

به نام خدا
مجله علمی - پژوهشی
علوم غذایی و تغذیه
فصل نامه دانشگاه آزاد اسلامی
واحد علوم و تحقیقات

مدیر مسئول: دکتر مهرداد قوامی

سر دبیر: دکتر مریم قراچورلو

هیات تحریریه:

دکتر پیمان مهستی، دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی

دکتر سیدضیاءالدین حسینی مظهری، دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی

دکتر وحید تقی خانی، دانشیار دانشگاه صنعتی شریف، دانشکده مهندسی شیمی و نفت

دکتر مهرداد قوامی، استاد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی

دکتر سیدمهدهی سیدین اردبیلی، دانشیار مرکز پژوهش‌های غلات

دکتر مجید عمیدپور، استاد دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی

دکتر هوشنگ نیکوپور، دانشیار دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

دکتر مریم میزانی، دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی

دکتر مریم قراچورلو، دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی

دکتر سیدمحمدعلی موسویان، استاد دانشگاه تهران، دانشکده مهندسی شیمی

دکتر حسین بهمنیار، استاد دانشگاه تهران، دانشکده مهندسی شیمی

دکتر مهناز مظاهری اسدی، دانشیار سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران

دکتر سیروس قطبی، استاد دانشگاه صنعتی شریف، دانشکده مهندسی شیمی و نفت

دکتر بابک غیائی طرزی، دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی

دکتر مسعود هنرور، دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی

دکتر انوشه شریفان، دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی

نشانی: تهران، میدان پونک، انتهای بزرگراه اشرافی اصفهانی، به سمت حصارک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

تلفن: ۰۲۰-۴۴۸۶۸۵۳۵ (داخلی ۴۰۰۶۶)

پست الکترونیکی: ftn@srbiau.ac.ir

www.jftn.srbiau.ac.ir

تک شماره: ۲۵۰۰۰۰ ریال

تاییدیه درجه علمی - پژوهشی

به استناد مصوبات کمیسیون بررسی و تایید نشریات علمی دانشگاه آزاد اسلامی و براساس رای هفدهمین جلسه مورخ ۸۳/۱۱/۱ کمیسیون مذکور مجله

علوم غذایی و تغذیه (دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات) حائز شرایط دریافت درجه علمی - پژوهشی شناخته شد.

مجله علوم غذایی و تغذیه از سال ۱۳۸۶ در پایگاه استنادی علوم جهان اسلام (ISC) نمایه سازی می گردد.

مجله علوم غذایی و تغذیه از تاریخ ۱۳۸۹/۳/۱ حائز رتبه علمی - پژوهشی از کمیسیون نشریات علوم پزشکی کشور شده است.

این نشریه در پایگاه اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی به نشانی www.SID.ir نمایه می شود.

فهرست

سال بیست و یکم، شماره ۳، (پیاپی ۸۳) تابستان ۱۴۰۳

- ۳ راهنمای تهیه مقاله
- ۵ استخراج کاروتنوئیدها از *Ulva rigida* توسط امواج اولتراسونیک
مرضیه احمدی سرخونی، مهشید جهادی
- ۱۵ بررسی استفاده از چربی ذخیره‌ای شترمرغ (*Struthio Camelus*) جهت بهبود پایداری اکسایشی روغن سویا
نادیا دهقانی اشکذری، مریم قراچورلو، پیمانہ قاسمی افشار
- ۲۷ فیلم کامپوزیت آلزینات سدیم - کیتوزان جهت بسته‌بندی فیله مرغ: بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و میکروبی آن
میلاذ رنجبر، محمد حسین عزیزی تبریزاد، غلامحسین اسدی، حامد اهری
- ۵۱ تأثیر پوشش مرکب فعال بر پایه پلی‌وینیل‌الکل/کیتوزان حاوی عصاره آویشن شیرازی (*Zataria multiflora* Boiss.) بر کیفیت داخلی و پوسته تخم‌مرغ طی انبارمانی
اسماعیل یوسفی زیرابی، داریوش خادمی شورمستی
- ۶۵ بررسی ویژگی‌های کیفی، فیزیکوشیمیایی و ماندگاری قارچ تکمه‌ای (*Agaricus bisporus*) با کاربرد اسید سیتریک و کلرید کلسیم
محمد قندالی، الهام دانائی
- ۸۱ استفاده از مایکروویو برای بهبود کیفیت و کاهش زمان سرخ شدن برش‌های کدوخورشتی
فخرالدین صالحی، مصطفی امیری، سارا قزوینه

راهنمای تهیه مقاله

برای مجله علمی پژوهشی علوم غذایی و تغذیه

مجله تخصصی علوم غذایی و تغذیه مقاله‌های تحقیقی اصیل، یادداشت تحقیقاتی کوتاه با نوآوری برجسته و مقالات مروری شاخص در زمینه صنایع غذایی و تغذیه را که به زبان فارسی نوشته شده و قبلاً در مجلات داخل یا خارج کشور منتشر نشده است، با رعایت نکات زیر می‌پذیرد:

- ۱- مقاله بطور همزمان به جای دیگری برای انتشار فرستاده نشده باشد.
- ۲- مقاله مستند به نتایج پژوهش‌های نویسنده یا نویسندگان باشد.
- ۳- مقاله روی کاغذ A4 سفید با رعایت فاصله ۱ سانتی‌متر بین سطور و حاشیه ۲ سانتی‌متر در اطراف، و تحت نرم‌افزار Word 2003 با فونت B-Lotus شماره ۱۴ تایپ شده باشد. جهت کلمات انگلیسی از فونت Times New Roman شماره ۱۲ استفاده شود. تعداد صفحات مقاله بیشتر از پانزده صفحه نباشد.
- ۴- ارسال مقاله از طریق سایت مجله به آدرس (www.jftn.srbiau.ac.ir) انجام شود.

آدرس: تهران، میدان پونک، انتهای بزرگراه اشرفی اصفهانی، به سمت حصارک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، کد پستی ۱۴۷۷۸۹۳۸۵۵
تلفن: ۶۰-۴۴۸۶۸۵۳۵ (داخلی ۴۰۰۶۶)
پست الکترونیکی: ftn@srbiau.ac.ir

روش نگارش

صفحه عنوان: عنوان مقاله، نام کامل نویسنده یا نویسندگان، درجه علمی آنان و نشانی کامل پستی مشخص گشته و نویسنده مسئول مکاتبات معرفی گردد. عنوان مقاله باید خلاصه و بیان کننده موضوع تحقیق بوده و از ۲۰ کلمه بیشتر نباشد.

قسمت‌های مختلف مقاله شامل چکیده، واژه‌های کلیدی، مقدمه، مواد و روش‌ها، یافته‌ها، بحث، نتیجه‌گیری، سپاسگزاری، منابع و چکیده انگلیسی، باید به ترتیب و به صورت زیر ارائه شود.

- چکیده فارسی، واژه‌های کلیدی: در صفحه اول مقاله عنوان مقاله، چکیده فارسی و واژه‌های کلیدی نوشته شود. چکیده فارسی باید مجموعه فشرده و گویایی از مقاله، بصورت ساختار یافته شامل مقدمه، مواد و روش‌ها، یافته‌ها و نتیجه‌گیری و در کمتر از ۲۵۰ کلمه بوده و حاوی شرح روشن هدف‌های پژوهش و نتایج آن باشد. بهتر است تعداد واژه‌های کلیدی از ۵ مورد بیشتر نباشد و به ترتیب حروف الفبا مرتب شود.

- مقدمه: مقدمه حاوی مروری بر پژوهش‌های گذشته با استناد به مدارک منتشر شده قبلی و شامل معرفی و توجیه موضوع مورد بررسی باشد و هدف بررسی را بوضوح روشن نماید. استناد به منابع در متن مقاله به سبک هاروارد (Harvard System: Author – Date Scheme) انجام شود. به این ترتیب که چنانچه یک اثر علمی بوسیله یک یا دو نفر نوشته شده باشد، نام خانوادگی نگارنده یا نگارندگان همراه با سال انتشار در پایان جمله و داخل پرانتز ذکر شود و توسط ویرگول از یکدیگر جدا شوند و در صورتیکه بوسیله بیش از دو نگارنده نوشته شده باشد نام خانوادگی نگارنده اول همراه با عبارت " و همکاران" برای منابع فارسی یا عبارت "et al." برای منابع لاتین و سپس سال انتشار آورده شود.
- مواد و روش‌ها: این قسمت شامل شرح کامل مواد یا وسایل بکار گرفته شده و روش آزمایش در بررسی باشد. بهتر است از ذکر کامل روش‌های اقتباس شده خودداری کرده و فقط به ارائه اصول و ذکر مآخذ اکتفا نمود.

- یافته‌ها: نتایج بدست آمده مطرح گردد.
- بحث: نتایج مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد.
- جدول، نمودار و عکس: جدول‌ها، نمودارها و عکس‌ها باید در جای مناسب در داخل متن گنجانده شود. جدول‌ها بدون خطوط عمودی و با حداقل خطوط افقی باشند و اطلاعات آن‌ها نباید بصورت منحنی، جملات یا به نحو دیگری در مقاله تکرار شود. عنوان جدول باید مختصر و گویای ارتباط عوامل مورد بحث جدول باشد. توضیحات اضافی عنوان و متن جدول بصورت زیرنویس ارائه گردد. عکس‌ها، نمودارها و کارهای ترسیمی اصلی بوده و بصورت سیاه و سفید تهیه شوند. عکس‌ها باید واضح، مطالب آن خوانا و در صورت لزوم دارای واحد باشد. تمامی واحدها باید در مقیاس متریک (SI) ارائه گردد.
- نتیجه‌گیری: نتیجه‌گیری حاوی مطالب مختصر و گویا در رابطه با هدف و به عبارت بهتر جمع‌بندی کلی نتایج باشد.
- سپاسگزاری: از تامین کنندگان بودجه و امکانات کار و اشخاص دیگری که در انجام تحقیق کمک کرده‌اند می‌توان حداکثر در ۴ سطر سپاسگزاری کرد.
- منابع: تنظیم فهرست منابع مطابق شیوه‌ها راورد انجام شود. در تنظیم مراجع ابتدا منابع فارسی و سپس لاتین به ترتیب حروف الفبای نام خانوادگی اولین نگارنده و بصورت نام خانوادگی و نام نویسنده یا نویسندگان، سال انتشار، عنوان مقاله یا کتاب، نام مجله یا ناشر، شماره جلد و صفحات مقاله یا کتاب نوشته شود، مثال:
ملکی، م. و دخانی، ش. (۱۳۷۴). *صنایع غذایی*. جلد اول، انتشارات دانشگاه شیراز، صفحات ۱۰۱ - ۳۳.
مهدی پور، ا.، صدرالاشرفی، س. م. و کرباسی، ع. ر. (۱۳۸۴). *بررسی بازاریابی محصول سیب زمینی در ایران*. مجله علوم کشاورزی، سال یازدهم، شماره ۳، صفحات ۱۳۲ - ۱۲۱.
- قاسمی افشار، پ. (۱۳۸۶). *تولید روغن سرخ کردنی بر پایه تالو اولئین*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی کشاورزی - علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران.
بی‌نام. (۱۳۷۳). *روش اندازه‌گیری پایداری روغن‌ها و چربی‌های خوراکی در برابر اکسید شدن*. استاندارد ملی ایران، شماره ۳۷۳۴، چاپ اول.
- Belitz, H. D. & Grosch, W. (1999). *Food chemistry*. Springer, Berlin, pp. 307-314.
- Gunstone, F. D. (1986). *Chemical Properties, in The lipid Handbook*, edited by Gunstone, F. D., Harwood, J. L. & Padley, F. B. Chapman & Hall, London, pp. 449-484.
- Ahmed, I. A. & Robinson, R. K. (1999). The ability of date extracts to support the production of aflatoxins. *Food Chemistry*, 66 (3), 307-312.
- Noel, S. & Collin, S. (1995). Trans-2-nonenal degradation products during mashing. In *Proceeding of the 25 th European brewery convention congress* (pp. 483-490). Oxford: IRL Press.
- Sen Gupta, A. K. (1985). *Refining*. U. S. Patent 4, 533, 501.
- National Institutes of Health. (2002). *Menopausal Hormone Therapy*, <http://www.nih.gov/PHTindex.htm>
- عنوان مقاله، نام، نام خانوادگی و سمت نویسندگان، چکیده و واژه‌های کلیدی به زبان انگلیسی

استخراج کاروتنوئیدها از *Ulva rigida* توسط امواج اولتراسونیک

مرضیه احمدی سرخونی^a، مهشید جهادی^{b*}

^a دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

^b دانشیار گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۰۶/۱۶

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۰۲/۲۳

چکیده

مقدمه: *Ulva rigida*، یک نوع جلبک سبز از شاخه کلروفیتا است که به واسطه ترکیبات شیمیایی متعدد به عنوان یک منبع از رنگدانه‌های کاروتنوئیدی و کلروفیلی شناخته شده است. در این پژوهش استخراج رنگدانه کاروتنوئیدی به کمک اولتراسونیک با روش سطح پاسخ مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها: جلبک سبز *Ulva rigida* در اردیبهشت ماه ۱۴۰۱ به صورت تازه از شمال جزیره قشم ساحل دیرستان (خلیج دیرستان)، حذفاصل منطقه شیب‌دراز تا بندرگاه نقاشه و سلخ با مشخصات جغرافیایی $23^{\circ}37'30''N$ و $52^{\circ}18'40''E$ برداشت شد. به منظور بهینه‌سازی شرایط استخراج کاروتنوئید از روش سطح پاسخ با سه متغیر مستقل توان اولتراسونیک (۳۰۰-۵ وات) زمان اولتراسونیک (۱۸/۴۰-۱/۵۹ دقیقه) و نسبت زیست توده به حلال (۱/۴۶-۱/۶۳ درصد) استفاده گردید.

یافته‌ها: نتایج حاصل از بهینه‌سازی شرایط استخراج کاروتنوئید به کمک اولتراسونیک نشان داد که کلیه متغیرهای مستقل دارای تأثیر معنادار بر راندمان استخراج کاروتنوئیدها بوده‌اند ($p < 0.05$). در بخش بهینه‌سازی شرایط استخراج کاروتنوئید به کمک اولتراسونیک شرایط بهینه شامل نسبت زیست توده به حلال ۵/۵۷ درصد، زمان اولتراسونیک ۹/۹۳ دقیقه با توان اولتراسونیک ۱۷۷/۳۸ وات محتوای کاروتنوئید 0.08 ± 0.099 میکروگرم بر میلی‌لیتر با بازده استخراج ۱۸/۰۳ درصد گزارش گردید.

نتیجه‌گیری: محتوای استخراج رنگدانه کاروتنوئید و بازده استخراج رنگدانه با کمک تکنولوژی اولتراسونیک نسبت به روش استخراج معمول ۴ برابر افزایش داشت لذا می‌توان روش استخراجی معرفی شده را به عنوان یک فرآیند موثر جهت استخراج ترکیبات کاروتنوئیدی از جلبک *Ulva rigida* در نظر گرفت.

واژه‌های کلیدی: اولتراسونیک، بهینه‌سازی، کاروتنوئید، *Ulva rigida*

مقدمه

جلبک‌ها، موجودات چندسلولی هستند که در مقایسه با گیاهان زمینی با سرعت بالایی رشد می‌کنند و تنوع بالایی از متابولیت‌ها و ترکیبات زیست‌فعال طبیعی سودمند را ارائه می‌کنند. جلبک‌ها بر حسب میزان رنگدانه به سه گروه؛ سبز (کلروفیتا^۱)، قرمز (رودوفیتا^۲) و قهوه‌ای (فائوفیتا^۳) تقسیم می‌شوند (Oliveria et al., 2024). رنگدانه‌های طبیعی به عنوان دسته‌ای از افزودنی‌ها که به طور گسترده در صنایع غذایی استفاده می‌شوند شناخته شده هستند. مصرف رنگدانه‌های طبیعی، با اثرات مثبت بر سلامت انسان، به بهبود کیفیت زندگی و طول عمر می‌انجامد. به همین علت در مقابل رنگدانه‌های مصنوعی با سمیت بالا در سراسر جهان محبوب شده‌اند. رنگدانه‌های طبیعی می‌توانند به عنوان برجسته‌ترین پارامتر، کیفیت غذا را ارزیابی و اشتها را تحریک یا سرکوب کنند (Kamler et al., 2024). مواد مغذی با ارزش افزوده موجود در جلبک‌ها نشان‌دهنده تعداد زیادی موادشیمیایی با طیف وسیعی از خواص آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی و ضدتوموری هستند. از نظر تغذیه‌ای جلبک‌های دریایی به‌عنوان منبع مواد زیست‌فعال مانند؛ پلی‌ساکاریدهای سولفاته، اسیدهای چرب امگا ۳، پلی‌فنل‌ها، رنگدانه‌های طبیعی، پروتئین، پپتید، اسیدهای آمینه و به عنوان ماده‌خام برای موادشیمیایی جذاب است که می‌تواند تقاضای فعلی مصرف‌کننده را، برای محصولات طبیعی تأمین کنند (Martins et al., 2020). در جلبک‌های سبز، رایج‌ترین انواع رنگدانه کلروفیل و کاروتنوئیدها هستند که در صنایع غذایی به‌عنوان رنگدانه طبیعی در غذا و نوشیدنی‌ها، استفاده می‌شود. همچنین این ترکیبات به سبب فعالیت آنتی‌اکسیدانی، ضدتوموری، ضد میکروبی و همچنین نقش در درمان سرطان و غیرفعال‌سازی میکروارگانیسم‌ها در صنایع مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند (Latique et al., 2021). فرآیند استخراج کاروتنوئیدها از منابع مختلف، به سبب وجود ترکیبات قطبی متنوع، با سطوح متفاوت بسیار مهم است. همچنین ماتریکس‌های مختلف به واسطه دارا بودن موانع فیزیکی و شیمیایی از انتقال جرم کاروتنوئیدها در طول فرآیند استخراج ممانعت می‌کنند. انتخاب حلال یا ترکیب حلال مناسب یکی از

استخراج کاروتنوئیدها از *Ulva rigida* توسط امواج اولتراسونیک

مهم‌ترین عوامل جهت استخراج موثر کاروتنوئیدها است. کاروتنوئیدها به طور معمول با حلال‌های آلی مانند اتانول، متانول، استون، استخراج می‌شوند (Singh et al., 2024). در استخراج کاروتنوئیدها محتوای زیاد آب در سلول‌های جلبکی جهت استخراج کارآمد، نامطلوب در نظر گرفته می‌شوند. در این راستا روش‌های آبیگری مبتنی بر حرارت موجب تخریب حرارتی و ایزومریزاسیون^۵ کاروتنوئیدها می‌گردند. که جهت ممانعت از این امر، از لیوفیلیزاسیون^۶ (خشک‌کردن انجمادی) استفاده می‌گردد و همواره زمان و هزینه استخراج را افزایش می‌دهد. اعمال پیش‌تیمار مناسب بر نمونه نیز در استخراج کارآمد کاروتنوئید موثر شناخته شده است (Gab Aboual et al., 2021). در پژوهش‌های مارتین و همکاران در سال ۲۰۲۰ جهت بازیابی رنگدانه کلروفیل و کاروتنوئید از *Ulva rigida*، استخراج جامد-مایع بهینه شد. تیمارهای مکانیکی مختلف (خیساندن، استخراج مایکروویو، استخراج به کمک اولتراسونیک، نوع حلال، تعداد متوالی استخراج و نسبت جامد به مایع) مورد بررسی قرار گرفت. جهت جداسازی رنگدانه‌ها، از ترکیبی از حلال‌ها (اتانول، هگزان و آب) استفاده گردید. یافته‌های این پژوهش نشان داد که؛ تیمارهای مکانیکی امکان بهینه‌سازی و اجرای یک فرآیند ساده، سریع و کارآمد را جهت جداسازی دسته‌های مختلف رنگدانه‌های مشابه فراهم می‌کند (Martins et al., 2020). محتوای رنگدانه‌های کلروفیل و کاروتنوئید در طی زمان برداشت تغییر می‌کند (Singh et al., 2024). این پژوهش با هدف بهینه‌سازی شرایط استخراج رنگدانه کاروتنوئید از جلبک سبز *Ulva rigida* با کمک تکنولوژی اولتراسونیک انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها

جلبک سبز *Ulva rigida* در اردیبهشت ماه ۱۴۰۱ به صورت تازه از شمال جزیره قشم، ساحل دیرستان (خلیج دیرستان) حدفاصل منطقه شیب‌دراز تا بندرگاه نقاشه و سلخ با مشخصات جغرافیایی N ۲۳,۲۷۳°۲۶" و E ۸۲,۱۸۴°۵۵" برداشت شد. به منظور بهینه‌سازی شرایط استخراج کاروتنوئید از روش سطح پاسخ با سه متغیر مستقل توان اولتراسونیک (۳۰۰-۵ وات)، زمان اولتراسونیک

¹ Algae

² Chlorophyta

³ Rhodophyta

⁴ Phaeophyta

⁵ Isomerization

⁶ lyophilization

- تجزیه و تحلیل آماری

نتایج این پژوهش با استفاده از طرح مرکب مرکزی به صورت میانگین \pm انحراف معیار (SD) بیان شد و آزمایش‌ها حداقل در ۶ تکرار انجام گردید تأثیر شرایط استفاده از توان امواج اولتراسونیک (در محدوده ۳۰۰-۵ وات)، زمان اعمال امواج اولتراسونیک (۱۸/۴۰-۱/۵۹ دقیقه) و نسبت زیست‌توده Ulva به حلال (۱/۶۳-۱/۳۶ درصد) با کمک نرم‌افزار Expert-Design در ۳ سطح و ۲۰ تیمار مطابق جدول (۱) با میزان آلفا برابر ۱/۶۸ در سطح اطمینان ۹۵٪ مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها

تأثیر سه متغیر توان اولتراسونیک، مدت زمان اعمال امواج اولتراسونیک و نسبت زیست توده به حلال، بر محتوای استخراج رنگدانه کاروتنوئید و بازده استخراج در جدول آنالیز واریانس (جدول ۲) مورد بررسی قرار گرفت. در این جدول تأثیر مدل معنادار می‌باشد ($p < 0.05$)، لیکن عدم برازش، برابر ۰/۵۶ و غیرمعناداری می‌باشد، مقدار ضریب تبیین، در جدول زیر برابر ۰/۹۰ می‌باشد. هر چه این عدد به ۱ نزدیک‌تر باشد تطابق نتایج به دست آمده با نتایج پیش‌بینی شده بیشتر می‌باشد. زیرا نمایانگر انحراف داده‌ها از مدل رگرسیون خطی است. می‌توان این نتیجه را داشت که نتایج به دست آمده با نتایج پیش‌بینی شده به نسبت متناسب هستند. در این جدول مقدار ضریب تطابق یافته ۰/۸۶ و ضریب پیش‌بینی شده ۰/۸۳ می‌باشد. مقدار ضریب تغییرات (CV)، که بیانگر توزیع پراکندگی داده‌های آماری در نمونه است در این مدل ۱۴/۹۴ می‌باشد. در جدول ۲ اثر توان اولتراسونیک، نسبت زیست توده به حلال، اثر برهم‌کنش توان اولتراسونیک و نسبت زیست‌توده به حلال بر متغیر محتوای استخراج کاروتنوئید، به حالت خطی و معنادار، می‌باشد.

