- Namulema, A., Muyonga, J. H., & Kaaya, A. N. (1999). Quality deterioration in frozen Nile perch (*Lates niloticus*) stored at -13 and -27° C. *Food Research International*, 32(2), 151-156.

- No, H. K., Meyers, S. P., Prinyawiwatkul, W., & Xu, Z. (2007). Applications of chitosan for improvement of quality and shelf life of foods: a review. *Journal of food science*, 72(5), R87-R100.
- Ovissipour, M., Benjakul, S., Safari, R., & Motamedzadegan, A. (2010). Fish protein hydrolysates production from yellowfin tuna *Thunnus albacares* head using alcalase and protamex. *International Aquatic Research*, 2, 87-95.
- Parvaneh, V., 1998. Quality control and the chemical analysis of food. Tehran University Press, 325P.
- Peniche, C., Argüelles-Monal, W., & Goycoolea, F. M. (2008). Chitin and chitosan: major sources, properties and applications. In *Monomers, polymers and composites from renewable resources* (pp. 517-542). Elsevier.
- Ruiz-Capillas, C., & Moral, A. (2001). Residual effect of CO<sub>2</sub> on hake (*Merluccius merluccius L.*) stored in modified and controlled atmospheres. *European Food Research and Technology*, 212(4), 413-420.
- Riebroy, S., Benjakul, S., Visessanguan, W., & Tanaka, M. (2007). Effect of iced storage of bigeye snapper (*Priacanthus tayenus*) on the chemical composition, properties and acceptability of Som-fug, a fermented Thai fish mince. *Food Chemistry*, 102(1), 270-280.
- Schormüller J., 1969. Handbuch der Lebensmittelchemie (Band III/2). Triesrische Lebensmittel Eier, Fleisch, Fisch, Buttermich Springer Verlag, Berlin/Heidelberg, Germany/New York, USA. 1584P.
- 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.
- Souissi, N., Bougatef, A., Triki-Ellouz, Y., & Nasri, M. (2007). Biochemical and functional properties of sardinella (*Sardinella aurita*) by-product hydrolysates. *Food Technology and Biotechnology*, 45(2), 187.
- Sathivel, S., Huang, J., & Bechtel, P. J. (2008). Properties of pollock (*Theragra chalcogramma*) skin hydrolysates and effects on lipid oxidation of skinless pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) fillets during 4 months of frozen storage. *Journal of food biochemistry*, 32(2), 247-263.
- Shahidi, F. and Zhong Y., 2008. Bioactive peptides. *Journal of AOAC International*, 91(4): 914-931
- Sila, A., Nedjar-Arroume, N., Hedhili, K., Chataigné, G., Balti, R., Nasri, M.,... & Bougatef, A. (2014). Antibacterial peptides from barbel muscle protein hydrolysates: Activity against some pathogenic bacteria. *LWT-Food Science and Technology*, 55(1), 183-188.
- Wu, H. C., Chen, H. M., & Shiau, C. Y. (2003). Free amino acids and peptides as related to antioxidant properties in protein hydrolysates of mackerel (*Scomber austriasicus*). *Food research international*, 36(9), 949-957.
- Zarei, M., Ramezani, Z., Ein-Tavasoly, S., & Chadorbaf, M. (2015). Coating effects of orange and pomegranate peel extracts combined with chitosan nanoparticles on the quality of refrigerated silver carp fillets. *Journal of food processing and preservation*, 39(6), 2180-2187.

## Effect of edible active film of chitosan containing fish protein hydrolysate (FPH) on chemical and microbial properties of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) filets during the refrigerated storage

S. Reyhani Pool<sup>1</sup>, S. A. Jafarpour<sup>2\*</sup>

Received: 2019.07.30

Accepted: 2019.10.05

**Introduction:** Following extensive research on antibacterial and antioxidant properties of chitosan and hydrolyzed proteins and their satisfactory results, the use of these compounds as natural preservatives and good alternative to antibacterials and synthetic antioxidants in various nutrients is essential. The aim of the present study was to investigate the properties of chitosan coating containing FPH in the preservation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) filets at refrigerated temperatures.