همچنین اثر مربعات توان اولتراسونیک و مربع نسبت زیست‌توده به حلال نیز بر متغیر محتوای استخراج کاروتنوئید معنی‌دار می‌باشد ($p > 0.05$). تأثیر شاخص‌های نسبت زیست‌توده/حلال و توان اولتراسونیک، بر محتوای کاروتنوئید کل استخراج شده از *Ulva rigida* نمایش داده شده‌است. با افزایش نسبت زیست توده Ulva به حلال محتوای کاروتنوئید استخراج شده تا رسیدن به نسبت حدود

(۱۸/۴۰ - ۱/۵۹ دقیقه) و نسبت زیست‌توده به حلال (۸/۴۶ - ۱/۶۳ درصد) استفاده گردید.

- استخراج رنگدانه

استخراج رنگدانه از *Ulva rigida*، با استفاده از؛ اولتراسونیک پروب‌دار و حلال متانول ۹۹٪ انجام گردید. در این روش مدت‌زمان استخراج (۱/۵۹، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۱۸/۴۰ دقیقه)، نسبت زیست‌توده به حلال (۱/۶۳، ۳، ۵، ۷ و ۸/۳۶ درصد) و شدت اولتراسونیک (۵، ۶۴، ۱۵۲، ۲۴۰/۶۴ و ۷۹، ۳۰۰ W)، به عنوان تیمار استفاده شد. دما در حدود ۲۵ درجه سانتی‌گراد جهت ممانعت از تخریب و ایزومریزاسیون رنگدانه‌ها حفظ گردید. سپس نمونه در فاکون محصور شده با فویل آلومینیوم (جهت ممانعت از انتقال نور) تحت سانتریفیوژ قرار گرفت. در انتها مایع رویی در سل اسپکتروفوتومتر Vis-UV آنالیز گردید و جذب‌عصاره در ۳ طول موج (۴۸۰، ۶۴۹، ۶۶۵ nm)، خوانده شد. استخراج به روش معمول از نمونه‌های شاهد نیز بدون اعمال اثر اولتراسونیک و مطابق مراحل فوق انجام گردید. آزمایش با حداقل ۶ تکرار انجام شد محتوای کاروتنوئید و بازده استخراج کاروتنوئید با فرمول‌های زیر محاسبه گردید. (Li et al., 2022).

معادله ۱

$$C = (1000 \times A_{480} - 1.29 \times \text{Chl}_a - 53.78 \times \text{Chl}_b) / 220 \text{ (}\mu\text{g/ml)}$$

Chl_a = محتوای کلروفیل a

Chl_b = محتوای کلروفیل b

W = وزن نمونه

A_{480} = جذب در طول موج ۴۸۰ nm

(مقادیر رنگدانه، برحسب میکروگرم بر میلی‌لیتر، بیان شده‌است).

معادله ۲

$$Y = \frac{C \times V}{W \times 1000 \times 1000} \times 100$$

Y = بازده استخراج کاروتنوئید (%)

C = محتوای کاروتنوئید

V = حجم حلال مصرفی

استخراج کاروتنوئیدها از *Ulva rigida* توسط امواج اولتراسونیک

می‌یابد. تأثیر دو متغیر فوق‌الذکر موجب شده تا شکل به فرم گنبدی باشد (شکل ۱ a).

۶ روندی صعودی و پس از آن روندی کاهشی را طی می‌کند. با افزایش توان اولتراسونیک تا ۱۵۲/۵ وات، محتوای کاروتنوئید استخراجی افزایش و پس از آن کاهش

جدول ۱ - طرح مرکب مرکزی متغیرهای وابسته و مستقل

Table 1- Central composite design with independent and dependent variables

No	Independent variables			Dependent variables	
	Ultrasonic power (X ₁)	Ultrasonic time (X ₂)	<i>Ulva</i> biomass/solvent (X ₃)	Carotenoid content (µg/ml)	Carotenoid extraction yield (%)
1	64.80	5	3	0.23	77.83
2	240.20	5	3	0.48	8.25
3	64.80	15	3	0.46	8.40
4	240.20	15	3	0.38	11.31
5	64.80	5	7	0.57	10.35
6	240.2	5	7	1.02	13.14
7	64.80	15	7	0.53	7.59
8	240.2	15	7	0.86	11.977
9	5	10	7	0.22	8.3
10	300	10	5	0.54	13.28
11	152.5	10	5	0.71	13.07
12	152.5	10	5	0.93	12.7
13	152.5	10	5	0.25	15.99
14	152.5	10	1.64	0.78	9.42
15	152.5	10	5	0.95	18.32
16	152.5	10	5	0.82	20.23
17	152.5	10	5	0.95	19.13
18	152.5	10	5	0.82	19.13
19	152.5	10	5	0.91	17.86
20	152.5	10	5	1.10	16.46

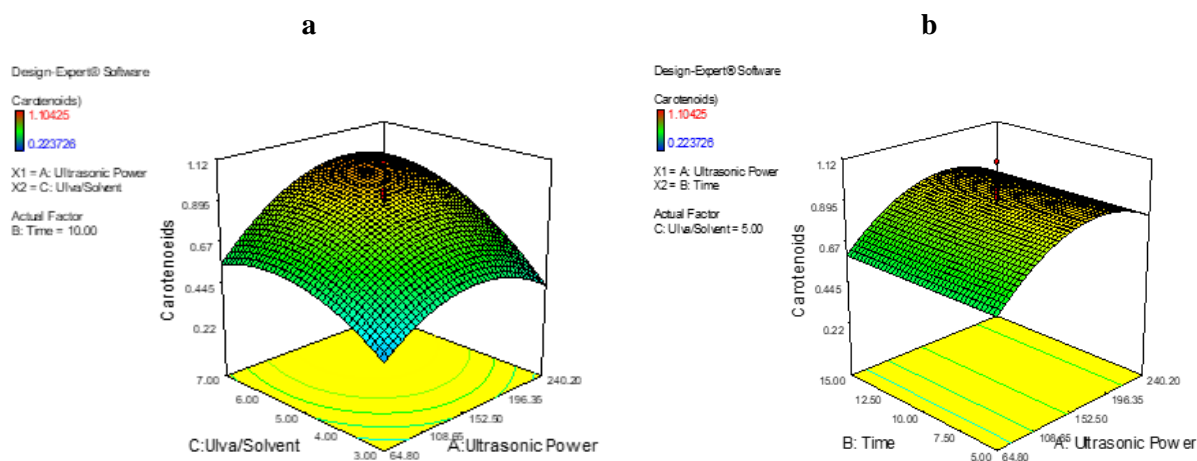


Figure 1- 3D graph the effect of *Ulva* biomass to solvent ratio and ultrasonic power in 10 min (a); ultrasonic power and time in *Ulva rigida* biomass to solvent ratio constant (b) on carotenoid content (µg/ml)

شکل ۱- نمودار سه بعدی تأثیر نسبت زیست توده/ حلال و توان اولتراسونیک؛ در مدت زمان ثابت ۱۰ دقیقه (a) توان اولتراسونیک و زمان در نسبت ثابت زیست توده *Ulva rigida* به حلال (b)، بر محتوای کاروتنوئید (µg/ml)

محتوای استخراج حدود ۴ برابر و بازده استخراج نیز حدود ۴ برابر افزایش یافته است.

بحث

کاروتنوئیدها به عنوان گروهی از مواد زیست فعال در صنایع غذایی به عنوان یک افزودنی رنگی و آنتی اکسیدان، استفاده می شوند. علاوه بر این با خواص ضدسرطانی، ضدپیری و تعدیل کننده سیستم ایمنی شناخته شده هستند. در بررسی حاضر اثر مثبت افزایش توان اولتراسونیک تا محدوده ۱۵۲/۵ وات با ماهیت رفتار امواج اولتراسونیک قابل تفسیر می باشد. امواج اولتراسونیک با فرکانس یافته های مشابهی بر اساس تحقیقات Nejadmansouri و همکاران، ۲۰۱۸ گزارش گردیده است. به دنبال افزایش توان اولتراسونیک شکل گیری بیش از حد حبابها مانع از انتشار امواج اولتراسونیک و در نتیجه کاهش عملکرد آن می گردند (Sharayei et al., 2018). خارج از محدوده بهینه توان اولتراسونیک، به سبب تشکیل و تجمع رادیکال های OH و H در طول فرآیند کاپیتاسیون منجر به تخریب قابل توجه ترکیبات آنتی اکسیدانی از جمله کاروتنوئیدها شود.

اثر استفاده از تکنولوژی اولتراسونیک نسبت به روش معمول به سبب عملکرد آن در انتقال جرم محلول و همچنین بهبود و افزایش سطح تماس بین زیست توده و حلال استخراج، نسبت داده می شود (Goksen, 2023). Sahin و Samli، ۲۰۱۳ گزارش کردند که، استخراج ترکیبات موثر توسط مرحله اصلی انجام می گیرد. مرحله اول که "شستشو" نام دارد. در ۱۰ تا ۲۰ دقیقه نخست و با انحلال اجزاء محلول در سطح ترکیب رخ می دهد. در این مرحله ممکن است، تا حدود ۹۰ درصد از ترکیبات موثر، استخراج گردد. در مرحله دوم که به استخراج "آهسته" مرسوم است. انتقال جرم از سطح ترکیب به حلال توسط پدیده "انتشار" رخ می دهد. در نتیجه زمان طولانی اعمال اولتراسونیک نیز مطلوب شمرده نمی شود. وانگ و همکاران، ۲۰۰۰ در مطالعه بر استخراج ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی با اعمال امواج اولتراسونیک بر میوه *Elaeagnus pungens* گزارش داد که بالاترین بازده استخراج ترکیبات فنلی در زمان اولتراسونیک ۲۰ دقیقه

اثر دو متغیر توان اولتراسونیک و زمان به صورت مستقل از یکدیگر در شکل ۱b نشان داده شده است. به طوری که تغییرات زمان روندی ثابت و خطی بر محتوای استخراج کاروتنوئید داشته و افزایش توان اولتراسونیک تا حدود ۱۵۲/۵ وات روند صعودی و پس از این محدوده روند کاهشی را نشان می دهد. تغییرات یک طرفه اثر توان اولتراسونیک بر محتوای استخراج رنگدانه کاروتنوئید منجر به ایجاد ساختار فوق گردیده است.

تاثیر متقابل زمان - توان اولتراسونیک، نسبت زیست توده به حلال - توان اولتراسونیک و نسبت زیست توده به حلال - زمان بر بازده استخراج کاروتنوئیدها در شکل ۲ نشان داده شده است. با افزایش زمان اولتراسونیک تا حدود ۱۰ دقیقه روند افزایش بازده استخراج صعودی است اما این اثر مثبت، پس از ۱۰ دقیقه روند کاهشی را ایجاد کرده است. نسبت زیست توده به حلال نیز، تا حدود ۶ درصد، روند صعودی و متقابلاً افزایش بازده استخراج کاروتنوئید را نمایش می دهد. با افزایش توان اولتراسونیک، تا حدود ۱۵۲/۵ وات، ماکزیمم بازده استخراج حاصل می شود. در حالیکه از این نقطه به بعد؛ حالت کاهشی را طی می کند. بر هم کنش مثبت توان اولتراسونیک با زمان و نسبت زیست توده به حلال، در میزان بازده استخراج کاروتنوئید، موجب ایجاد فرم گنبدی، در شکل ۲a و ۲b و ۲c شد. اثر توان اولتراسونیک تا شرایط بهینه جهت استخراج رنگدانه های کاروتنوئید حاصل از *Ulva rigida* توسط دستگاه اولتراسونیک با توان اولتراسونیک ۱۷۷/۳۷ وات نسبت زیست توده به حلال ۵/۵۷ درصد و زمان ۹/۹۳ دقیقه حاکی از استخراج ۰/۹۹ میکروگرم بر میلی لیتر محتوای کاروتنوئید و ۱۸/۰۳ درصد بازده استخراج بود. می توان نتیجه گرفت که مدل ارائه شده می تواند به عنوان مدل قابل اطمینان و دقیق جهت پیشگویی استخراج کاروتنوئیدها از *Ulva rigida* با اولتراسونیک، استفاده شود. مطابق جدول ۳ خطای حاصل بین اطلاعات حاصل در شرایط آزمایشگاهی و پیش بینی نرم افزار برای محتوای کاروتنوئید و بازده استخراج به ترتیب ۴/۰۴ و ۲/۲۷ درصد، است. با مقایسه میزان استخراج بین نمونه ها در شرایط بهینه و استخراج در شرایط معمول (بدون استفاده از امواج اولتراسونیک) ملاحظه می شود

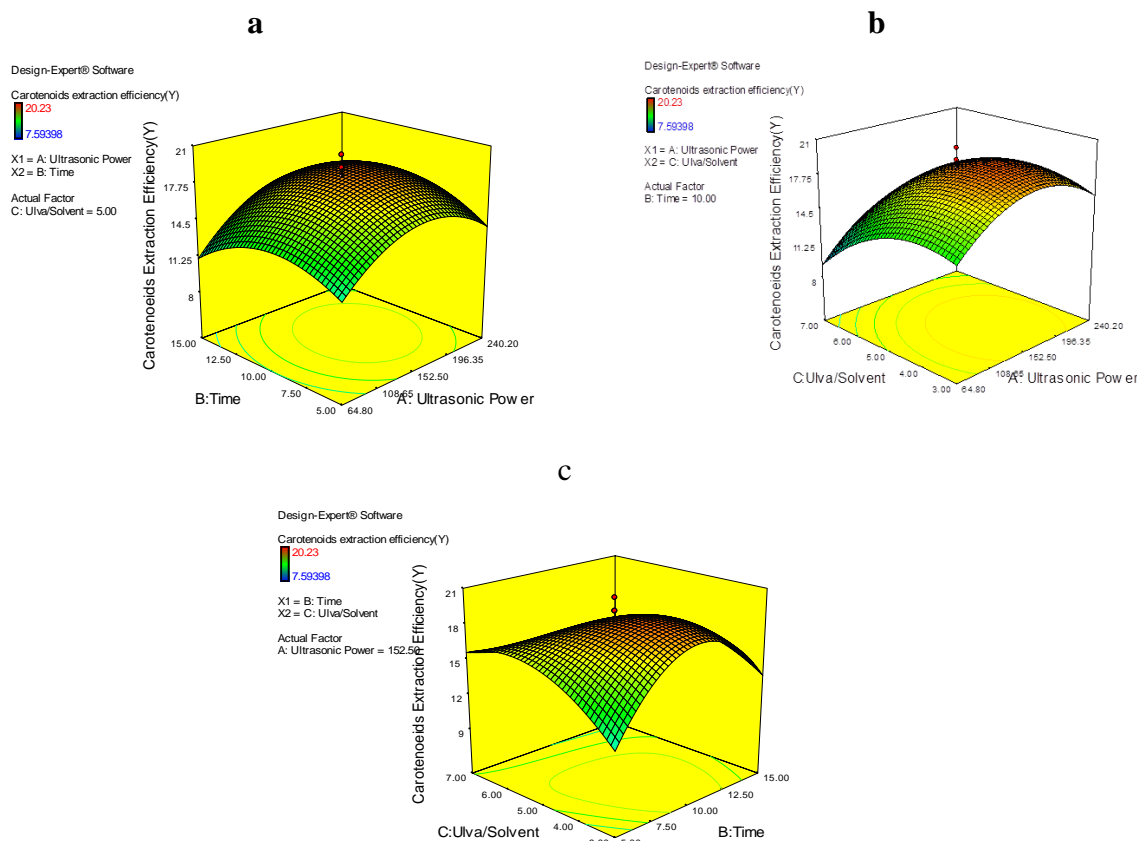


Figure 2- 3D graph the effect of ultrasonic power and time in *Ulva rigida* biomass to solvent ratio and time in *Ulva rigida* biomass to solvent ratio and ultrasonic power in 10 min (b) and *rigida* 152.50 W ultrasonic power on carotenoid extraction yield (%).

شکل ۲- نمودار سه بعدی اثر زمان و توان اولتراسونیک در نسبت ثابت زیست توده *Ulva rigida* به حلال (a)، توان اولتراسونیک و نسبت زیست توده به حلال، در زمان ثابت ۱۰ دقیقه (b)، زمان اولتراسونیک و نسبت زیست توده به حلال، در توان ثابت اولتراسونیک ۱۵۲/۵۰ وات (c) بر بازده استخراج کاروتنوئید

جدول ۲- نتایج آنالیز واریانس محتوای کاروتنوئید و بازده استخراج کاروتنوئید طرح مرکب مرکزی

Table 2- ANOVA for carotenoid content and carotenoid extraction yield results of the central composite design

Sources	Carotenoid content (ml / μ)				Carotenoid extraction yield(%)			
	Df	Mean square	F-Value	P-Value	Df	Mean square	F-Value	P-Value
Model	5	0.26	25.43	0.00	6	47.88	10.69	0.00
Ultrasonic power (X_1)	1	0.16	15.81	0.00	1	26.11	5.83	0.03
Ultrasonic time (X_2)	-	-	-	-	1	0.06	0.01	-
<i>Ulva</i> biomass/solvent (X_3)	1	0.39	37.73	0.00	1	1.05	0.23	-
X_1X_3	1	0.04	4.78	0.04	-	-	-	-
$(\bar{X}_1)^2$	1	0.5	4.61	0.00	1	141.13	31.52	-
$(\bar{X}_2)^2$	-	-	-	-	1	2.34	18.39	-
$(\bar{X}_3)^2$	1	0.27	26.10	0.00	1	6.63	19.35	-
Residue	14	0.01	-	-	3	4.48	-	-
Lack of fit	9	0.01	0.93	0.65	8	6.23	3.71	-
Pure error	5	0.01	-	-	5	1.68	-	-
Total	19	-	-	-	19	-	-	-
R^2			0.90				0.83	
Adjusted- R^2			0.86				0.75	
CV			14.94				16.1	

جدول ۳- شرایط بهینه پیش‌بینی شده توسط نرم افزار
Table 3- Optimized characterization using software

Treatment	Ultrasonic time (min)	<i>Ulva</i> biomass/solvent (%)	Ultrasonic power (W)	Carotenoid content (µg/ ml)	Carotenoid extraction yield (%)
Optimized predicted by software	9.93	5.57	177.38	0.95	18.44
Optimized point	9.93	5.57	177.388	0.99	18.03
Control	9.93	5.57	-	0.24	4.58
% Error	-	-	-	4.04	2.27

افزایش می‌دهد (Liu *et al.*, 2019). اما مقادیر بالای حلال هزینه عملیاتی را نیز افزایش می‌دهد. با این وجود می‌توان اظهار کرد که تناسب مناسب مابین زیست توده و حلال تاثیر مثبت بر بازده استخراج کاروتنوئید خواهد داشت. همچنین در طول فرآیند استخراج زمان بسیار کوتاه فرآیند منجر به واکنش ناکافی و در نتیجه کاهش راندمان استخراج، می‌گردد. از سوی دیگر طولانی شدن زمان واکنش یک استخراج ناکارآمد ممکن است منجر به تخریب اکسیداتیو ترکیبات هدف گردد. که مطابق مطلب فوق الذکر از لحاظ اقتصادی برای فرآوری صنعتی، ناکارآمد است. مطالعه اثر اولتراسونیک بر عملکرد استخراج کاروتنوئید از *Dunaliella salina* نیز نتایج مشابهی حاصل گردید. طی این بررسی بالاترین عملکرد اولتراسونیک زمان ۱۰ دقیقه اعمال اولتراسونیک گزارش گردید. نتایج این پژوهش نشان داد که این عملکرد می‌تواند به سبب انتقال سریع ترکیب هدف از سطح جامد و سلول‌های تجزیه شده به حلال توسط امواج اولتراسونیک باشد. که نفوذ حلال متانول را به غشاء سلول *Dunaliella salina* را افزایش می‌دهد (Nejadmansour *et al.*, 2018). نتایج بدست آمده از بررسی ما نشان می‌دهد اثر توان اولتراسونیک در شرایط بهینه (توان اولتراسونیک ۱۷۷/۳۸ وات، نسبت زیست توده به حلال ۵/۵۷ درصد و زمان ۹/۹۳ دقیقه) نسبت به شرایط استخراج معمول (نسبت زیست توده به حلال ۵/۵۷ درصد و زمان استخراج ۹/۹۳ دقیقه) افزایش قابل ملاحظه‌ای را در مقدار کاروتنوئید استخراج شده (۴ برابر) و بازده استخراج کاروتنوئید (۴ برابر) به همراه داشته‌است. به طور کلی مشخص شده است که استفاده از محدوده بهینه توان اولتراسونیک به عنوان یک پارامتر حیاتی برای حصول بالاترین بازده استخراج کاروتنوئیدها باشد به نحوی که ۱۵۲/۵ وات و زمان ۱۰ دقیقه، جهت دستیابی به بازده

حاصل گردیده‌است. در بررسی دیگر با هدف استخراج پلی‌فنل‌ها از سبوس گندم توسط اولتراسونیک دریافتند که سرعت استخراج این ترکیبات به طور قابل توجهی از ۱۰ تا ۳۰ دقیقه افزایش یافته‌است اما از ۳۰ تا ۵۰ دقیقه تقریباً روند ثابتی را نشان داده‌است. در بررسی پژوهش حاضر همانطور که شکل ۵ نشان می‌دهد اثر متغییر زمان اولتراسونیک و نسبت زیست توده به حلال بر بازده استخراج کاروتنوئید اثر مثبت و تقویت شونده‌ای در زمان حدود ۱۰ دقیقه و نسبت زیست توده به حلال ۶ درصد مشاهده گردید. این اثر مثبت نشان می‌دهد که زمان ۱۰ دقیقه زمان مناسب و بهینه جهت حصول حداکثر میزان بازده استخراج کاروتنوئید در نسبت زیست توده به حلال حدود ۶ درصد، است. زیرا افزایش مدت زمان اعمال امواج اولتراسونیک تا محدوده نامبرده با اثر بر سطح مشترک دو فاز، بازده استخراج رنگدانه را افزایش می‌دهد و بر اساس اصل انتقال جرم بالا بودن مقدار حلال منجر به افزایش گرادیان غلظتی مابین نمونه مورد نظر و حلال، می‌گردد. که به عنوان نیرو محرکه جهت افزایش انتقال جرم و بازده استخراج تا محدوده ۱۰ دقیقه از اعمال امواج اولتراسونیک می‌گردد. پس از افزایش بیشتر هر دو پارامتر زمان اولتراسونیک و نسبت زیست توده به حلال روند کاهش در میزان بازده استخراج مشهود می‌باشد. که این روند نزولی را می‌توان به افزایش میزان زیست توده به حلال و کاهش حجم حلال نسبت داد. در حالی که در زمان بهینه اعمال امواج اولتراسونیک (۱۰ دقیقه) و نسبت زیست توده به حلال ۶ درصد بهترین بازده استخراج حاصل گردیده‌است. زمانی که مقدار حلال افزایش می‌یابد ترکیبات هدف در تماس کامل با حلال قرار می‌گیرند و این امر استخراج ترکیبات هدف را به حداکثر میزان می‌رساند. همچنین افزایش نسبت زیست توده به حلال اختلاف غلظت را

properties and sugar levels of ultrasound assisted extraction, aroma compositions and amino acids profiles of macroalgae, *Laurencia papillosa*. *JyualhehtsirS sJirasautls ao anruaJ*, 98, 106527. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2023.106527>.

Kammler, S., Romero, A. M., Burkhardt, C., Baruth, L., Antranikian, G., Liese, A. & Kaltschmitt, M. (2024). Macroale valorization for the production of polymers chemicals and energy. *Journal of Biomass and Bioenergy*, 183, 107105. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2024.107105>.

Latique, S., Mrid, R.B., Kabach, I., Kchikich, A., Sammama, H., Yasri, A., ihtrt, M., Jsaana, D. A. & yeJhaant, K. (2021). Foliar application of *Ulva rigida* water extracts improves salinity tolerance in wheat (*Triticum durum* L.). *Journal of Agronomy*, 11(2), 265. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020265>.

Li, Y., Huang, X., Luo, L. & Shang, C. (2022). Optimization of extraction conditions of carotenoids from *Dunaliella parva* by response surface methodology. *ao lanruaJ Molecules*, 27(4), 1436. <https://doi.org/10.3390/molecules27041444>.

Liu, Y., Li, J., Fu, R., Zhang, L., Wang, D. & Wang, S. (2019). Enhanced extraction of natural pigments from *Juncus glaberrima* L. using natural deep eutectic solvents. *Journal of Industrial Crops and Product*, 140, 162. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111620>.

Martins, M., Oliveira, R., Coutinho, J.A., Faustino, M.A.F., Neves, M.G.P., Pinto, D.C., Meunira, Y.P.M. (2020). Recovery of pigments from *Ulva rigida*. *Journal of Separation and Purification Technology*, 255, 117723. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2020.117723>

Nejadmansouri, M., Golmakani, M.T. & Famouri, M. (2018). Comparison of different methods for carotenoid extraction from *Dunaliella salina*. *Journal of Nutrition Science*, 6 (4), 208-215. <https://doi.org/10.30476/IJNS.2021.93230.1162>

Oliver, J. M., Pardo, M. A., Pereira, L., Matos, A. M. & Rodrigues, E. T. (2024). Portuguese macroalgae and halophytes for human consumption: minimal risk of norovirus and salmonella infection. *Journal of Food Control* 110600, 164. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2024.110600>.

Sahin, S. & Samli, R. (2013). Optimization of olive leaf extract obtained by ultrasound assisted extraction with response surface methodology, ultrason. *Journal of Ultrasonics Sonochemistry*, 20 (1), 592-602. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ultsonch.2012.07.029>.

Sharayei, P., Azarpazhooh, E., Zomorodi, S., Einafshar, S. & Ramaswamu, H.S. (2021). Optimization of ultrasonic-assisted extraction of astaxanthin from green tiger (*Penaeus semisulcatus*) shrimp shell. *Journal of Ultrasonics Sonochemistry*, 105666, 76. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105666>.

K Singh, A Sing. & Pal, B. (2024). Carbohydrate and pigment composition of macroalgae in a kelp-

استخراج کاروتنوئید بهینه می‌باشد. به نحوی که با افزایش بیشتر زمان استخراج عملکرد بازده استخراج کاروتنوئیدها، به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد.

نتیجه گیری

بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر بهینه‌سازی استخراج رنگدانه کاروتنوئیدی از جلبک سبز *Ulva rigida* به کمک اولتراسونیک به عنوان تکنولوژی سبز، اثر معنی‌دار این روش در استخراج را نسبت به روش استخراج معمول بازگو می‌کند. در شرایط بهینه استخراج کاروتنوئید (توان اولتراسونیک ۱۷۷/۳۸ وات، نسبت زیست‌توده به حلال ۵/۵۷ درصد و زمان ۹/۹۳ دقیقه) محتوای کاروتنوئید با مقدار ۰/۹۹ میکروگرم بر میلی‌لیتر و بازده استخراج ۱۸/۰۳ درصد، نسبت به شرایط استخراج معمول (نسبت زیست‌توده به حلال ۵/۵۷ درصد و زمان استخراج ۹/۹۳ دقیقه) با مقدار کاروتنوئید استخراج شده ۰/۲۴ میکروگرم بر میلی‌لیتر و بازده استخراج ۴/۵۸ درصد، افزایش چهار برابری را در شرایط اعمال شده فوق‌الذکر گزارش کرده‌است که اثر قابل توجه توان اولتراسونیک به عنوان یک تکنولوژی استخراج سبز با قابلیت‌های بالا از جمله کاهش زمان استخراج همچنین کاهش تخریب رنگدانه‌های حساس به دما و نور به دنبال آن بازده استخراج بالاتر را در بستری کنترل‌شده فراهم می‌کند. یافته‌ها در پژوهش حاضر می‌تواند جلبک سبز *Ulva rigida* را به عنوان منبعی جایگزین در سبده غذایی انسان قرار دهد و یا در صنایع غذایی به عنوان افزودنی، بهبوددهنده کیفیت و ساختار، یا به عنوان مکمل مورد استفاده قرار دهد. همچنین نتایج پژوهش حاضر استفاده از تکنولوژی سبز اولتراسونیک را به عنوان یک سیستم اقتصادی و مستعد در مقایسه با روش‌های سنتی استخراج با حلال جهت کاربرد در فرآیندهای مختلف از جمله استخراج ترکیبات حساس به دما تأیید می‌کند.

منابع

Abou-Gabal, A., Khaled, A., Aboul-Ela, H., Aly, H. & Shalaby, O. (2021). Variation of photosynthetic pigments and biochemical screening in some seaweeds from eastern harbor, alexandria, egypt. *ao lanruaJ Egyptian and Fisheries*, 25(1), 213-226. <http://dx.doi.org/10.21608/ejaf.2021.141011>

Nasseu, n. (2023). Elucidation and quantification health-promoting phenolic compounds, antioxidant

dominated Arctic fjord. Journal of Regional Studies in Marine Science, 103644, 77.
<https://doi.org/10.1016/j.rsma.2024.103644>.
Wong, K.H. & Cheung, P.C.K. (2000). Nutritional evaluation of some subtropical red and

green seaweeds part I-proximate composition, amino acid profiles and some physico-chemical properties. Journal of Food Chemistry, 71, 475-482.
[https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00175-8](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00175-8).

بررسی استفاده از چربی ذخیره‌ای شترمرغ (*Struthio Camelus*) جهت بهبود پایداری اکسایشی روغن سویا

نادیا دهقانی اشکذری^a، مریم قراچورلو^{b*}، پیمان قاسمی افشار^c

^a دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

^b استاد گروه علوم و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

^c استادیار گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۰۲/۱۵

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۰۱/۱۹

۱۵

چکیده

مقدمه: روغن شترمرغ منبع ارزشمندی برای استفاده به عنوان روغن خوراکی است که اطلاعات کمی در مورد کاربرد آن در صنعت غذا وجود دارد. لذا هدف از این مطالعه بررسی تأثیر افزودن روغن شترمرغ بر پایداری اکسایشی روغن سویا می باشد.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق، روغن از چربی موجود در قسمت شکمی شترمرغ نژاد گردن مشکی کانادایی با استفاده از روش گداخت مرطوب (به مدت ۲ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد تحت خلا) استخراج شد. پس از تعیین ترکیب اسیدهای چرب با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی، تعیین مقدار توکوفرول‌ها توسط کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا و ارزیابی پایداری با آزمون رنسیمت (دمای ۱۱۰ درجه سانتیگراد)، روغن استخراجی در مقادیر ۱۰ تا ۵۰ درصد به روغن سویا افزوده شد. روند اکسیداسیون نمونه‌ها با استفاده از آزمون آون در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد، هر ۲۴ ساعت و به مدت ۷ روز از طریق اندازه گیری اندیس پراکسید و اندیس اسیدی بررسی گردید.

یافته‌ها: در روغن شترمرغ استخراجی مجموع اسیدهای چرب غیراشباع ۶۶/۲۸ درصد و نسبت مجموع اسیدهای چرب چندغیراشباع به اسیدهای چرب اشباع ۰/۶۵ درصد بود. میزان کل توکوفرول ۶/۳۲ میکروگرم بر گرم و زمان پایداری ۱۱/۴۴ ساعت تعیین شد. افزودن روغن شترمرغ به روغن سویا موجب کاهش معنی دار اندیس اسیدی و اندیس پراکسید در مقایسه با نمونه شاهد گردید ($p < 0.05$). بطوریکه کمترین میزان اندیس اسیدی (۰/۴ میلی گرم پتاس بر روغن) و کمترین میزان اندیس پراکسید (۲/۳۷ میلی اکی والان گرم اکسیژن بر کیلوگرم روغن) در نمونه روغن سویا حاوی ۵۰ درصد روغن شترمرغ مشاهده شد. با توجه به ترکیب اسیدهای چرب و وجود ترکیبات توکوفرولی، افزودن ۵۰ درصد چربی بخش شکمی شترمرغ، موجب بهبود پایداری اکسایشی روغن سویا گردید.

نتیجه گیری: مخلوط کردن روغن سویا با روغن شترمرغ می‌تواند به عنوان یک روش ساده، موثر و ارزان برای تولید روغن‌های خوراکی دارای پایداری اکسایشی بالاتر در نظر گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: پایداری اکسایشی، روغن شترمرغ، روغن سویا

مقدمه

در حال حاضر مصرف‌کنندگان به طور فزاینده‌ای از اهمیت غذا و تغذیه در سلامتی خود آگاه هستند. اطلاع از ویژگی‌های کیفی چربی، بویژه ترکیب اسیدهای چرب، دیدگاه واقعی و مناسبی درباره کیفیت آن ارائه می‌دهد و در این رابطه چربی‌های حاوی مقادیر بیشتر اسیدهای چرب غیراشباع مورد استقبال بیشتری قرار می‌گیرند (Belichovska *et al.*, 2015).

در سالیان اخیر، تمایل به پرورش شترمرغ در جهان رو به افزایش بوده است. در کنار فرآورده‌های اصلی شترمرغ از جمله گوشت رژیمی، فرآورده‌های جانبی مانند چربی نیز در صنعت استفاده می‌شود. چربی ذخیره‌ای در لاشه شترمرغ در بخش شکمی، سینه و پشت وجود دارد که مقدار، ترکیب و ویژگی‌های آن بسته به جنسیت، سن، ژنوتیپ، رژیم غذایی و غیره تغییر می‌کند. لاشه شترمرغ حاوی ۹/۲ درصد چربی قابل جداسازی است که محتوی چربی شکمی آن ۴-۵/۵ درصد می‌باشد. در گذشته بازار عمده روغن شترمرغ در صنایع آرایشی و بهداشتی بود ولی اخیراً استفاده از روغن شترمرغ به صورت خوراکی مورد توجه ویژه قرار گرفته است. از چربی شترمرغ در صنعت غذا در تهیه گوشت فرآوری شده و یا به صورت محلی به عنوان منبع چربی استفاده می‌شود (Hoffman *et al.*, 2012; Belichovska *et al.*, 2015).

چربی شترمرغ یک چربی ارزان قیمت است (Basuny *et al.*, 2017) با توجه به محتوای بالای اسیدهای چرب چندغیراشباعی (PUFA) در بافت ذخیره‌ای، چربی شترمرغ می‌تواند به عنوان منبع اسیدهای چرب ضروری در رژیم غذایی انسان و حیوان در نظر گرفته شود (Horbañczuket *et al.*, 2004). ترکیب اسیدهای چرب موجود در چربی شترمرغ بدلیل غیراشباعیت بیشتر نسبت به چربی سایر حیوانات از قبیل گاو، گوسفند و جوجه مریت بیشتری دارد (Basuny *et al.*, 2011).

از جمله مهم‌ترین واکنش‌های سیستم‌های چربی، اکسیداسیون است. وقوع هرگونه اکسیداسیون در مواد غذایی نامطلوب به شمار می‌آید و منجر به کاهش کیفیت و ماندگاری محصولات غذایی می‌شود (Hras *et al.*,

2000). اکسیداسیون چربی‌ها عامل اصلی فساد آن‌ها بوده و هیدروپروکسیدهای تشکیل شده از واکنش بین اکسیژن و اسیدهای چرب غیراشباع، محصولات اولیه این واکنش هستند. هیدروپروکسیدها بدون طعم و بو هستند اما به سرعت تجزیه شده و آلدئیدها را تشکیل می‌دهند که دارای طعم و بوی شدید و نامطبوعی هستند. این مسئله در صنعت غذا بسیار مورد توجه است، زیرا باعث کاهش ماندگاری و غیر قابل مصرف شدن این محصولات می‌شود. به منظور کاهش سرعت اکسیداسیون چربی‌ها، آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی مانند هیدروکسی آنیزول بوتیله (BHT^1)، هیدروکسی تولوئن بوتیله (BHA^2)، ترشیری بوتیل هیدروکینون ($TBHQ^3$) و استرهای گالات^۴ به عنوان یکی از متداول‌ترین و موثرترین روش‌ها در بسیاری از مواد غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. هرچند، توجهات روزافزونی در مورد ایمنی و خطرات تهدید کننده سلامتی در خصوص استفاده از آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی و تمرکز بر استفاده از مواد زیست‌فعال که دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی هستند، وجود دارد (Iqbal *et al.*, 2008).

روغن سویا، مهم‌ترین روغن گیاهی است و این اهمیت به دلیل فراوانی، ارزانی و کیفیت خوب این روغن می‌باشد. به دلیل وجود مقدار نسبتاً زیاد اسیدهای چرب غیراشباع در این روغن، پایداری آن در برابر اکسیداسیون کم بوده و مستعد اکسیداسیون می‌باشد. اکسیداسیون این روغن و سایر روغن‌های خوراکی سبب فساد و تغییر طعم حجم بالایی از تولیدات جهانی شده و سلامت مصرف‌کنندگان را به خطر می‌اندازد (Basuny *et al.*, 2011).

Belichovska و همکاران (۲۰۱۱) ترکیب اسیدهای چرب موجود در چربی ناحیه شکمی شترمرغ را بررسی نمودند. آنها در نتایج تحقیقات خود گزارش نمودند برخلاف سایر چربی‌های حیوانی، مشخصه چربی شترمرغ، وجود مقادیر بالای اسیدهای چرب غیراشباع است، لذا می‌توان از آن به عنوان یک ماده غذایی سالم به طرق مختلف در رژیم غذایی انسان استفاده نمود.

Basuny و همکاران (۲۰۱۱) در نتایج تحقیقات خود عنوان نمودند که ترکیب جز اولئین روغن شترمرغ با روغن آفتابگردان باعث افزایش پایداری اکسیداتیو و افزایش

¹ Butylated Hydroxy Anisole ² Butylated Hydroxy Toluene³ Tertiary Butyl Hydro Quinone⁴ Gallate esters

یک ظرف در بسته غیرشفاف نگهداری شد (Dehghani, Shkezari, 2022).

روغن سویای تصفیه فاقد آنتی اکسیدان سنتزی از کارخانه روغن بهشهر تهیه و تا زمان انجام آزمون در یخچال نگهداری شد.

- آزمون‌های شیمیایی

آنالیز اسیدهای چرب طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۱۳۱۲۶-۲ (۱۳۹۴) انجام شد و سپس از دستگاه کروماتوگرافی گازی (مدل SHIMADZO-Nexis 2030، ساخت ژاپن) مجهز به آشکار کننده شعله‌ای (FID) و ستون موئین به طول ۶۰ متر و قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر استفاده گردید. در این دستگاه، دمای محل تزریق و آشکارساز به ترتیب ۲۵۰ و ۲۶۰ درجه سانتیگراد و گاز حامل، هلیوم با خلوص ۹۹/۹۹۹ درصد با سرعت جریان ۲ میلی‌لیتر بر دقیقه، بود (Mirrezaie Roodaki et al., 2016).

شناسایی و تعیین مقدار توکوفرول‌های روغن به وسیله کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC) (مدل Agilent Infinity1260، ساخت آمریکا) مطابق با استاندارد AOCS با شماره Cc8-89 (۲۰۰۰) انجام شد. دستگاه HPLC مورد استفاده دارای یک دتکتور UV-Visible با طول موج ۲۹۵ نانومتر و یک ستون (۵ میکرومتر×۶/۴ میلی‌متر×۲۵۰ میلی‌متر) C18 Lichrosphere Rp-100 بود و از استونیتریل: استن: آب (۴۷/۵: ۴۷/۵: ۵) به عنوان فاز متحرک استفاده شد. تمامی حلال‌های مورد استفاده ویژه HPLC بودند. سیستم به صورت ایزوکراتیک با سرعت جریان یک میلی‌لیتر بر دقیقه بود و جداسازی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد انجام شد. مقدار رقیق سازی نمونه ۱:۱۰ استن و میزان تزریق ۲۰ میکرولیتر بود (Delvi Isfahan & Daraei Garmakhani, 2011).

اندازه‌گیری زمان مقاومت به اکسیداسیون با استفاده از دستگاه رنسیمت مدل Metrohm 743 در دمای ۱۱۰ درجه سانتیگراد و با جریان هوای ۲۰ لیتر بر ساعت ارزیابی گردید (Mirrezaie Roodaki et al., 2016).

به منظور بررسی اثر روغن استخراج شده بر پایداری روغن سویا، روغن شترمرغ استخراج شده با نسبت‌های ۱۰ تا ۵۰ درصد وزنی با روغن سویای تصفیه شده فاقد

کیفیت روغن طی فرآیند سرخ کردن در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد شد.

Basuny و همکاران (۲۰۱۷) گزارش نمودند که استفاده از استتارین روغن شترمرغ به عنوان جایگزین مارگارین یا روغن هیدروژنه، سبب ارتقاء ویژگی‌های کیفی و حسی بیسکویت‌های تولیدی گردید.

طبق مطالعات دهقانی و همکاران (۱۴۰۱) مقدار روغن استخراج شده از بخش‌های زیرین شکمی بیش از جلوی قفسه سینه و جلوی قلب بوده، قسمت اعظم اسیدهای چرب آن را اسید اولئیک تشکیل داده و آلفا توکوفرول ترکیب توکوفرولی اصلی می باشد. لذا با توجه به ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی، محتوی بالای اسیدهای چرب تک غیراشباع و ترکیبات توکوفرولی و استرولی، میزان کم کلسترول و پایداری مناسب، می تواند به عنوان روغنی با ارزش در صنعت غذا مدنظر قرار گیرد.