**Materials and methods:** The hydrolyzed protein powder (FPH) used in this study was produced by enzymatic hydrolysis of frame (skeleton with the meat attached to it) of common carp (*Cyprinus carpio*) with flavourzyme enzyme. Accordingly, this powder was added to the chitosan coating (2% w/v chitosan + 2% w/v FPH). In order to investigate antibacterial and antioxidant properties of chitosan coating containing FPH, rainbow trout filets were coated with chitosan (treatment 2) and chitosan containing FPH (treatment 3). Then, these sample treatments and control (treatment 1) were subjected to chemical (PV, TVN-B, TBA, FFA and pH) and microbial (count of aerobic mesophilic and psychrophilic bacteria) tests on days 0, 4, 8, 12, 16 and 20 in refrigerated storage. This study was implemented in form of completely randomized design and data were analyzed by one-way ANOVA and significant differences between the means were tested by Duncan's test at 95 confidence level.

**Results and discussion:** According to the chemical tests, TBA, TVN-B and FFA indices showed an increasing value during the refrigeration period significantly ( $P < 0.05$ ) while their trend was lower in treatment 3 compared to the treatments 1 and 2. TBA index for treatments 1, 2 and 3 in day 0 was 0.017, 0.015 and 0.014 mg MDA/kg fillet respectively that this amounts reached to 1.49, 0.99 and 0.52 mg MDA/kg in day 20. At the beginning of the preservation period, TVN-B index was calculated 13.36, 13.18 and 12.46 mgN/100gr fillet for treatments 1, 2 and 3, respectively. But these values changed to 43.36, 30.19 and 22.11 mgN/100gr fillet for mentioned treatments at the end of preservation period. FFA index was 0.16, 0.14 and 0.12 percentage of oleic acid for treatments 1, 2 and 3 in day 0 whereas after 20 days of storage, this index increased to 2.55, 1.76 and 0.98 percentage of oleic acid for mentioned treatments respectively. The PV index was significantly less in treatment 3 compared to the treatments 1 and 2 in days 12, 16 and 20 (2.72, 4.42 and 4.12 meq  $O_2$ /kg lipid respectively) but continuous incremental trend was not recorded in this index with increasing preservation time, even the end of the experimental period (day 20), the index decreased in all of treatments compared to the 16th day. The results of pH changes showed the stability of this index in treatment 3 during the preservation period (pH~6.30). Meanwhile, in day 12, 16 and 20, the pH of treatment 3 was significantly less than treatments 1 and 2 ( $p < 0.05$ ). The bacterial load count of aerobic mesophilic and psychrophilic bacteria in treatments (while having an increasing trend during the preservation period) showed that in day 8, 12, 16 and 20, the bacterial levels of treatment 3 were significantly less than treatments 1 and 2 ( $p < 0.05$ ). In this study, adding FPH produced from common carp fish (with degree of hydrolysis 15.9%) to chitosan resulted in enhanced antioxidant and antibacterial properties of chitosan coating. So that, the film obtained from the combination of chitosan and FPH was much stronger barrier against lipids oxidation and bacterial proliferation in rainbow trout filets (at refrigerated temperatures) than pure chitosan film.

**Keywords:** FPH, Chitosan, Antibacterial properties, Antioxidant properties

1. Ph.D student, Department of Seafood Science and Technology, Faculty of Fisheries and Environment, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.

2. Associate Prof. Department of Fisheries (Seafood Science and Technology), Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University (SANRU)

(\*- Corresponding Author Email: a.jafarpour@gmail.com)