مطالعات در مورد چربی شترمرغ و کاربردهای آن در صنعت غذا محدود است، لذا در این مطالعه بکارگیری چربی شترمرغ در صنعت روغن خوراکی و تأثیر آن بر پایداری اکسایشی روغن سویا مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

- تهیه و آماده سازی نمونه

در این مطالعه بافت چربی مورد استفاده برای استخراج روغن از مزرعه پرورش و تولید شترمرغ نژاد گردن مشکی کانادایی (مزرعه شفیی) واقع در شهر کرج تهیه شد. بافت چربی از قسمت زیرین ناحیه شکمی تهیه و پس از دریافت از کشتارگاه بلافاصله با آب شستشو داده شد تا خون از بافت چربی خارج شود. سپس ضایعات آن حذف گردید و به قطعات کوچک تقسیم شد. نمونه در فریزر با دمای ۱۸- درجه سانتیگراد گذاشته شد تا بافت آن اندکی سفت شود. در مرحله بعد به وسیله چرخ گوشت خرد، سپس بسته بندی و تا زمان استخراج روغن، جهت ممانعت از افزایش اسیدهای چرب آزاد در بافت چربی، در فریزر با دمای ۱۸- درجه سانتیگراد نگهداری شد.

برای استخراج روغن از بافت چربی، از روش ذوب کردن به کمک تبخیر کننده دوار (مدل Memmert-350، ساخت آلمان) به مدت ۲ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد تحت خلا استفاده شد و روغن به دست آمده در

بررسی استفاده از چربی ذخیره‌ای شترمرغ جهت بهبود پایداری اکسایشی روغن سویا

اسید پالمیتیک (۲۵/۰۵ درصد) بیشترین میزان اسید چرب اشباع و اسید اولئیک (۳۰/۹۱ درصد) بیشترین میزان اسید چرب غیراشباع را تشکیل داده، مجموع اسیدهای چرب اشباع ۳۳/۷۲ درصد و مجموع اسیدهای چرب غیراشباع ۶۶/۲۸ درصد و نسبت مجموع اسیدهای چرب چندغیراشباع به اسیدهای چرب اشباع ۰/۶۵ درصد می‌باشد. میزان آلفاتوکوفرول ۲/۳۵ میکروگرم بر گرم، بتاتوکوفرول ۰/۸۱ میکروگرم بر گرم، گاماتوکوفرول ۱/۲۳۶۷ میکروگرم بر گرم، گاماتوکوتتری انول ۱/۰۴ میکروگرم بر گرم، دلتاتوکوفرول ۰/۹۶ میکروگرم بر گرم و میزان کل توکوفرول ۶/۳۲ میکروگرم بر گرم بود.

براساس نتایج آزمون رنسیمت، زمان پایداری روغن استخراج شده از چربی زیرین شکمی شترمرغ ۱۱/۴۴ ساعت تعیین شد.

بر اساس شکل ۱، نتایج اندازه‌گیری اندیس اسیدی نشان داد، افزودن روغن شترمرغ به روغن سویا موجب کاهش میزان اندیس اسیدی به صورت معنی دار ($p < 0.05$) در مقایسه با نمونه شاهد گردید، با افزایش میزان روغن شترمرغ به روغن سویا میزان اندیس اسیدی به صورت معنی‌داری ($p < 0.05$) کاهش یافت. همچنین نتایج به دست آمده نشان داد، با گذشت زمان آون گذاری (با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد) میزان اندیس اسیدی به صورت معنی‌داری ($p < 0.05$) افزایش یافت.

بر اساس نتایج، مقایسه میانگین اثر متقابل تیمار و زمان نشان داد که با افزایش درصد روغن شترمرغ در روغن سویا میزان اندیس اسیدی به صورت معنی دار ($p < 0.05$) در مقایسه با نمونه شاهد کاهش یافت و در هر شش تیمار با گذشت زمان آون‌گذاری (با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد) افزایش معنی دار در اندیس اسیدی رخ داد ($P < 0.05$) اما با افزایش میزان روغن شترمرغ در روغن سویا، روند افزایش اندیس اسیدی کندتر گردید. به طوری که بیشترین میزان اندیس اسیدی در نمونه شاهد (۴/۹۵ میلی‌گرم پتاس بر روغن) در روز هفتم و کمترین میزان در نمونه روغن سویا حاوی ۵۰ درصد روغن شترمرغ (۰/۴ میلی‌گرم پتاس بر روغن) در روز اول مشاهده شد.

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تیمار و زمان نشان داد که با افزایش درصد روغن شترمرغ به روغن سویا، روند افزایش میزان اندیس پراکسید به صورت معنی‌دار در

آنتی‌اکسیدان سنتتیک مخلوط گردید و در آون (مدل Memmert-380، ساخت آلمان) با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷ روز نگهداری شد. روند اکسیداسیون هر ۲۴ ساعت یک بار به مدت ۷ روز از طریق اندازه‌گیری اندیس پراکسید و اندیس اسیدی ارزیابی گردید.

اندیس پراکسید بر حسب میلی‌اکی‌والان پراکسید در ۱۰۰۰ گرم روغن طبق استاندارد AOAC (2000) اندازه‌گیری گردید (AOAC, 2000).

اندیس اسیدی براساس میلی‌گرم هیدروکسید سدیم مورد نیاز جهت خنثی کردن اسیدهای چرب آزاد موجود در یک گرم چربی محاسبه شد (AOAC, 2000).

در این مطالعه، آزمون‌ها در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی و در ۳ تکرار انجام شد. تحلیل آماری و آنالیز واریانس شاخص‌های مورد آزمون با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۳ و ترسیم نمودارها با نرم‌افزار Excel (2019) انجام شد. برای مقایسه و تشخیص وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین نتایج حاصله، از آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵٪ استفاده گردید.

یافته‌ها

براساس نتایج حاصله، میزان روغن استخراجی از بافت چربی بخش شکمی ۶۲/۴۵ درصد تعیین گردید. در جدول ۱، میانگین میزان اسیدهای چرب روغن استخراج شده از بافت چربی شکمی شترمرغ برحسب درصد وزنی ارائه شده است.

جدول ۱- ترکیب اسیدهای چرب روغن استخراج شده از بافت شکمی شترمرغ

Table 1- Fatty acid compositions of oil extracted from the lower abdominal fatty tissue of ostrich (weight percentage)

Fatty acids	(%)
Myristic acid (C14:0)	1.22±0.20
Palmitic acid (C16:0)	25.05±0.11
Palmitoleic acid (C16:1)	13.44±0.15
Stearic acid (C18:0)	7.45±0.20
Oleic acid (C18:1)	30.91±0.16
Linoleic acid (C18:2)	21.93±0.15
Saturated fatty acids	33.72±0.16
Unsaturated fatty acids	66.28±0.15
Poly unsaturated fatty acids(PUFA)	0.65
/Saturated fatty acids(SFA)	

* The values are expressed as means ± standard deviation.

میلی اکی والان گرم اکسیژن بر کیلوگرم روغن) در روز هفتم و کمترین میزان در نمونه روغن سویا حاوی ۵۰ درصد روغن شترمرغ (۲/۳۷ میلی اکی والان گرم اکسیژن بر کیلوگرم روغن) در روز اول مشاهده شد (شکل ۲).

مقایسه با نمونه شاهد کاهش یافت و در هر شش تیمار با گذشت زمان افزایش معنی‌دار در اندیس پراکسید رخ داد (P<۰/۰۵) اما روند افزایش اندیس پراکسید با افزایش میزان روغن شترمرغ به روغن سویا کندتر گردید، به طوری که بیشترین میزان اندیس پراکسید در نمونه شاهد (۹/۱۲)

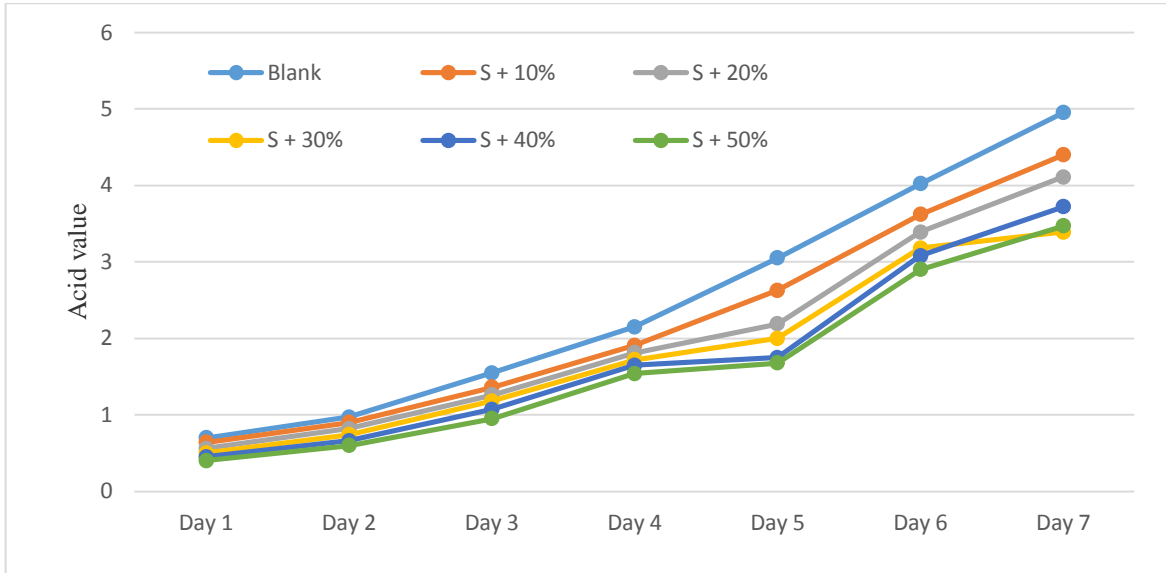


Figure 1- Acid value of soybean oils containing 10-50% of ostrich fat, during 7 days storage in the oven (mg KOH/oil)

شکل ۱- اندیس اسیدی (میلی گرم پتاس بر روغن) نمونه‌های روغن سویا حاوی مقادیر ۱۰-۵۰ درصد روغن شترمرغ طی ۷ روز نگهداری در آون ۶۰ درجه سانتیگراد

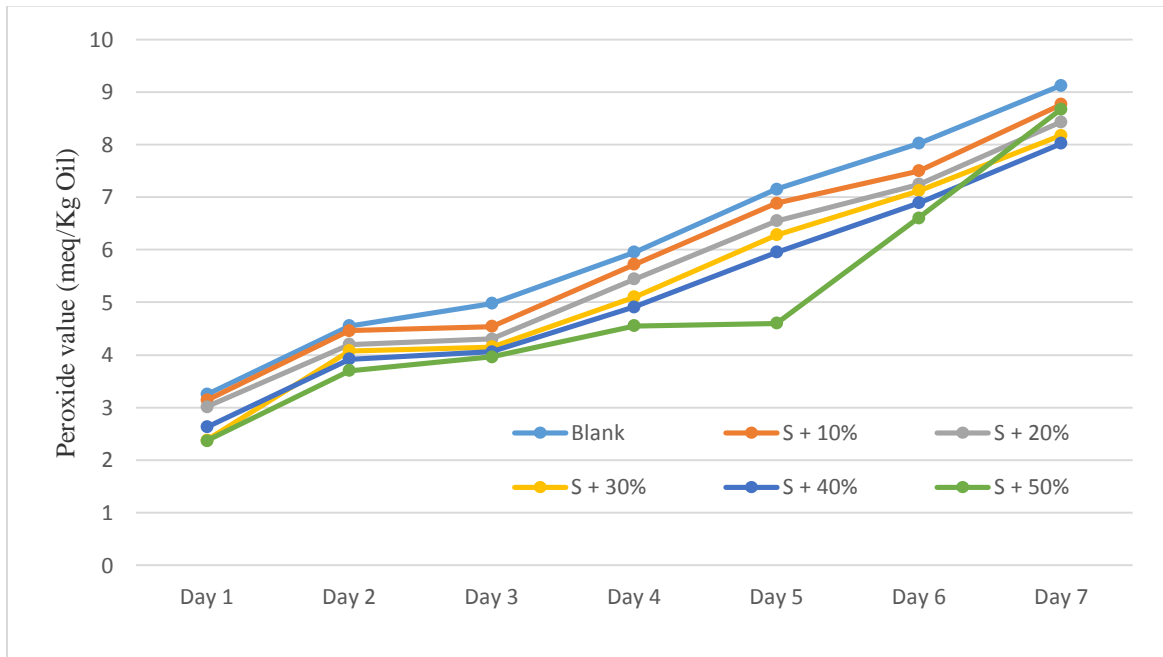


Figure 2 - Peroxide value of soybean oils containing 10-50% of ostrich fat, during 7 days storage in the oven (meq/Kg oil)

شکل ۲- اندیس پراکسید (میلی اکی والان بر کیلوگرم روغن) نمونه‌های روغن سویا حاوی مقادیر ۱۰-۵۰ درصد روغن شترمرغ طی ۷ روز نگهداری در آون ۶۰ درجه سانتیگراد

بحث

چربی در لاشه شترمرغ در محل‌های ذخیره ای خاصی از جمله در ناحیه شکمی، زیر بخش جناغ سینه و بین عضلات قرار دارد ولی چربی بین ماهیچه‌ای و داخل سلولی آن محدود می‌باشد. Dehghani Shkezari و همکاران (۲۰۲۲) در نتیجه تحقیقات خود در مورد مقایسه بازده استخراج روغن از چربی موجود در سه ناحیه بدن شترمرغ عنوان نمودند که بیشترین بازده استخراج مربوط به ناحیه شکمی شترمرغ می‌باشد. لذا در این تحقیق نیز، به دلیل بازده استخراج روغن بیشتر و صرفه اقتصادی بالاتر، از روغن بخش شکمی جهت بررسی تاثیر روغن شترمرغ بر پایداری روغن سویا استفاده گردید.

در مطالعه انجام شده توسط Selez و Franken (۱۹۹۹)، چربی شتر مرغ پس از ۱۷ ساعت حرارت دهی در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد در یک محفظه بسته در یک آون با جریان هوای گرم استخراج و میزان استخراج از بخش‌های شکمی و جلوی سینه به ترتیب ۶۷ و ۴۱ درصد گزارش شد.

عمده‌ترین ترکیب روغن حاصل از بافت ذخیره‌ای شترمرغ، تری‌گلیسیریدها می‌باشند (Gavanji et al., 2013). براساس نتایج حاصله، اسید اولئیک (۳۰/۹۱ درصد) اسید چرب غالب در روغن شترمرغ مورد بررسی بوده و پس از آن به ترتیب اسیدهای چرب پالمیتیک (۲۵/۰۵ درصد) و لینولئیک (۲۱/۹۳ درصد) قرار داشتند. در بررسی ترکیب اسیدهای چرب روغن شترمرغ به روش کروماتوگرافی گازی و ارزیابی کیفیت روغن شترمرغ به منظور استفاده در فرآورده‌های آرایشی و غذایی، نتایج مشابهی بدست آمد (Belichovska et al., 2015; Haji Mahmoudi et al., 2013; Delvi Isfahan & Daraei Garmakhani, 2011).

وجود مقادیر بالای اسیدهای چرب چندغیراشباع (PUFA) در روغن شترمرغ می‌تواند به عنوان یک منبع مناسب اسیدهای چرب ضروری در غذای انسان در نظر گرفته شود (Horbańczuk et al., 2004).

Belichovska و همکاران در سال (۲۰۱۵) گزارش نمودند که در روغن شترمرغ میزان اسیدهای چرب اشباع (SFA) ۳۴/۷۵ درصد، میزان اسیدهای چرب تک غیراشباع (MUFA) ۳۸/۳۷ درصد، میزان اسیدهای چرب

چندغیر اشباع (PUFA) ۲۶/۸۸ درصد و نسبت اسیدهای چرب چند غیراشباع به اشباع ۰/۷۷ می‌باشد. بین سن و رژیم غذایی شترمرغ‌ها و ترکیب اسیدهای چرب موجود در چربی همبستگی وجود دارد (Horbańczuk et al., 2003). در صورت تغذیه شترمرغ با رژیم غذایی غنی از چربی‌های غیراشباع (روغن سویا)، روغن تولیدی در مقایسه با شترمرغ‌های تغذیه شده با رژیم غذایی غنی از چربی‌های اشباع، غیراشباعیت بیشتری خواهند داشت (Gavanji et al., 2013).

در سالیان اخیر، محققان بر نقش بالقوه آنتی‌اکسیدان‌های رژیمی در ارتقاء سلامت و کاهش خطر بیماری قلبی، سرطان و سایر بیماری‌های مرتبط با افزایش سن تمرکز نموده‌اند. آنتی‌اکسیدان‌های خارجی می‌توانند سبب افزایش ماندگاری و اطمینان از کیفیت فرآورده شوند. تحقیقات متعدد نشان داده‌اند که سرعت اکسیداسیون چربی را می‌توان از طریق استفاده از آنتی‌اکسیدان‌ها کنترل نمود. برخی ویتامین‌ها، بویژه ویتامین A به فرم بتاکاروتن، ویتامین C به فرم اسید آسکوربیک و ویتامین E به فرم توکول‌ها، به طور مستقل به عنوان آنتی‌اکسیدان‌های رژیمی طبیعی فعال عمل می‌کنند (Abou-Arab and Abu-Salem, 2010). توکوفرول‌ها به عنوان یکی از اجزاء مواد غیر صابونی شونده روغن‌های خوراکی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی دارند. این ضد اکسند‌های طبیعی موجب غیر فعال شدن رادیکال‌های آزاد می‌شوند. فعالیت توکوفرول‌ها به عنوان آنتی‌اکسیدان به وسیله به دام انداختن هیدروپرواکسیدهای حد واسط و در نتیجه کند کردن زنجیره اتواکسیداسیون می‌باشد. آلفا توکوفرول اثر سلامتی بخش و تغذیه‌ای برای انسان داشته درحالی که گاما توکوفرول دارای فعالیت زیاد حفاظت کنندگی در ترکیبات روغن مثل اسیدهای چرب است (Mirzaei Rudaki & Sahari, 2013). وجود ویتامین E در نمونه روغن می‌تواند باعث افزایش پایداری نمونه شده و خواص آنتی‌اکسیدانی مطلوبی را به روغن بدهد اگر چه میزان آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی در روغن‌های حیوانی در مقایسه با روغن‌های گیاهی از مقادیر کمتری برخوردار می‌باشد. میزان آلفا توکوفرول در روغن گاو، مرغ، ماهی به ترتیب برابر با ۶، ۴ و ۹ میلی گرم در کیلوگرم و میزان ویتامین E شترمرغ تقریباً با نمونه مرغ برابر گزارش شده است

می‌نماید. علت کاهش اندیس اسیدی با افزایش میزان روغن شتر مرغ در روغن سویا می‌تواند به علت ترکیبات توکوفرولی یا ترکیب اسیدهای چرب موجود در روغن شتر مرغ باشد (Basuny et al., 2011).

استاندارد کدکس، بیشینه اندیس اسیدی در روغن‌های خوراکی تصفیه شده را 0.6 (mg KOH/g Oil) و در روغن‌های بکر و پرس سرد به جز روغن هسته پالم خام و روغن پالم بکر 4 (mg KOH/g Oil) تعیین نموده است (Anon, 2023).

بررسی اندیس پراکسید به‌عنوان شاخص حضور محصولات اولیه اکسیداسیون برای تضمین پایداری اکسیداتیو روغن از کاربرد ویژه‌ای برخوردار است. بنابراین هر چه اندیس پراکسید کمتر باشد، کیفیت روغن بهتر است. علت کاهش اندیس پراکسید با افزایش میزان روغن شتر مرغ می‌تواند خاصیت آنتی‌اکسیدانی روغن شتر مرغ به علت دارا بودن ترکیبات فنولی و آلفا توکوفرول باشد (Basuny et al., 2011). استاندارد کدکس اندیس پراکسید را برای تمام روغن‌های تصفیه شده حداکثر 10 میلی‌اکی‌والان اکسیژن بر کیلوگرم روغن و برای روغن‌های بکر و پرس سرد حداکثر 15 میلی‌اکی‌والان اکسیژن بر کیلوگرم روغن تعیین نموده است (Anon, 2023). با توجه به نتایج به دست آمده تمامی روغن‌های سویا حاوی روغن شتر مرغ و نمونه شاهد در محدوده مجاز اعلام شده قرار داشتند. در تأیید نتایج فوق، Basuny و همکاران (۲۰۱۱)، بیان داشتند که مخلوط کردن اولئین شتر مرغ با روغن آفتابگردان مقدار پراکسید روغن آفتابگردان را در طی فرایند سرخ کردن کاهش داده و از این رو پایداری روغن آفتابگردان را هنگام سرخ کردن افزایش می‌دهد.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج این مطالعه، پایداری اکسایشی روغن سویا با افزودن روغن استخراج شده از بخش شکمی شتر مرغ به طور معنی‌داری افزایش یافت و افزایش پایداری متناسب با درصد روغن شتر مرغ اضافه شده بود به نحوی که نمونه روغن سویا حاوی 50 درصد روغن شتر مرغ، نتایج بهتری را نشان داد. روغن مخلوط شتر مرغ و سویا حتی بدون افزودن آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی، به واسطه ترکیبات منحصر به فرد آنتی‌اکسیدانی و همچنین ترکیب اسید چرب مناسب،

(Kheiri et al., 2014). در ارزیابی کیفیت روغن شتر مرغ به منظور استفاده در فرآورده‌های آرایشی و غذایی و بررسی کیفیت و خواص فیزیکوشیمیایی روغن شتر مرغ (Kheiri et al., 2014)، مقدار توکوفرول موجود در چربی شتر مرغ را $3/5$ میلی‌گرم در کیلوگرم روغن به دست آوردند.

محققان عنوان نمودند که محتوی ویتامین‌های محلول در چربی در بافت چربی شتر مرغ سنتز نمی‌شوند بلکه از طریق تغذیه آنها با روغن‌های خوراکی به روغن راه می‌یابند، بنابراین محتوی این ویتامین‌ها به کیفیت تغذیه بستگی دارد (Al-Baidhani and Al-Mossawi, 2019).

پایداری روغن در دماهای بالا در برابر اکسیداسیون اهمیت زیادی دارد. پایداری روغن‌ها به ترکیب اسیدهای چرب آنها به ویژه درصد اسیدلینولیک و اسید لینولئیک بستگی دارد. به خاطر مقدار کم اسید لینولئیک، اثر کاهندگی آن بر پایداری، تحت تاثیر اسیدهای چربی که مقدار آنها غالب است (مثل اسید اولئیک) قرار می‌گیرد. در تعیین پایداری یک روغن نمی‌توان به وجود فقط یک نوع اسید چرب استناد کرد (به عنوان مثال اسید لینولئیک) و باید مجموع ترکیب کامل اسیدهای چرب را در نظر گرفت (Mohammadi et al., 2007).

اطلاعات علمی در مورد روغن شتر مرغ و فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی آن محدود می‌باشد. براساس نتایج ارزیابی DPPH، روغن شتر مرغ دارای $IC_{50} = 16.6 \text{ mgml}^{-1}$ می‌باشد (Bennett et al., 2008). اشاره شده است که فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی روغن شتر مرغ ممکن است در نتیجه اسیدهای چرب، ویتامین‌ها و اسیدهای آمینه آن باشد. در بخش غیر تری‌گلیسیریدی روغن شتر مرغ، مقادیر مختلفی از کاروتنوئیدها، پلی‌فنل‌ها، توکوفرول و فلاون‌ها وجود دارد که در ایجاد ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی و خواص درمانی این روغن موثر هستند (Gavanji et al., 2013).

در اثر فساد یا تند شدن هیدرولیتیک، اتصال استری مولکول تری‌اسیل‌گلیسرول شکسته شده و اسیدهای چرب آزاد می‌شوند و عطر و طعم نامطبوع ایجاد می‌گردد. مقدار اسیدهای چرب آزاد شاخص مهم کیفی روغن‌ها در طول مرحله ذخیره‌سازی و فرآوری روغن‌ها می‌باشد (Amirsardari et al., 2018). اندیس اسیدی مبین میزان اسیدهای چرب آزاد چربی‌ها و روغن‌ها و مقدار هیدروکسید پتاسیم لازم برای خنثی کردن را مشخص

Bennett, D. C., Code, W. E., Godin, D. V. & Cheng, K. M. (2008). Comparison of the antioxidant properties of emu oil with other avian oils. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48(10), 1345–1350.

Dehghani Shkezari, N., Gharachorloo, M. & Ghasemi Afshar, P. (2022). Physical and chemical properties of oils extracted from fat tissues of ostrich (Canadian black neck breed). *Journal of Food Research*, 32(2), 43-57.

Delvi Isfahan, M. & Daraei Garmakhani, A. (2011). Qualitative Evaluation of ostrich oil for use in cosmetic and food products. *Journal of Food Research*, 21 (4), 445-434.

Gavanji, Sh., Larki, B. & Taraghian, A. H. (2013). A review of Application of Ostrich oil in Pharmacy and Diseases treatment. *Journal of Novel Applied Sciences*, 2 (11), 650-654.

Hoffman, L.C., Brand, M.M., Cloete, S.W.P., Muller, M. (2012). The fatty acid composition of muscles and fat depots of ostriches as influenced by genotype. *South African Journal of Animal Science*, 42, 256-265. <http://dx.doi.org/10.4314/sajas.v42i3.7>

Horbańczuk, J.O., Cooper, R.G., Józwick, A., Klewicz, J., Krzyżewski, J., Malecki, I., Chyliński, W., Wójcik, A. & Kawka, M. (2003). Cholesterol content and fatty acid composition of fat from culled breeding ostriches (*Struthio camelus*). *Animal Science Paper and Reports*, 21, 271-275.

Hraš, A.R., Hadolin, M., Knez, Z. & Bauman, D. (2000). Comparison of antioxidative and synergistic effects of rosemary extract with α -tocopherol, ascorbyl palmitate and citric acid in sunflower oil. *Food chemistry*, 71 (2), 229-233.

Haji Mahmoudi, M., Zamani Mazdeh, F., Torabi, P., Moradi Khatunabadi, J. & Shams Ardakani, M.R. (2013). Investigation of ostrich oil fatty acid profile by gas chromatography. *Twenty-first National Congress of Food Science and Technology*. Shiraz University.

Horbańczuk, J.O., Malecki, I., Cooper, R.G., Józwick, A., Klewicz, J., Krzyżewski, J., Khalifa, H., Chyliński, W., Wójcik, A. & Kawka, M. (2004). Cholesterol content and fatty acid composition of two fat depots from slaughter ostriches (*Struthio camelus*) aged 14 months. *Animal Science Paper and Reports*, 22, 247-251.

Iqbal, S., Haleem, S., Akhtar, M., Zia-ul-Haq, M. & Akbar, J. (2008). Efficiency of pomegranate peel extracts in stabilization of

پایداری قابل قبولی را حداقل جهت استفاده به عنوان روغن پخت و پز دارا می‌باشد. از طرفی نمی‌توان از اثرات مثبت تغذیه‌ای و سلامت بخش روغن مخلوط فرموله شده حاوی اسیدهای چرب امگا ۶ و امگا ۹ چشم پوشی کرد. لذا با توجه به محتوای اسیدهای چرب غیراشباع و میزان کم کلسترول که روغن شترمرغ را از سایر روغن‌های حیوانی متمایز می‌نماید و همچنین وجود ترکیبات توکوفرولی و قیمت مناسب می‌تواند در صنعت غذا و به صورت مخلوط با سایر روغن‌های گیاهی استفاده شود.

منابع

Abou-Arab, E. A. & Abu-Salem, F. M. (2010). Effect of natural antioxidants on the stability of ostrich meat during storage. *GRASAS Y ACEITES*, 61 (1), 102-108. <https://doi.org/10.3989/gya.042909>

Amirsardari, A., Asadollahi, S. & Ishaqi, M. R. (2018). Investigation of physicochemical properties and oxidative stability of palm-free frying oil in comparison with palm-containing frying oil. *Journal of Food Science and Technology*, 80(15), 255-245.

Anon. (2023). Codex Alimentarius Commission. Standard for named vegetable oils. CXS 210-1999

AOAC. (2000). Official Methods of Analysis. 17th Edition, The Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, USA.

Belichovska, D., Hajrulai-Musliu, Z., Uzunov, R., Belichovska, K. & Arapcheska, M. (2015). Fatty acid composition of ostrich (*Struthio Camelus*) abdominal adipose tissue. *Macedonian Veterinary Review*, 38 (1), 7. <https://doi.org/10.14432/j.macvetrev.2014.11.028>

Basuny, A. M. M., Arafat, Sh. M. & Nasef, Sh. L. (2011). Utilization of ostrich oil in foods. *International Research Journal of Biochemistry and Bioinformatics*, 2 (8), 199-208.

Basuny, A. M. M., Arafat, Sh. M. & Soliman, H. M. (2017). Biological Evaluation of 19-Ostrich Oil and Its Using for Production of Biscuit. *Egypt Journal Chemistry*, 60 (6), 1091-1099.

<https://doi.org/10.21608/ejchem.2017.1295.1078>

sunflower oil under accelerated conditions. *Food Research International*, 41, 194–200.

Kheiri, F., Derakhshnam, M. & Azizkhani, S. (2014). Qualitative investigation and physicochemical properties of ostrich oil. National Conference on New Sciences and Technologies in Food Industry. Islamic Azad University, Torbat Heydaria Branch.

Matsushita, S. & Terao, J. (1980). Singlet oxygen-initiated photooxidation of unsaturated fatty acid esters and inhibitory effects of tocopherols and α -carotene. In: *Autoxidation in Food and Biological Systems*; Simic, M., Karel, M., eds, Plenum Press: New York, pp. 27-44.

Mirrezaie Roodaki, M. S., Sahari, M. A., Ghiassi Tarzi, B., Barzegar, M. &

Gharachorloo, M. (2016). Effect of refining and thermal processes on olive oil properties. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 18, 629-641.

Mirzaei Roodaki, M. & Sahari, M.A. (2013). Investigation of oxidative stability of olive oil. *Journal of Food Science and Technology*, 39(10), 75-61.

Mohammadi, T., Azizi, M. H. & Taslimi, A. (2007). Investigation of the relationship between fatty acid composition and oil stability in a mixture of sunflower and canola oils. *Journal of Food Science and Technology*, 4(2), 76-67. <http://fsct.modares.ac.ir/article-7-3556-en.html>

Sales, J. & Franken, L.R. (1999). Ostrich fat. *Austr. Ostrich Association Journal*, 39–45.

فیلم کامپوزیت آلزینات سدیم - کیتوزان جهت بسته‌بندی فیله مرغ: بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و میکروبی آن

میلاذ رنجبر^a، محمد حسین عزیزی تبریززاد^{b*}، غلامحسین اسدی^c، حامد اهری^d

^a دانشجوی دکتری گروه علوم و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

^b استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

^c استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

^d استاد گروه علوم و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۰۶/۱۸

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۰۵/۱۸

چکیده

مقدمه: امروزه تأثیرات مخرب محیطی ناشی از تجمع مواد پلاستیکی حاصل از بسته‌بندی مواد غذایی به عنوان یکی از مهم‌ترین نگرانی‌های جهان به شمار می‌رود. بسته‌بندی‌های زیست تخریب پذیر بر پایه فیلم‌های خوراکی به دلیل استفاده از مواد طبیعی و عدم ایجاد آلودگی‌های زیست محیطی از اهمیت خاصی برخوردار هستند. کیتوزان نوعی پلیمر طبیعی است که به سبب ویژگی‌های فراوان مانند خاصیت ضد میکروبی بودن، می‌تواند در ترکیب فیلم بسته‌بندی نقش مهمی ایفا کند. آلزینات سدیم ترکیب صمغی چسبناکی است که به دلیل ویژگی‌های امولسیفایری در صنعت غذا کاربرد فراوان دارد. هدف از این پژوهش بررسی ویژگی‌های فیلم خوراکی تولیدی و سپس استفاده از آن در بسته‌بندی فیله مرغ و بررسی خواص فیزیکوشیمیایی و میکروبی فیله مرغ بسته‌بندی شده جهت انتخاب نمونه مناسب می‌باشد.

مواد و روش‌ها: نمونه‌های فیلم در ۵ سطح حاوی آلزینات سدیم (A) و کیتوزان (Ch) به صورت تیمار ۱ (آلزینات ۱۰۰٪)، تیمار ۲ (آلزینات ۷۵٪ - کیتوزان ۲۵٪)، تیمار ۳ (آلزینات ۵۰٪ - کیتوزان ۵۰٪)، تیمار ۴ (آلزینات ۲۵٪ - کیتوزان ۷۵٪)، تیمار ۵ (کیتوزان ۱۰۰٪) دسته‌بندی شدند. آزمون‌های انجام شده شامل: آزمون‌های فیلم (حلالیت، نفوذ پذیری نسبت به بخار آب، ضخامت) و آزمون‌های گوشت فیله مرغ (ازت فرار، تیوباریتوریک اسید، پراکسید، آزمون‌های میکروبی و ارزیابی حسی) بودند.

یافته‌ها: در بررسی خواص آلزینات سدیم و کیتوزان در ترکیب فیلم خوراکی، افزایش درصد آلزینات سبب افزایش حلالیت (بیشترین مقدار ۴۷٫۶۴٪) و نفوذپذیری نسبت به بخار آب (بیشترین مقدار $4,48 \text{ g} \cdot \text{mm} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-1}$) شد و از طرف دیگر براساس نتایج بررسی‌های خواص فیزیکوشیمیایی و میکروبی فیله مرغ بسته‌بندی شده، مشخص گردید که طی مدت زمان نگهداری کمترین شاخص پراکسید ($0,64 - 1,80 \text{ meq/kg}$)، ازته فرار ($2,3 - 0,6/69 \text{ cfu/ml}$)، میزان تیوبارکوییک اسید ($4,75 - 0,023 \text{ mol DA/Kg}$)، شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها ($2,3 - 0,6/69 \text{ cfu/ml}$)، شمارش باکتری سرمادوست ($4,4 - 11,90 \text{ cfu/ml}$)، باکتری اسید لاکتیک ($2,3 - 55,11 \text{ cfu/ml}$) در نمونه بسته‌بندی شده با کیتوزان ۱۰۰٪ مشاهده گردید. همچنین براساس ارزیابی حسی (بو، طعم و پذیرش کلی)، نمونه حاوی ۱۰۰٪ آلزینات امتیاز بالاتری در بین پانالیست‌ها کسب کرد.

نتیجه گیری: استفاده از کامپوزیت آلزینات سدیم و کیتوزان در فیلم خوراکی جهت بسته‌بندی ماده غذایی مانند گوشت فیله مرغ می‌تواند مدت زمان ماندگاری مواد غذایی را بالا ببرد؛ ولی با توجه به تمامی نتایج حاصله نمونه فیلم خوراکی ۱۰۰٪ کیتوزان از لحاظ ارزیابی خواص فیلم تولیدی بهتر از نمونه‌های حاوی آلزینات بود و همچنین با بررسی خواص شیمیایی، میکروبی و حسی نمونه مرغ بسته‌بندی شده با فیلم خوراکی ۱۰۰٪ کیتوزان مطلوب تر از سایر نمونه‌ها بود لذا می‌توان به عنوان ماده بسته‌بندی جدید معرفی و استفاده گردد.

واژه‌های کلیدی: آلزینات سدیم، فیلم خوراکی، فیله مرغ، کامپوزیت، کیتوزان

مقدمه

تأثیرات مخرب محیطی ناشی از تجمع مواد پلاستیکی به عنوان یکی از مهم ترین نگرانی‌ها در جهان امروز به شمار می‌رود. حجم قابل توجهی از این زباله‌ها مربوط به پلیمرهای سنتزی مورد استفاده در بسته‌بندی مواد غذایی می‌باشند. در این راستا متخصصان و فعالان صنعت بسته‌بندی مواد غذایی به دنبال یافتن راه‌حلی برای جایگزینی پلیمرهای سنتزی هستند (Paidari et al., 2021). بسته‌بندی‌های فعال نه تنها ماده غذایی را در برابر عوامل محیطی حفظ می‌کنند، بلکه با جلوگیری و تأخیر در فساد میکروبی و شیمیایی، ماندگاری محصول را افزایش می‌دهند. فیلم‌های خوراکی تجزیه‌پذیر یکی از پیشرفت‌های مورد توجه در زیر مجموعه بسته‌بندی فعال هستند. از جمله کاربردهای مورد توجه این بسته‌بندی در صنعت مواد غذایی، جلوگیری از بروز یا کنترل واکنش‌هایی است که در داخل بسته‌بندی اتفاق می‌افتد. استفاده از بسته‌بندی‌های زیست سازگار بر پایه فیلم‌های خوراکی به دلیل دارا بودن قابلیت تجدید پذیری، استفاده از مواد طبیعی و عدم ایجاد آلودگی‌های زیست محیطی از اهمیت خاصی برخوردار است. قابلیت چنین فیلم‌هایی به عنوان حامل آنتی‌اکسیدانی و عوامل ضد میکروبی و نیز سایر عوامل فعال به منظور کنترل عوامل بیماری‌زا، بهبود کیفیت، افزایش مدت ماندگاری و نیز بهبود خصوصیات ارگانولپتیکی ماده غذایی کاربردهای بسیاری را برای آن‌ها در صنایع بسته‌بندی مواد غذایی مهیا نموده است (Chhikara & Kumar, 2021). در تعریفی فیلم‌های خوراکی لایه‌ای نازک از مواد بیوپلیمری با ضخامت کمتر از ۲۵۰ میکرومتر هستند. این پوشش‌ها در سطح یا بین اجزای مواد غذایی قرار گرفته و به عنوان سدی در برابر انتقال مواد (رطوبت، چربی و گازها) عمل می‌کنند. فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی سیستم‌های امیدوار کننده‌ای برای بهبود کیفیت غذا، ماندگاری، ایمنی و عملکرد هستند. آنها می‌توانند به عنوان مواد بسته‌بندی فردی، مواد پوشش مواد غذایی، مواد فعال کننده و برای جدا کردن محتویات مواد ناهمگن درون غذاها استفاده شوند. کارایی و ویژگی‌های عملکردی فیلم‌های خوراکی بسیار وابسته به ویژگی‌های ذاتی مواد تشکیل دهنده فیلم یعنی بیوپلیمرها (مانند پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها و لیپیدها)، نرم کننده‌ها و

فیلم کامپوزیت آلزینات سدیم - کیتوزان جهت بسته‌بندی فیله مرغ

سایر مواد افزودنی است. فیلم‌های خوراکی به طور کلی به عنوان لایه نازک مستقل از مواد تعریف می‌شوند (Beikzadeh et al., 2020). پلیمرها با منشأ طبیعی مانند کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها بهترین مواد در ساخت فیلم‌های خوراکی می‌باشند، چرا که کاملاً زیست تخریب پذیر می‌باشند و همچنین می‌توانند مانند مکملی در افزایش ارزش غذایی برخی از غذاها موثر باشند. با این حال، حلالیت زیاد در آب و نفوذپذیری فراوان در برابر بخار آب و مقاومت مکانیکی کم، استفاده از این پلیمرها را محدود نموده است. مطالعات متعددی به منظور بهبود ویژگی این فیلم‌ها از طریق ساخت فیلم‌های چند لایه و کامپوزیتی و یا ایجاد اتصال عرضی بین اجزای سازنده فیلم به طریق فیزیکی و شیمیایی صورت گرفته است. از آن جا که کیتوزان سازگار با محیط زیست و تاحدودی خاصیت ضد میکروبی دارد، اغلب به عنوان ماده خام برای آماده سازی فیلم‌های کامپوزیتی استفاده می‌گردد (Yuan et al., 2022). کیتوزان یک پلیمر داستیله شده طبیعی پلی کاتیونی است که از واحدهای N-استیل D-گلوکز آمین تشکیل شده است. کیتوزان در وزن‌های مولکولی مختلف وجود دارد و دارای ویژگی‌های جالب توجهی است که به موجب آن می‌تواند کاربردهای زیادی در صنعت غذا و دارو داشته باشد. ذرات کیتوزان می‌توانند به صورت میکروکپسول، میکروسفر و نانو ذرات تولید شوند. کیتوزان از طریق گروه‌های آمین خود در واکنش‌های شیمیایی مختلف شرکت می‌کند. از میان روش‌های تولید نانو ذرات کیتوزان، روش Ionic gelation به علت ساده بودن، عدم استفاده از حلال آلی و حرارت بالا بیشتر استفاده می‌شود. این روش بر پایه میان کنش الکترواستاتیک بین گروه‌های آمین آزاد کیتوزان و گروه‌های پلی آنیون مثل تری پلی فسفات است و باعث تشکیل هیدروژلی از میکرو ذرات یا نانو ذرات می‌شود که می‌توانند برای انکپسوله شدن و یا رهایش کنترل شده مواد موثره و سایر ترکیبات مختلف استفاده گردد (Chen et al., 2023). آلزینات پلی ساکارید استحصالی دیواره سلولی جلبک قهوه ای *phaeophyceae* است و به شکل نمک‌های آلزینات سدیم، پتاسیم و کلسیم در صنایع غذایی کاربرد دارند. آلزینات سدیم ترکیب صمغی چسبناک متشکل از واحدهای بتا-دی-مانورونیک

اسید^۱ و آلفا-ال-گلوکورونیک اسید^۲ می‌باشد و به دلیل ویژگی‌های امولسیفابری، پایدارکنندگی، تغلیظ‌کنندگی، ژل‌سازی در حضور کاتیون‌های چند ظرفیتی، کشسانی و تشکیل فیلم‌های خوراکی نگهدارنده در صنعت غذا کاربرد فراوان دارد. قرار گرفتن فیلم آلزینات اطراف ماده غذایی موجب حفظ ظرفیت نگهداری آب و محافظت آن ماده در برابر فساد میکروبی و اکسیداسیون می‌گردد (Pavli et al., 2019). در طول دهه‌های اخیر، تقاضا برای گوشت مرغ به دلیل قیمت پایین‌تر نسبت به گوشت قرمز افزایش یافته است. گوشت مرغ همچنین دارای کیفیت تغذیه‌ای بالا و ویژگی‌های حسی و بافتی مطلوب می‌باشد، ولی این نوع گوشت بیشتر مستعد فساد میکروبی می‌باشد. گوشت مرغ از جمله مواد غذایی فسادپذیر است که در معرض تجزیه شیمیایی و فساد میکروبی قرار می‌گیرد و برای سلامت انسان خطرناک می‌باشد. در اثر فعالیت میکروب‌ها و آنزیم‌های طبیعی گوشت و یا آنزیم‌های که از باکتری‌ها ترشح می‌شوند، تغییرات مختلفی در ساختار گوشت حاصل می‌شود. از جمله این تغییرات تجزیه و شکسته شدن ساختمان پروتئینی گوشت و آزاد شدن نیتروژن فرار و آمونیاک از گوشت می‌باشد. از طرف دیگر رادیکال‌های آزاد تولیدی در طول نگهداری مواد غذایی باعث پراکسیداسیون لیپیدی، نابودی مواد غذایی و زمینه را برای رشد میکروارگانیسم‌ها فراهم می‌کند (Wessels et al., 2021). هدف از این پژوهش بررسی ویژگی‌های کیفی فیلم کامپوزیت آلزینات سدیم - کیتوزان جهت بسته‌بندی فیله مرغ می‌باشد.