## Contents

<b>Investigating the sensory properties and antimicrobial effect of frankincense and shallots essential oil on <i>Listeria monocytogenes</i> bacteria in white brined cheese</b>	356
F. Sadeghi- L. Nateghi	
<b>Evaluation of alpha and gamma tocopherol content of almond, hazelnut, peanut and pistachio during roasting process</b>	365
R. Farahmandfar, S. Salmani, H. Fahim	
<b>Investigation of antifungal activity of nanoencapsulation of Thyme vulgaris essential oil against <i>botrytis cinerea</i> in red shahroodi</b>	381
H. Karimi- H. Bodaghi, A. Rajaei, Sh. Mojerlou	
<b>Evaluation of microbial, chemical and sensory characteristics of coated lamb with <i>Scutellaria lateriflora</i> seed mucilage in combination with Carum copticum essential oil to shelf life extension at refrigerated storage</b>	394
B. Alizadeh Behbahani. F. Shahidi	
<b>Optimization of loaf bread formulation including Farsi and Basil Gum</b>	408
M. M. Hafiz, Z. Sheikholeslami	
<b>Effect of black cumin essential oil on physicochemical, microbial and sensorial characteristics of ultrafiltered Feta cheese</b>	421
M. Momeni, H. Lashkari	
<b>Investigating the effect of operational factors on reducing cream cholesterol by beta-cyclodextrin using response surface method</b>	435
M. Mansouri Bani, V. Samavati, M. Bolandi	
<b>Effect of flour replacement with pomegranate seed powder on the properties of Sponge Cake</b>	452
F. Eivani, B. Nasehi, M. Noshad, H. Barzegar	
<b>A Study on the utilization of Enoki fruiting bodies in a pulp- based functional drink</b>	464
Sh. Rezaeian, H. R. Pourianfar, Sh. Bolourian, H. Saberian	
<b>Investigating the effects of addition of zedo gum on physicochemical, sensory, rheological and colorimetric properties of low salt Ashi noodle</b>	478
Z. Boorboormoradi, L. Nateghi, Eyvaz Zadeh	
<b>Implementation of an olfactory machine system for the classification of different types of black pepper based on geographical origin and detection of cheating in Indian black pepper</b>	491
F. Jamalizadeh, M Ghasemi-Varnamkhasti, M. Ghasemi Nafchi, M. Tohidi, M. Dowlati	
<b>Effect of edible active film of chitosan containing fish protein hydrolysate (FPH) on chemical and microbial properties of rainbow trout (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) fillets during the refrigerated storage</b>	505
S. Reyhani Pool, S. A. Jafarpour	

# Iranian Food Science and Technology Research Journal

Vol. 16

No. 4

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
Ghodduzi, 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](http://jm.um.ac.ir/index.php/food_tech/index)

This journal is indexed in ISC, SID, and MAGIRAN.





## Contents

<b>Investigating the sensory properties and antimicrobial effect of frankincense and shallots essential oil on <i>Listeria monocytogenes</i> bacteria in white brined cheese .....</b>	<b>356</b>
F. Sadeghi- L. Nateghi	
<b>Evaluation of alpha and gamma tocopherol content of almond, hazelnut, peanut and pistachio during roasting process .....</b>	<b>365</b>
R. Farahmandfar, S. Salmani, H. Fahim	
<b>Investigation of antifungal activity of nanoencapsulation of Thyme vulgaris essential oil against <i>botrytis cinerea</i> in red shahroodi .....</b>	<b>381</b>
H. Karimi- H. Bodaghi, A. Rajaei, Sh. Mojerlou	
<b>Evaluation of microbial, chemical and sensory characteristics of coated lamb with <i>Scutellaria lateriflora</i> seed mucilage in combination with <i>Carum copticum</i> essential oil to shelf life extension at refrigerated storage.....</b>	<b>394</b>
B. Alizadeh Behbahani. F. Shahidi	
<b>Optimization of loaf bread formulation including Farsi and Basil Gum .....</b>	<b>408</b>
M. M. Hafiz, Z. Sheikholeslami	
<b>Effect of black cumin essential oil on physicochemical, microbial and sensorial characteristics of ultrafiltered Feta cheese .....</b>	<b>421</b>
M. Momeni, H. Lashkari	
<b>Investigating the effect of operational factors on reducing cream cholesterol by beta-cyclodextrin using response surface method .....</b>	<b>435</b>
M. Mansouri Bani, V. Samavati, M. Bolandi	
<b>Effect of flour replacement with pomegranate seed powder on the properties of Sponge Cake.....</b>	<b>452</b>
F. Eivani, B. Nasehi, M. Noshad, H. Barzegar	
<b>A Study on the utilization of Enoki fruiting bodies in a pulp- based functional drink.....</b>	<b>464</b>
Sh. Rezaeian, H. R. Pourianfar, Sh. Bolourian, H. Saberian	
<b>Investigating the effects of addition of zedo gum on physicochemical, sensory, rheological and colorimetric properties of low salt Ashi noodle.....</b>	<b>478</b>
Z. Boorboormoradi, L. Nateghi, Eyvaz Zadeh	
<b>Implementation of an olfactory machine system for the classification of different types of black pepper based on geographical origin and detection of cheating in Indian black pepper.....</b>	<b>491</b>
F. Jamalizadeh, M Ghasemi-Varnamkhasti, M. Ghasemi Nafchi, M. Tohidi, M. Dowlati	
<b>Effect of edible active film of chitosan containing fish protein hydrolysate (FPH) on chemical and microbial properties of rainbow trout (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) fillets during the refrigerated storage.....</b>	<b>505</b>
S. Reyhani Pool, S. A. Jafarpour	