مواد و روش‌ها

- مواد اولیه مورد استفاده

به منظور انجام آزمایشات این پژوهش کلیه مواد لازم مانند: آلزینات با جرم مولکولی ۲۱۶,۱۲ گرم بر مول، کیتوزان با وزن مولکولی متوسط و درصد خلوص ۹۹٪ و درجه دی‌اسیتیلاسیون ۷۰٪، گلیسرول، اسید بوریک، معرف متیل، اسید سولفوریک ۰/۱ نرمال، استیک اسید، کلروفرم، متانول، محیط‌های کشت میکروبی و ... از شرکت مرک آلمان تهیه شدند.

- تهیه فیلم کامپوزیت آلزینات سدیم - کیتوزان
به منظور تهیه فیلم خوراکی حاوی آلزینات سدیم - کیتوزان، ابتدا محلول آلزینات سدیم ۰/۵ wt % به وسیله هم‌زدن آلزینات سدیم در آب مقطر به مدت یک ساعت در دمای محیط و یک ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد تهیه گردید. محلول کیتوزان (با وزن مولکولی ۳۱۰-۱۹۰ کیلو دالتون) ۲ wt % نیز با انحلال ۲ گرم پودر کیتوزان در ۱۰۰ ml محلول اسید استیک (۱ v/v)، به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد و با سرعت ۱۲۰۰ دور در دقیقه تهیه گردید. در مرحله بعد، محلول‌های فیلم به صورت وزنی/ وزنی با نسبت‌های آلزینات: کیتوزان به ترتیب تیمار ۱ (آلزینات ۱۰۰٪)، تیمار ۲ (آلزینات ۷۵٪- کیتوزان ۲۵٪)، تیمار ۳ (آلزینات ۵۰٪- کیتوزان ۵۰٪)، تیمار ۴ (آلزینات ۲۵٪- کیتوزان ۷۵٪)، تیمار ۵ (کیتوزان ۱۰۰٪) تهیه و سپس دو محلول حاصل توسط هم‌زنایزر به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۱۱۰۰۰ هم‌زن شدند و به مدت ۱ ساعت در دمای محیط با هم‌زن مغناطیسی هم‌زده شدند. گلیسرول به میزان ۵۰ درصد وزن پلیمر به محلول اضافه و به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد هم‌زده شد. محلول حاصل با استفاده از پارچه تنظیف فیلتر شد و بعد از آن محلول به وسیله دستگاه تحت خلاء هواگیری شده و روی پلیت‌ها ریخته شدند و در انکوباتور با دمای ۴۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند. بعد از این مدت زمان فیلم‌ها از روی پلیت جدا شده و آزمون‌های فیزیکوشیمیایی روی آن‌ها انجام گرفت. تمامی این مراحل با کمی تغییرات در قسمت تهیه محلول آلزینات و مدت زمان هم‌زنی دو پلیمر مورد استفاده در این تحقیق جهت تهیه محلول آلزینات و محلول کیتوزان صورت گرفته است. (Banerjee & Ganguly, 2019).

- آزمون‌های فیزیکوشیمیایی فیلم

- اندازه‌گیری میزان حلالیت در آب

برای اندازه‌گیری میزان حلالیت نمونه‌های فیلم در آب، ابتدا قطعات ۳×۲ سانتی‌متری از فیلم بریده شده و در آن با دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت به منظور رسیدن به یک وزن ثابت قرار داده شدند. پس از آن فیلم‌های خشک شده در ۵۰ میلی لیتر آب مقطر غوطه‌ور و

¹ β -(1→4)-linked D-mannuronic acid

² α -(1→4)-linked L-glucuronic acid

فیلم کامپوزیت آلزینات سدیم - کیتوزان جهت بسته‌بندی فیله مرغ

WVP: برابر ضریب نفوذپذیری
 $A: (g \cdot mm \cdot m^{-2} \cdot h^{-1} \cdot Pa^{-1})$: برابر مساحت فیلم، x : برابر ضخامت فیلم و ΔP : برابر اختلاف فشار بخار آب بین سطح درونی و بیرونی فیلم در ویال‌ها ($\Delta P = 3169 \text{ Pa}$) می‌باشد.

- آزمون‌های فیزیکوشیمیایی گوشت مرغ در بسته‌بندی

برای بسته‌بندی، ۵۰ گرم از فیله مرغ (سینه مرغ) در فیلم‌های حاوی درصد‌های مختلف آلزینات - کیتوزان بسته‌بندی و شماره گذاری شدند. پس از طی مدت زمان ماندگاری در دمای یخچال و در روزهای (۰، ۳، ۶، ۹ و ۱۲ روز) آزمون‌ها بر روی آن انجام شدند.

- اندازه‌گیری میزان ازت فرار (TVB-N)

برای اندازه‌گیری میزان ازت فرار، مقدار ۱۰ گرم نمونه به همراه ۲ گرم اکسید منیزیم با افزودن ۵۰۰ میلی لیتر آب مقطر به بالن کلدال متصل شدند و عصاره مورد نظر به محلول متشکل از اسید بوریک ۲ درصد و ۲ - ۱ قطره متیل رد به عنوان شاخص اضافه گردید. محلول زرد رنگ حاصله با اسید سولفوریک تا حاصل شدن رنگ ارغوانی تیره شده و به صورت میلی گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم نمونه گوشت مرغ بیان گردیدند (Wang et al., 2021).

- اندازه‌گیری میزان تیوباریتوریک اسید (TBARS)

به منظور اندازه‌گیری میزان تیوباریتوریک اسید ابتدا ۱ گرم از نمونه در حضور ۵ میلی لیتر محلول آبی ۵ درصد تری‌کلرواستیک اسید و همچنین ۵ میلی لیتر از محلول BHT^۳ در هگزان با غلظت ۰/۸ گرم در ۱۰۰ میلی لیتر همگن گردید. سپس مخلوط حاضر در ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ گردید و پس از دور ریختن لایه بالایی ۲/۵ میلی لیتر از لایه پایینی با ۱/۵ میلی لیتر محلول آبی ۲-تیوباریتوریک اسید با غلظت ۰/۸ گرم در ۱۰۰ میلی لیتر مخلوط گردید و ترکیب حاصل به مدت ۳۰ دقیقه در حمام آب گرم ۳۷ درجه سانتی‌گراد گرمخانه گذاری شد. جذب نوری مخلوط حاصل پس از سرد شدن در طول موج ۵۳۲ نانومتر قرائت شد و عدد تیوباریتوریک اسید بر مبنای میکروگرم مالون دی‌آلدئید در هر کیلوگرم

در حالی که به صورت مقطعی هم زده می‌شوند، در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶ ساعت قرار گرفتند. در نهایت تکه‌های فیلم را به وسیله کاغذ صافی از آب جدا کرده و پس از خشک کردن در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت، توزین شدند. درصد حلالیت از رابطه‌ی زیر محاسبه گردید (Dash et al., 2019).

$$\text{وزن نهایی} - \text{وزن اولیه} \times 100 = \frac{\text{میزان حلالیت}}{\text{وزن اولیه}} (\%)$$

- اندازه‌گیری ضخامت فیلم‌ها

به منظور تعیین ضخامت نمونه‌ها از ریزسنج دیجیتالی (دقت ۰/۰۰۱ میلی متر، Mitutoyo ساخت ژاپن) استفاده شد. اندازه‌گیری‌ها در پنج نقطه از هر نمونه تکرار شدند. میانگین ضخامت محاسبه شده و در تعیین خواص مکانیکی و نفوذ پذیری به بخار آب استفاده گردید (Ngo et al., 2020).

- تعیین میزان نفوذپذیری به بخار آب (WVP)

برای اندازه‌گیری نفوذپذیری نمونه‌های فیلم نسبت به بخار آب^۱ (WVP) از روش Asdagh و همکاران (2021) استفاده شد. برای انجام آزمون از ویال‌هایی با قطر ۲۰ و عمق ۴۵ میلی‌متر استفاده گردید. فیلم‌های بریده شده در قسمت درب ویال‌های حاوی ۳ گرم کلسیم سولفات (RH=٪۰) قرار داده شدند. ویال‌ها پس از توزین اولیه، در دسیکاتور حاوی پتاسیم سولفات (RH= ٪۹۷) جای گرفتند. سپس، مقدار بخار آب منتقل شده از فیلم که توسط کلسیم سولفات جذب شده، از روی وزن اضافه شده بر ویال‌ها تعیین شد. ویال‌ها به مدت ۷۲ ساعت در فواصل زمانی معین توزین شدند. سرعت انتقال بخار آب (WVTR; $g \cdot m^{-2} \cdot h^{-1}$) از روی شیب حاصل از آنالیز رگرسیون مقدار رطوبت منتقل شده در سطح فیلم در مدت زمان معین محاسبه گردید. سپس WVTR^۲ فیلم‌ها برای محاسبه نفوذ پذیری به بخار آب استفاده شدند.

$$WVTR = \frac{\Delta w}{A \Delta t}$$

$$WVP = \frac{WVTR \times x}{\Delta P}$$

¹ Water vapor permeability ² Water vapor transfer rate

³ Butylated Hydroxy Toluene

از نمونه با استفاده از ماده استاندارد ۱ و ۳ و ۳-ترا اتوکسی پروپان محاسبه شد (Nilsuwan *et al.*, 2021).

- اندیس پراکسید

برای اندازه گیری مقدار پراکسید، در ابتدا ۱۰ میلی گرم فیله مرغ چرخ شد با ۵۰ میلی لیتر حلال کلروفورم/ متانول با نسبت ۲ به ۱ حجمی/ حجمی در یک استومیکر به مدت زمان ۲ دقیقه هموژن گردید. محلول حاصل بر روی قیف سپراتور با استفاده از کاغذ واتمن شماره ۱ صاف شد. به منظور جدا شدن بهتر محلول از ۲۰ میلی لیتر محلول ۰/۵ درصد نمک طعام در ادامه استفاده گردید. فاز آبی - متانول دور ریخته شد و فاز کلروفورمی به منظور تبخیر حلال (باقیمانده چربی) به کار برده شد. سپس مقدار ۲۵ میلی لیتر حلال (کلروفورم - اسید استیک به نسبت ۲ به ۳ با چربی به دست آمده مخلوط شد و در ادامه ۱ میلی لیتر محلول اشباع یدید پتاسیم اضافه شد. این مخلوط به مدت ۵ دقیقه در تاریکی نگهداری گردید. در ادامه ۷۵ میلی لیتر آب مقطر و ۰/۵ میلی لیتر معرف چسب نشاسته به این مخلوط اضافه و با استفاده از تیوسولفات پتاسیم ۰/۰۱ نرمال، محلول حاصل تیتر شد. میزان عدد پراکسید نمونه‌ها بر اساس meq peroxide/kg چربی استخراج شده گزارش شد (Bharti *et al.*, 2020).

دسته‌های کمتر از ۶ تایه، در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد برای ۷۲ ساعت گرمخانه گذاری شدند. بعد از پایان مدت گرمخانه گذاری، تمام کلنی‌های موجود در پلیت‌ها در نور ملایم با استفاده از کلی کانتر شمارش گردیدند (Ji *et al.*, 2023).

- کپک و مخمر

برای اندازه گیری میزان کپک و مخمر، در ابتدا تیمارهای فیله مرغ بسته بندی با فیلم خوراکی پس از نگهداری در دمای ۴ درجه سانتیگراد مورد مطالعه قرار گرفتند. در ادامه تحت شرایط استریل و زیر هود آزمایشگاهی لامینار، مقدار ۱۰ گرم از فیله توسط پنس و قیچی استریل از تیمار مورد نظر برداشته و سپس ۹۰ میلی لیتر آب پپتونه ۰/۱ به آن افزوده. کیسه هموژنیزاسیون محتویات به دستگاه استمیکر به مدت ۱ دقیقه، منتقل شد. پس از تهیه رقت‌های مورد نیاز، ۰/۱ میلی لیتر از هر رقت به روش سطحی در محیط کشت دی کلران رزینگال کلرامفنیکل آگار استفاده شد. برای شمارش کپک و مخمر انکوبه گذاری در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد به مدت ۷۲ ساعت انجام گرفت و تعداد میکروارگانیسم‌ها بر حسب لگاریتم CFU در هر گرم محاسبه شد (Hosseini *et al.*, 2021).

- باکتری‌های سرماگرا

برای شمارش باکتری‌های سرماگرا از محیط کشت پلیت کانت آگار استفاده گردید. پلیت‌های کشت شده حاوی ۰/۱ میلی‌لیتر از رقت‌های مورد نظر در دمای ۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ روز نگهداری شدند و پس از گذشت مدت زمان گفته شده باکتری‌ها شمارش شدند (Padhi *et al.*, 2023).

- شمارش باکتری‌های خانواده انتروباکتریاسه

جهت شمارش باکتری‌های خانواده انتروباکتریاسه پس از تهیه رقت‌های متوالی از نمونه‌های اولیه، این رقت‌ها با روش پورپلیت دو لایه در محیط ویولت رد بایل آگار VRBA^۱ کشت شده و ۲۴ ساعت در ۳۷ درجه سانتی‌گراد گرمخانه گذاری شدند و سپس مورد شمارش قرار گرفتند (Katiyo *et al.*, 2020).

- آزمون‌های میکروبی

ابتدا نمونه‌های گوشت مرغ بسته‌بندی شده را در زیر هود میکروبی قرار داده و سپس با استفاده از تیغ اسکالپل و پنس استریل، ۱۰ گرم گوشت جدا کرده و سپس به یک کیسه زیپک استریل که حاوی ۹۰ میلی لیتر محلول پپتون واتر ۰/۱ درصد بود، منتقل و توسط دستگاه استومیکر به مدت ۶۰ ثانیه به خوبی همگن شدند. سپس به کمک محلول پپتون واتر ۰/۱ درصد رقت‌های متوالی تهیه گردید.

- شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها

برای شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها از روش کشت مخلوط و از محیط کشت پلیت کانت آگار استفاده گردید. پلیت‌های آماده شده، پس از بستن محیط کشت به صورت وارونه در

^۱ Violet Red Bile Agar (VRBA)

– باکتری‌های اسید لاکتیک

به منظور اندازه‌گیری میزان باکتری‌های اسید لاکتیک ابتدا تیمارهای فیله مرغ بسته‌بندی با فیلم خوراکی پس از نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد مورد مطالعه قرار گرفتند. در ادامه تحت شرایط استریل و زیر هود آزمایشگاهی لامینار، مقدار ۱۰ گرم از فیله توسط پنس و قیچی استریل از تیمار مورد نظر برداشته و سپس ۹۰ میلی لیتر آب پپتونه ۰/۱ به آن افزوده. کیسه هموژنیزاسیون محتویات به دستگاه استیمیکر به مدت ۱ دقیقه، منتقل شد. پس از تهیه رقت‌های مورد نیاز، ۰/۱ میلی لیتر از هر رقت به روش سطحی در محیط کشت MRS آگار استفاده گردید (Sayadi et al., 2021).

– ارزیابی حسی

ارزیابی حسی بر روی نمونه‌های گوشت فیله مرغ توسط ۲۰ نفر که آموزش و راهنمایی‌های اولیه به آنها داده شده بود انجام پذیرفت. گروه پانل نمونه‌های گوشت مرغ را از لحاظ طعم، بو و پذیرش کلی مورد ارزیابی قرار دادند. نمونه‌ها با مقیاس هدونیک ۵ نقطه‌ای ارزیابی شدند که کمترین امتیاز عدد (۱) و بیشترین امتیاز عدد (۵) بود (Moradi et al., 2020).

یافته‌ها**– آزمون‌های فیزیکیوشیمیایی فیلم**

داده‌های مربوط به آزمون فیزیکیوشیمیایی فیلم با استفاده از آزمون دوطرفه ANOVA با نرم‌افزار SPSS انجام شد. طبق نتایج به دست آمده از آنالیز تجزیه واریانس آزمون فیزیکیوشیمیایی فیلم مشاهده شد که داده‌های حلالیت در آب و همچنین نفوذپذیری در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌داری دارند. بدین معنی است که حداقل داده‌های بین دو دسته از تیمارها دارای اختلاف است. برای بررسی بیشتر نتایج از آزمون مقایسه میانگین دانکن استفاده کردیم. که نتایج به تفصیل در زیر آمده است.

– میزان حلالیت فیلم کامپوزیت آلزینات سدیم - کیتوزان در آب

با توجه به نتایج بدست آمده، بین تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری وجود دارد. با افزایش آلزینات و کاهش مقدار کیتوزان، میزان حلالیت فیلم‌ها به صورت معنی‌داری افزایش پیدا کرد ($p \leq 0.05$) (شکل ۱). بالاترین میزان حلالیت مربوط به فیلم خالص آلزینات و کمترین میزان حلالیت مربوط به فیلم کیتوزان خالص بود.

– میزان ضخامت فیلم کامپوزیت آلزینات سدیم - کیتوزان

با توجه به نتایج بدست آمده در (جدول ۱) بین ضخامت تیمارهای مختلف فیلم کامپوزیت بر پایه آلزینات - کیتوزان تفاوت معنی‌داری وجود ندارد ($p > 0.05$).

– میزان نفوذپذیری به بخار آب (WVP) فیلم کامپوزیت آلزینات سدیم - کیتوزان

طبق نتایج بدست آمده از شکل ۲، با مقایسه میانگین میزان نفوذپذیری به بخار آب (WVP) تیمارهای مختلف فیلم کامپوزیت بر پایه آلزینات سدیم - کیتوزان، تفاوت معنی‌داری وجود دارد. با افزایش آلزینات و کاهش مقدار کیتوزان، میزان نفوذپذیری به بخار آب فیلم‌ها به صورت معنی‌داری افزایش پیدا کرد ($p \leq 0.05$). بالاترین میزان نفوذپذیری به بخار آب مربوط به فیلم خالص آلزینات و کمترین میزان نفوذپذیری به بخار آب مربوط به فیلم کیتوزان خالص بود.

– تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS 16 انجام شد. ابتدا بررسی نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگراف - اسمیرنوف و سپس همگنی واریانس‌ها با استفاده از آزمون لون (Leven) انجام شد. نتایج این آزمون‌ها برای آنالیز آماری داده‌های مربوط به تیمارهای آزمایش (تیمار ۱ (آلزینات ۱۰۰٪)، تیمار ۲ (آلزینات ۷۵٪ - کیتوزان ۲۵٪)، تیمار ۳ (آلزینات ۵۰٪ - کیتوزان ۵۰٪)، تیمار ۴ (آلزینات ۲۵٪ - کیتوزان ۷۵٪)، تیمار ۵ (کیتوزان ۱۰۰٪)) مورد استفاده قرار گرفت. برای تعیین اختلاف بین تیمارها از روش آنالیز واریانس یک طرفه (One way ANOVA) استفاده شد. در مواردی که اثر کلی تیمارها معنی‌دار بود، برای مقایسه میانگین‌ها آزمون دانکن به کار رفت. خطای مجاز برای رد H_0 در تمامی مراحل تجزیه و تحلیل ۵ درصد در نظر گرفته شد. همچنین برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel 2016 استفاده شد.

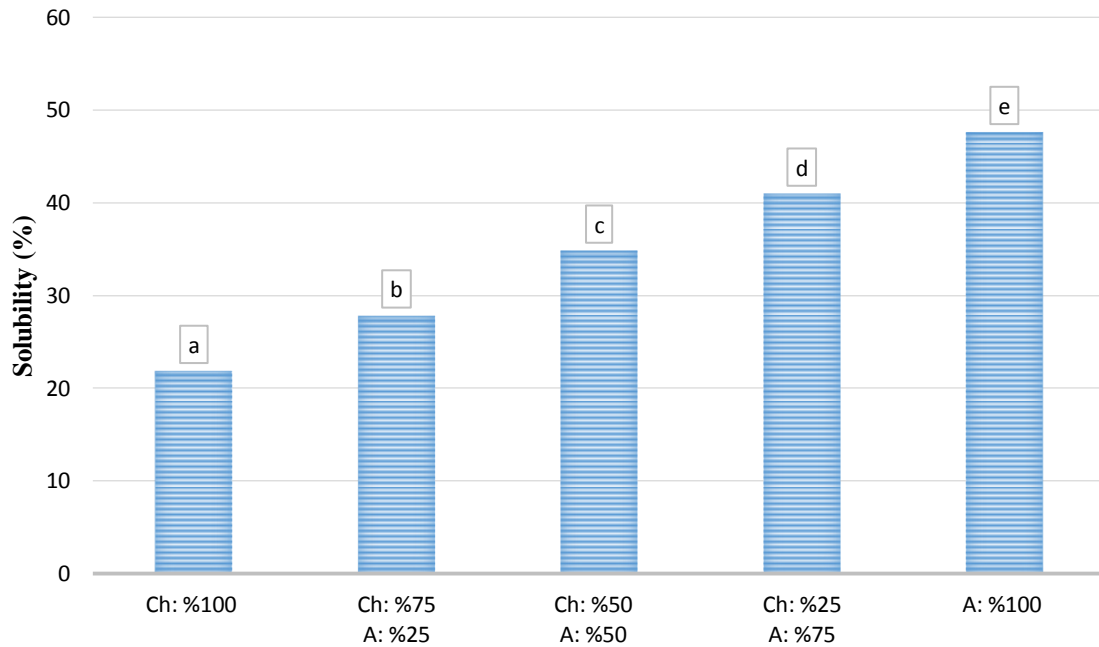


Figure 1- Chart of solubility values in different treatments of composite film containing sodium alginate (A) - chitosan (Ch)
Having the same letters in the same column indicates the absence of a significant difference between the means ($p < 0.05$).

شکل ۱- مقادیر حلالیت در تیمارهای مختلف فیلم کامپوزیت حاوی آلژینات سدیم (A) - کیتوزان (Ch)
داشتن حروف مشابه در یک ستون نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی دار بین میانگین‌ها می‌باشد ($p < 0.05$).

Table 1- Thickness values in different treatments of composite film containing sodium alginate-chitosan
جدول ۱- مقادیر ضخامت در تیمارهای مختلف فیلم کامپوزیت حاوی آلژینات سدیم - کیتوزان

Treatment	Thickness (mm)
Alginate (100%)	0.18 ± 0.00^a
Alginate (75%) - Chitosan (25%)	0.18 ± 0.00^a
Alginate (50%) - Chitosan (50%)	0.18 ± 0.00^a
Alginate (25%) - cHitosan (75%)	0.18 ± 0.00^a
Chitosan (100%)	0.18 ± 0.00^a

Having the same letters in the same column indicates the absence of a significant difference between the means ($p < 0.05$).

داشتن حروف مشابه در یک ستون نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی دار بین میانگین‌ها می‌باشد ($p < 0.05$).

میزان پراکسید فیله مرغ پوشش داده شده با فیلم کامپوزیت آلژینات سدیم - کیتوزان در طول زمان نگهداری

همانگونه که در شکل مقایسه میانگین میزان پروکسید در تیمارها و روزهای مختلف مشاهده می‌شود (شکل ۳)، بین همه تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود دارد. به طوری که با گذشت زمان غالباً در همه تیمارها افزایش میزان پروکسید معنی‌دار بوده البته قابل توجه است که در تیمار کیتوزان ۱۰۰ درصد (تیمار ۵) در بین روزهای سوم و ششم اختلاف معنی‌داری وجود ندارد و همچنین در بین روزهای ۹ و ۱۲

آزمایشات فیزیکوشیمیایی فیله مرغ

در نتایج تجزیه واریانس آزمون فیزیکوشیمیایی فیله مرغ مشاهده شد که بین همه تیمارها در صفات مختلف اختلاف معنی‌داری وجود دارد و این بدان معنی است که حداقل بین دو تیمار در همه صفات اندازه‌گیری شده اختلاف معنی‌داری وجود دارد، که برای بررسی دقیق‌تر این نتایج، از آزمون مقایسه میانگین دانکن استفاده می‌کنیم که اختلاف بین تیمارها مشخص گردد. در بخش‌های بعدی نتایج آزمون مقایسه میانگین دانکن در هر تیمار با جزئیات بررسی گردیده است.

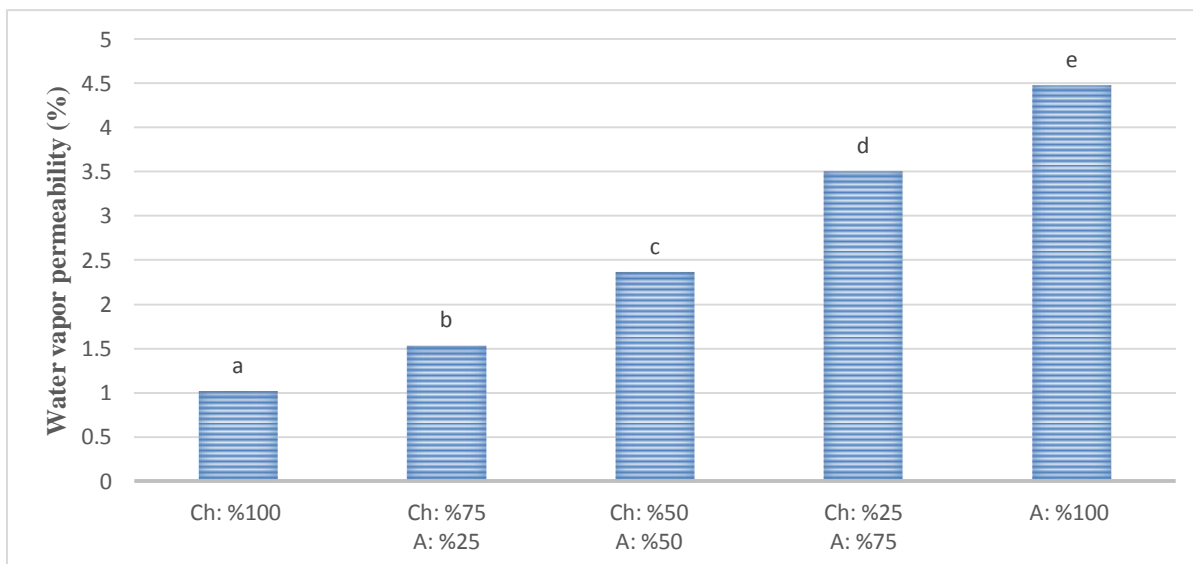


Figure 2- Graph of water vapor permeability (WVP) values of different composite film treatments containing sodium alginate (A) - chitosan (Ch).

Treatment 1 (Alginate 100%), Treatment 2 (Alginate 75% - Chitosan 25%), Treatment 3 (Alginate 50% - Chitosan 50%), Treatment 4 (Alginate 25% - Chitosan 75%), Treatment 5 (Chitosan 100%)

Having the same letters in the same column indicates the absence of a significant difference between the means ($p < 0.05$).

شکل ۲- مقادیر نفوذپذیری بخار آب (WVP) تیمارهای مختلف فیلم کامپوزیتی حاوی آلژینات سدیم (A) - کیتوزان (Ch). تیمار ۱ (آلژینات ۱۰۰٪)، تیمار ۲ (آلژینات ۷۵٪ - کیتوزان ۲۵٪)، تیمار ۳ (آلژینات ۵۰٪ - کیتوزان ۵۰٪)، تیمار ۴ (آلژینات ۲۵٪ - کیتوزان ۷۵٪)، تیمار ۵ (کیتوزان ۱۰۰٪)

داشتن حروف مشابه در یک ستون نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی دار بین میانگین‌ها می‌باشد ($p < 0.05$)

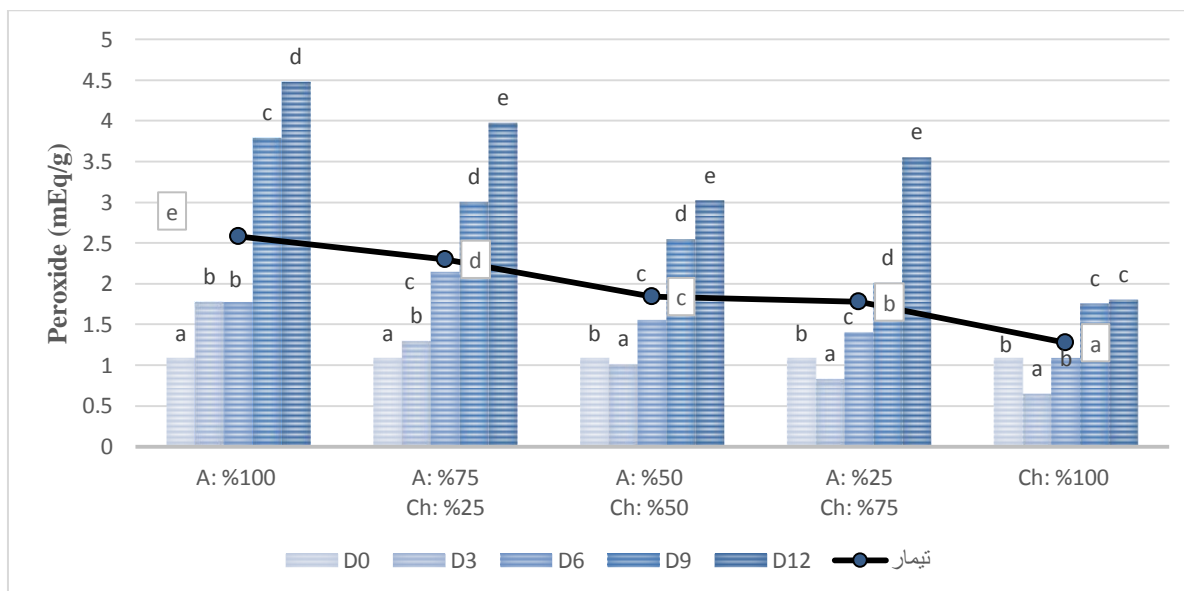


Figure 3- Graph of peroxide values of chicken fillet treatments in sodium alginate (A)-chitosan (Ch) composite film packaging during storage time

Treatment 1 (Alginate 100%), Treatment 2 (Alginate 75% - Chitosan 25%), Treatment 3 (Alginate 50% - Chitosan 50%), Treatment 4 (Alginate 25% - Chitosan 75%), Treatment 5 (Chitosan 100%)

Having the same small letters in a column indicates the absence of a significant difference between the means ($p > 0.05$).

Having similar capital letters in a row indicates the absence of a significant difference between the means ($p > 0.05$).

شکل ۳- مقادیر پراکسید تیمارهای فیله مرغ در بسته‌بندی فیلم کامپوزیت آلژینات سدیم (A) - کیتوزان (Ch) طی

زمان نگهداری

تیمار ۱ (آلژینات ۱۰۰٪)، تیمار ۲ (آلژینات ۷۵٪- کیتوزان ۲۵٪)، تیمار ۳ (آلژینات ۵۰٪- کیتوزان ۵۰٪)، تیمار ۴ (آلژینات ۲۵٪- کیتوزان ۷۵٪)، تیمار ۵ (کیتوزان ۱۰۰٪)

داشتن حروف مشابه کوچک در یک ستون نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی دار بین میانگین‌ها می‌باشد ($p < 0.05$)
 داشتن حروف مشابه بزرگ در یک ردیف نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی دار بین میانگین‌ها می‌باشد ($p < 0.05$)

می‌گردد، که کمترین میزان (TVB-N) در تیمار کیتوزان ۱۰۰ درصد (تیمار ۵) مشاهده گردید. همچنین در نتایج مقایسه میانگین در روزهای مختلف مشاهده گردید که در تیمار کیتوزان ۱۰۰ درصد بین روز صفر و سوم اختلاف معنی‌داری وجود ندارد و همچنین بین روزهای نهم و دوازدهم نیز اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. همان‌گونه که در شکل مشخص می‌باشد تغییرات (TVB-N) بین روز صفر و سوم در همه تیمارها افزایش چشمگیری داشته و تنها در تیمار ۴ و ۵ این اختلاف بسیار کم بوده است.

نیز در این تیمار اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، همچنین در تیمار آلژینات ۱۰۰ درصد (تیمار ۱) نیز بین روزهای سوم و ششم اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید.

اندازه گیری میزان ازت فرار (TVB-N) فیله مرغ پوشش داده شده با فیلم کامپوزیت آلژینات سدیم - کیتوزان در طول زمان نگهداری

همان‌گونه که در نتایج مقایسه میانگین شکل ۴ مشاهده می‌شود، بین همه تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده

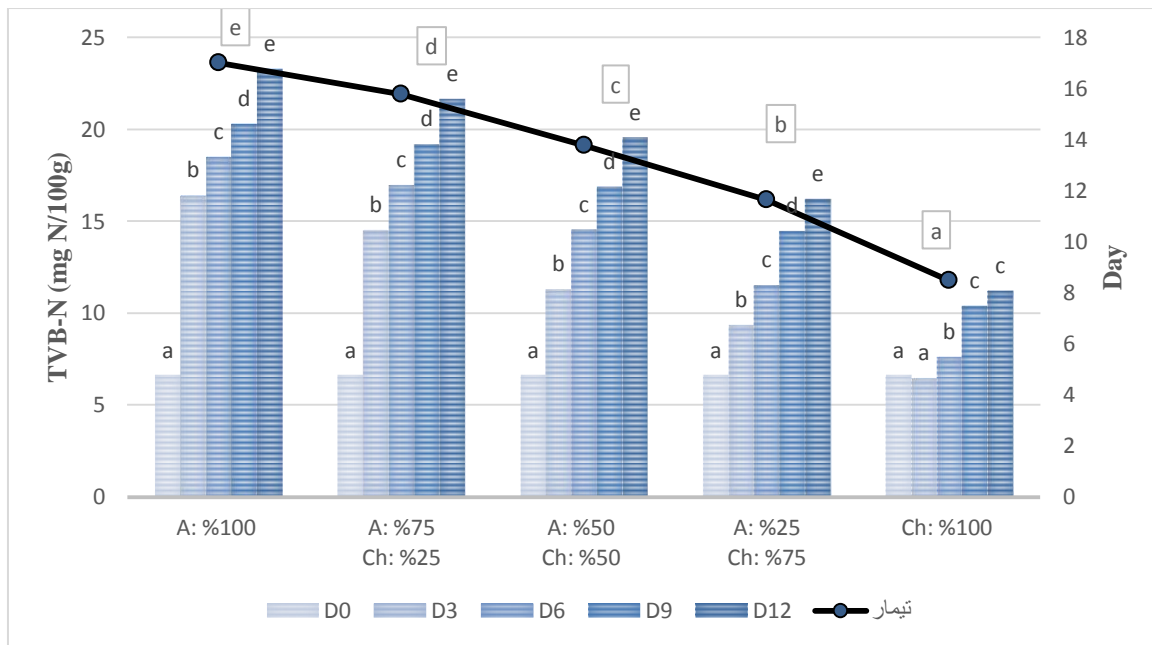


Figure 4- Chart of values (TVB-N) of chicken fillet treatments in sodium alginate (A)-chitosan (Ch) composite film packaging during storage time

Treatment 1 (Alginate 100%), Treatment 2 (Alginate 75% - Chitosan 25%), Treatment 3 (Alginate 50% - Chitosan 50%), Treatment 4 (Alginate 25% - Chitosan 75%), Treatment 5 (Chitosan 100%)

Having the same small letters in a column indicates the absence of a significant difference between the means ($p > 0.05$).
 Having similar capital letters in a row indicates the absence of a significant difference between the means ($p > 0.05$).

شکل ۴- مقادیر (TVB-N) تیمارهای فیله مرغ در بسته‌بندی فیلم کامپوزیت آلژینات سدیم (A) - کیتوزان (Ch) طی زمان نگهداری

تیمار ۱ (آلژینات ۱۰۰٪)، تیمار ۲ (آلژینات ۷۵٪- کیتوزان ۲۵٪)، تیمار ۳ (آلژینات ۵۰٪- کیتوزان ۵۰٪)، تیمار ۴ (آلژینات ۲۵٪- کیتوزان ۷۵٪)، تیمار ۵ (کیتوزان ۱۰۰٪)

داشتن حروف مشابه کوچک در یک ستون نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی دار بین میانگین‌ها می‌باشد ($p < 0.05$)
 داشتن حروف مشابه بزرگ در یک ردیف نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی دار بین میانگین‌ها می‌باشد ($p < 0.05$)

فیلم کامپوزیت آلژینات سدیم - کیتوزان جهت بسته‌بندی فیله مرغ

حتی بین روزهای مختلف نیز اختلاف معنی‌داری وجود دارد. ولی باید به این مورد اشاره گردد که در مورد تغییرات تیوباربیکیوئیک اسید در تیمارهایی که میزان کیتوزان بیشتر و آلژینات کمتری دارند بسیار کاهش یافته است.

میزان تیوباربیکیوئیک اسید (TBARS) فیله مرغ پوشش داده شده با فیلم کامپوزیت آلژینات سدیم - کیتوزان در طول زمان نگهداری همانگونه که در شکل ۵ مشاهده می‌شود، بین همه تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود دارد. در میزان تیوباربیکیوئیک اسید

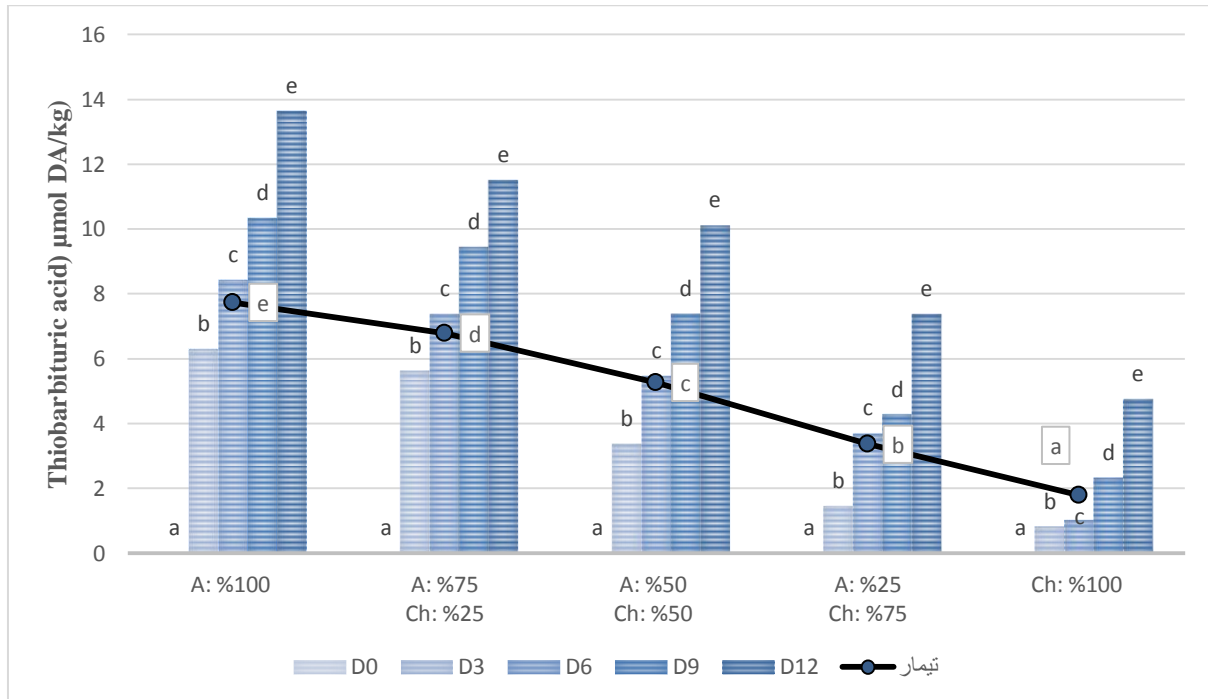


Figure 5- Chart of thiobarbituric acid values (TBARS) of chicken fillet treatments wrapped in sodium alginate (A)-chitosan (Ch) composite film during storage time

Treatment 1 (Alginate 100%), Treatment 2 (Alginate 75% - Chitosan 25%), Treatment 3 (Alginate 50% - Chitosan 50%), Treatment 4 (Alginate 25% - Chitosan 75%), Treatment 5 (Chitosan 100%)

Having the same small letters in a column indicates the absence of a significant difference between the means ($p > 0.05$).

Having similar capital letters in a row indicates the absence of a significant difference between the means ($p > 0.05$).

شکل ۵- مقادیر تیوباربیکیوئیک اسید (TBARS) تیمارهای فیله مرغ بسته‌بندی فیلم کامپوزیت آلژینات سدیم (A) - کیتوزان (Ch) طی زمان نگهداری

تیمار ۱ (آلژینات ۱۰۰٪)، تیمار ۲ (آلژینات ۷۵٪ - کیتوزان ۲۵٪)، تیمار ۳ (آلژینات ۵۰٪ - کیتوزان ۵۰٪)، تیمار ۴ (آلژینات ۲۵٪ - کیتوزان ۷۵٪)، تیمار ۵ (کیتوزان ۱۰۰٪)

داشتن حروف مشابه کوچک در یک ستون نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی دار بین میانگین‌ها می‌باشد ($p < 0.05$)

داشتن حروف مشابه بزرگ در یک ردیف نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی دار بین میانگین‌ها می‌باشد ($p < 0.05$)

بوده است، ولی در بین دو تیمار، تیمار آلژینات ۷۵٪ و کیتوزان ۲۵٪ (تیمار ۲) و تیمار آلژینات و کیتوزان ۵۰٪ (تیمار ۳) اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. اما با این وجود با کاهش میزان آلژینات و افزایش میزان کیتوزان لگاریتم شمارشی کاهش یافته است. همچنین مشاهده شد که با

لگاریتم شمارشی کلی میکروارگانیسیم‌های فیله مرغ پوشش داده شده با فیلم کامپوزیت آلژینات سدیم - کیتوزان در طول زمان نگهداری همانگونه که در شکل ۶ مشاهده می‌کنید، میان تیمارهای مختلف تغییرات لگاریتم شمارشی میکروارگانیسیم معنی‌دار

تیمار کیتوزان ۱۰۰ درصد کمتر از سایر تیمارها مشاهده گردید.

گذشت زمان میزان لگاریتم شمارشی میکروارگانیسم نیز افزایش یافته که در بین روزهای سوم، ششم و نهم اختلاف معنی داری مشاهده گردید. ولی به طور کلی تغییرات در

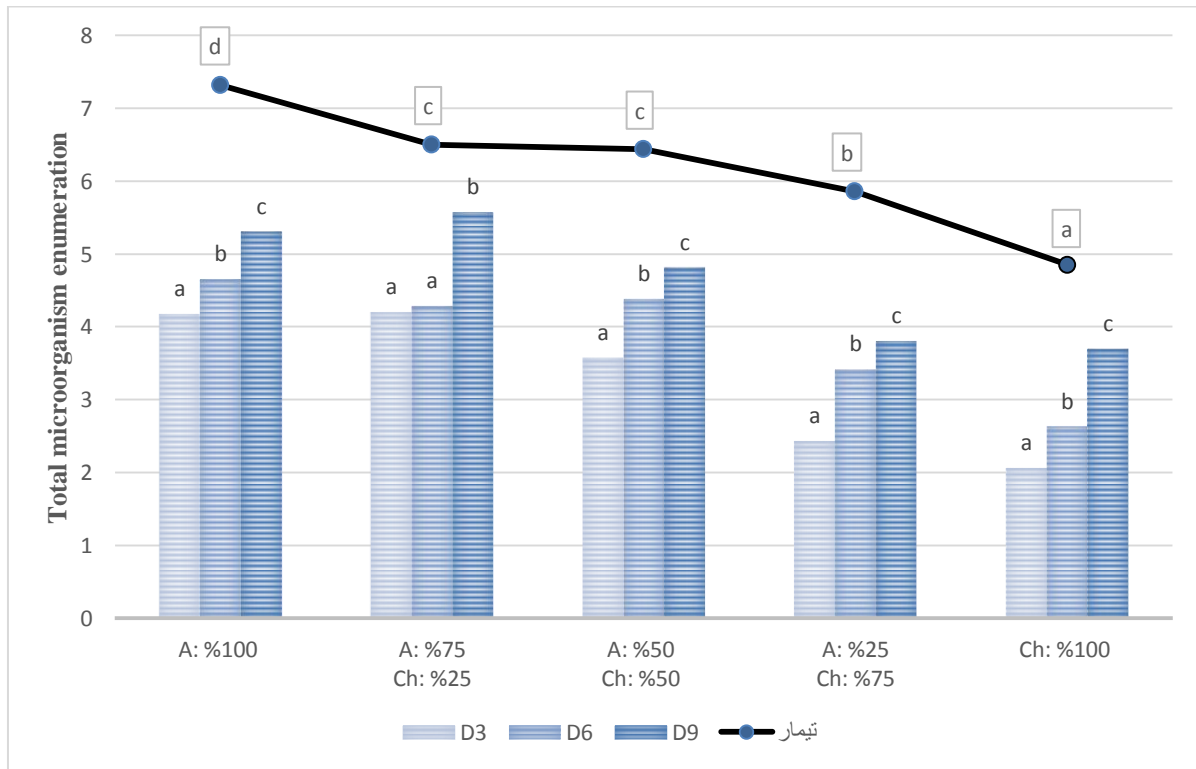


Figure 6- Graph of the logarithm values of total microorganism counts of chicken fillet treatments in sodium alginate (A)-chitosan (Ch) composite film packaging during storage time

Treatment 1 (Alginate 100%), Treatment 2 (Alginate 75% - Chitosan 25%), Treatment 3 (Alginate 50% - Chitosan 50%), Treatment 4 (Alginate 25% - Chitosan 75%), Treatment 5 (Chitosan 100%)

Having the same lowercase letters indicates the absence of a significant difference between the means ($p > 0.05$).

شکل ۶- مقادیر لگاریتم شمارشی کلی میکروارگانیسم تیمارهای فیله مرغ در بسته‌بندی فیلم کامپوزیت آلژینات سدیم (A) کیتوزان (Ch) طی زمان نگهداری

تیمار ۱ (آلژینات ۱۰۰٪)، تیمار ۲ (آلژینات ۷۵٪ - کیتوزان ۲۵٪)، تیمار ۳ (آلژینات ۵۰٪ - کیتوزان ۵۰٪)، تیمار ۴ (آلژینات ۲۵٪ - کیتوزان ۷۵٪)، تیمار ۵ (کیتوزان ۱۰۰٪)

داشتن حروف مشابه کوچک نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی دار بین میانگین‌ها می‌باشد ($p < 0.05$)

نشده. همچنین در طی روزهای مختلف افزایش میزان کپک و مخمر معنی‌دار مشاهده گردید. البته باید ذکر شود در تیمارهایی که میزان کیتوزان بیشتر و آلژینات کمتری بودند افزایش میزان کپک و مخمر کمتر بوده است.

- لگاریتم شمارشی باکتری‌های سرماگرایی فیله مرغ پوشش داده شده فیلم کامپوزیت آلژینات سدیم - کیتوزان در طول زمان نگهداری

- لگاریتم شمارشی کپک و مخمر فیله مرغ پوشش داده شده فیلم کامپوزیت آلژینات سدیم - کیتوزان در طول زمان نگهداری

نتایج مقایسه میانگین میزان لگاریتم شمارشی کپک و مخمر فیله مرغ پوشش داده شده با آلژینات و کیتوزان در طی زمان نگهداری در شکل ۷ آمده است. بین تیمارها اختلاف معنی داری در افزایش میزان کپک و مخمر وجود دارد. ولی بین دو تیمار ۲ و ۳ اختلاف معنی داری مشاهده

– لگاریتم شمارش باکتری‌های انتروباکتریاسه فیله مرغ پوشش داده شده فیلم کامپوزیت آلژینات سدیم – کیتوزان در طول زمان نگهداری

همانگونه که در شکل ۹ مشاهده می‌گردد، بین تیمارهای ۲ و ۳، همچنین بین تیمارهای ۴ و ۵ اختلاف معنی داری مشاهده نمی‌شود. از طرفی در مقایسه میانگین شمارش باکتری‌های انتروباکتریاسه فقط در تیمارهای ۴ و ۵ مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری بین روزهای مختلف وجود نداشته است. که طبق نتایج با افزایش آلژینات میزان این باکتری‌ها نیز افزایش داشته است.

همانگونه که در شکل ۸ نمایان است، فقط بین دو تیمار ۴ و ۵ اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد و بین بقیه تیمارها اختلاف معنی داری وجود دارد. و همچنین مشاهده گردید که در همه تیمارها به جز تیمار ۲ افزایش معنی‌داری تا روز ششم مشاهده نشد که این افزایش رابطه مستقیمی با میزان آلژینات و رابطه معکوسی با میزان کیتوزان فیلم دارد. در تیمار ۵ با کیتوزان ۱۰۰ درصد مشاهده شد که بین تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود ندارد، که در بقیه تیمارها این مورد مشاهده نشد.

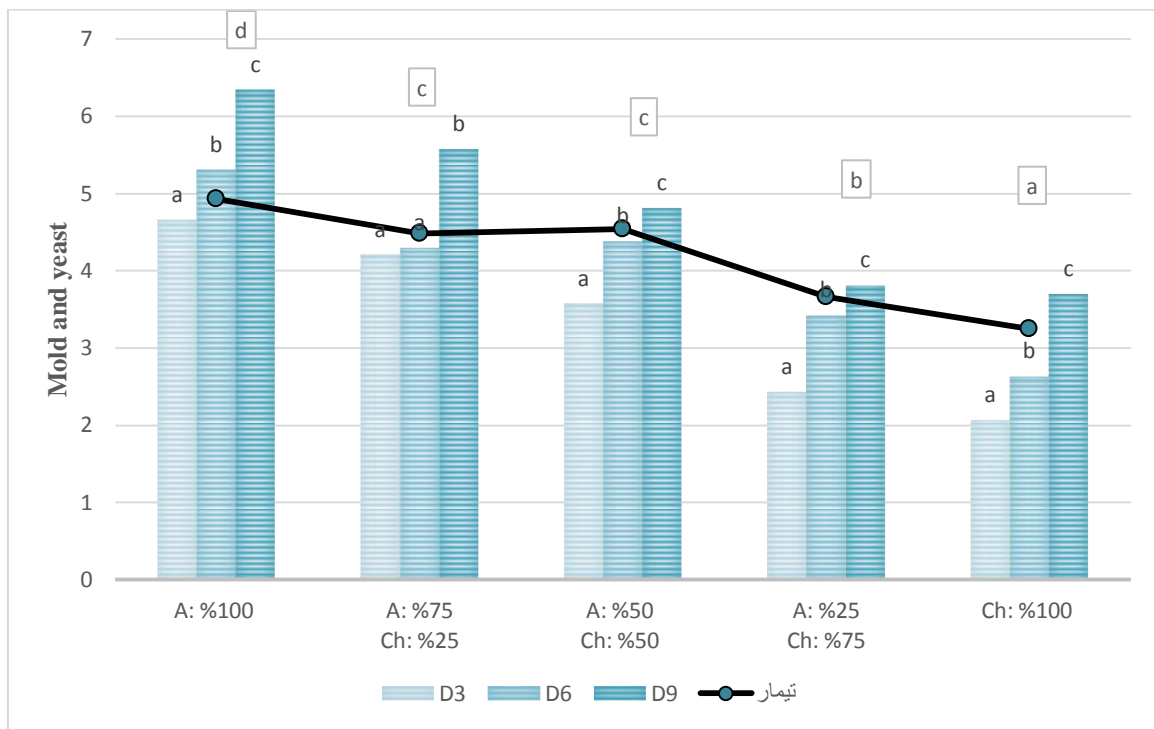


Figure 7- Graph of logarithmic values of mold and yeast counts of chicken fillet treatments in sodium alginate (A)-chitosan (Ch) composite film layering during storage time

Treatment 1 (Alginate 100%), Treatment 2 (Alginate 75% - Chitosan 25%), Treatment 3 (Alginate 50% - Chitosan 50%), Treatment 4 (Alginate 25% - Chitosan 75%), Treatment 5 (Chitosan 100%)

شکل ۷- مقادیر لگاریتم شمارش کپک و مخمر تیمارهای فیله مرغ در بسته‌بندی فیلم کامپوزیت آلژینات سدیم (A) – کیتوزان (Ch) طی زمان نگهداری.

تیمار ۱ (آلژینات ۱۰۰٪)، تیمار ۲ (آلژینات ۷۵٪ - کیتوزان ۲۵٪)، تیمار ۳ (آلژینات ۵۰٪ - کیتوزان ۵۰٪)، تیمار ۴ (آلژینات ۲۵٪ - کیتوزان ۷۵٪)، تیمار ۵ (کیتوزان ۱۰۰٪)

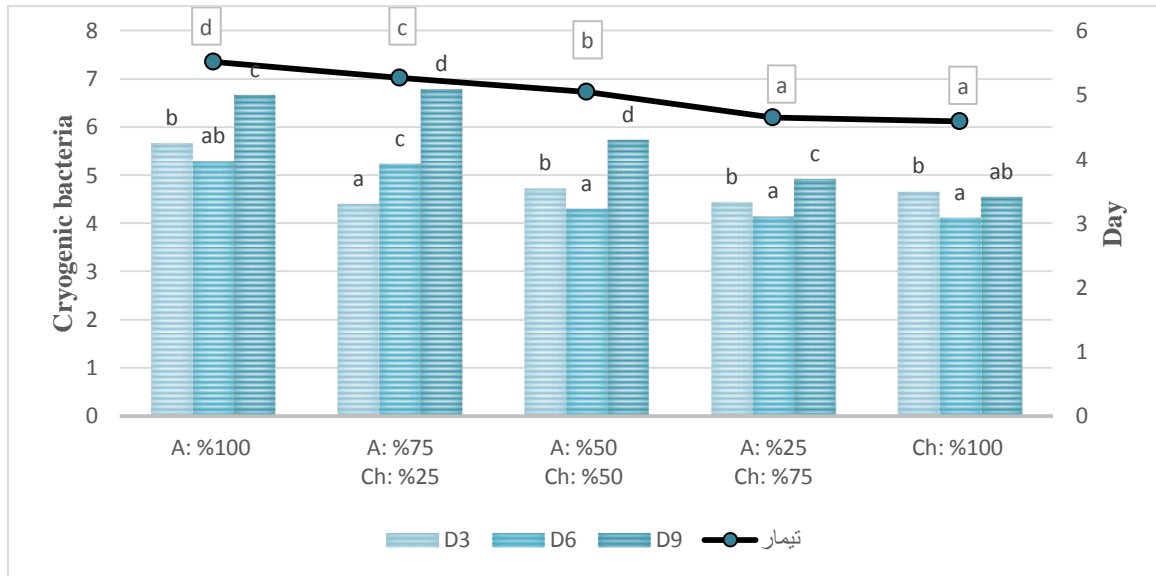


Figure 8- Graph of logarithmic values of cold-oriented bacteria counts of chicken fillet treatments in sodium alginate (A)-chitosan (Ch) composite film packaging during storage time

Treatment 1 (Alginate 100%), Treatment 2 (Alginate 75% - Chitosan 25%), Treatment 3 (Alginate 50% - Chitosan 50%), Treatment 4 (Alginate 25% - Chitosan 75%), Treatment 5 (Chitosan 100%)

شکل ۸- مقادیر لگاریتم شمارش باکتری‌های سرماگرای تیمارهای فیله مرغ در بسته‌بندی فیلم کامپوزیت آلژینات سدیم (A) - کیتوزان (Ch) طی زمان نگهداری

تیمار ۱ (آلژینات ۱۰۰٪)، تیمار ۲ (آلژینات ۷۵٪ - کیتوزان ۲۵٪)، تیمار ۳ (آلژینات ۵۰٪ - کیتوزان ۵۰٪)، تیمار ۴ (آلژینات ۲۵٪ - کیتوزان ۷۵٪)، تیمار ۵ (کیتوزان ۱۰۰٪)

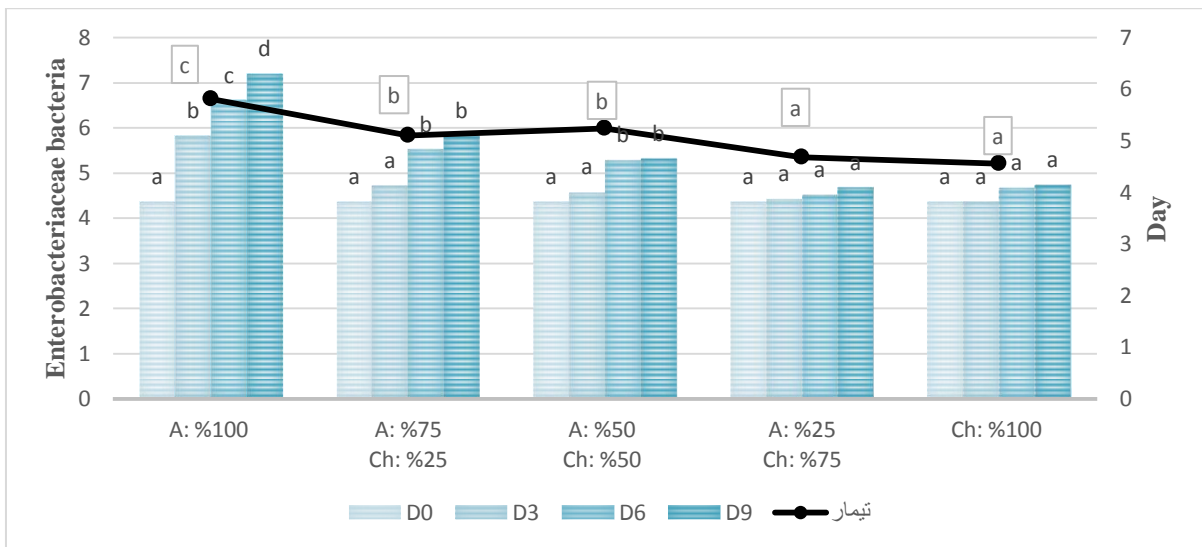


Figure 9- Diagram of the logarithm values of Enterobacteriaceae bacteria counts of chicken fillet treatments in sodium alginate (A)-chitosan (Ch) composite film stacking during storage time

Treatment 1 (Alginate 100%), Treatment 2 (Alginate 75% - Chitosan 25%), Treatment 3 (Alginate 50% - Chitosan 50%), Treatment 4 (Alginate 25% - Chitosan 75%), Treatment 5 (Chitosan 100%)

Having the same small letters in a column indicates the absence of a significant difference between the means ($p > 0.05$).

شکل ۹- مقادیر لگاریتم شمارش باکتری‌های انتروباکتریاسه تیمارهای فیله مرغ در بسته‌بندی فیلم کامپوزیت آلژینات سدیم (A) - کیتوزان (Ch) طی زمان نگهداری

تیمار ۱ (آلژینات ۱۰۰٪)، تیمار ۲ (آلژینات ۷۵٪ - کیتوزان ۲۵٪)، تیمار ۳ (آلژینات ۵۰٪ - کیتوزان ۵۰٪)، تیمار ۴ (آلژینات ۲۵٪ - کیتوزان ۷۵٪)، تیمار ۵ (کیتوزان ۱۰۰٪)

داشتن حروف مشابه کوچک در یک ستون نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی دار بین میانگین‌ها می‌باشد ($p < 0.05$)

زمان نگهداری در شکل ۱۱ قابل مشاهده است. بر اساس نتایج بدست آمده با افزایش درصد کیتوزان در فیلم امتیاز طعم نیز کاهش پیدا کرد که از لحاظ آماری اختلاف معناداری داشتند ($p \leq 0.05$) که البته میان تیمارهای ۱ تا ۴ اختلاف معنی داری مشاهده نمی‌شود. همچنین با گذشت زمان ۹ روز میزان امتیاز طعم کاهش معناداری پیدا کرد ($p \leq 0.05$) که البته بین ۰ تا ۳ روز اختلاف معنی داری مشاهده نمی‌شود. با توجه به نتایج شکل ۱۱ بالاترین امتیاز طعم در نمونه‌ها با گذشت زمان نگهداری مربوط به تیمار ۴ (آلژینات ۲۵٪ - کیتوزان ۷۵٪) می‌باشد و پایین‌ترین امتیاز طعم مربوط به تیمار ۱ (آلژینات ۱۰۰ درصد) می‌باشد.

- لگاریتم شمارش باکتری‌های اسیدلاکتیک فیله مرغ پوششی داده شده فیلم کامپوزیت آلژینات سدیم - کیتوزان در طول زمان نگهداری

همانگونه که در شکل ۱۰ مشاهده می‌کنید، بین همه تیمارها اختلاف معنی داری وجود دارد. که با افزایش میزان کیتوزان میزان باکتری‌های اسید لاکتیک کاهش داشته است. در تیمار ۴ و ۵ که عملکرد بهتری از خود نشان داده‌اند بین روزهای ۶ و ۹ اختلاف معنی داری مشاهده نشد.

- ارزیابی حسی فیله مرغ - طعم

نتایج مقایسه میانگین امتیاز طعم فیله مرغ پوششی داده شده با فیلم کامپوزیت آلژینات سدیم - کیتوزان در طی

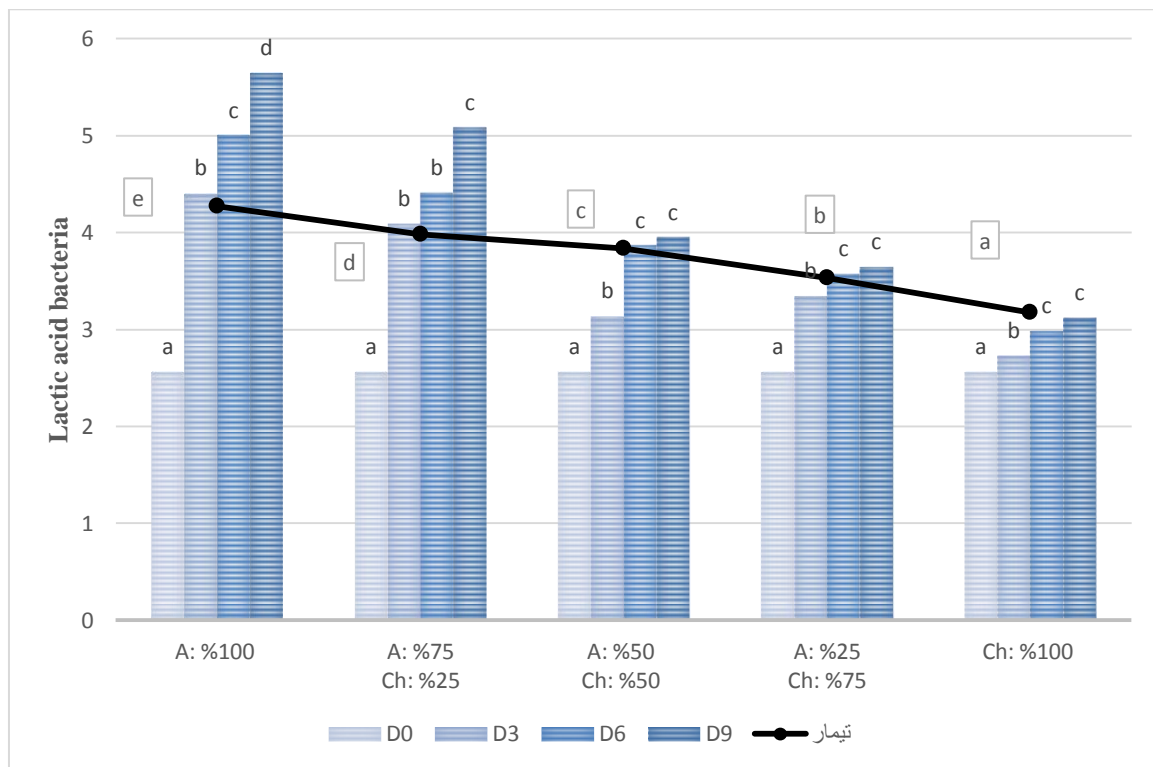


Figure 10- Chart of logarithmic values of lactic acid bacteria counts of chicken fillet treatments in sodium alginate (A)-chitosan (Ch) composite film packaging during storage time

Treatment 1 (Alginate 100%), Treatment 2 (Alginate 75% - Chitosan 25%), Treatment 3 (Alginate 50% - Chitosan 50%), Treatment 4 (Alginate 25% - Chitosan 75%), Treatment 5 (Chitosan 100%)

شکل ۱۰- مقادیر لگاریتم شمارش باکتری‌های اسیدلاکتیک تیمارهای فیله مرغ در بسته‌بندی فیلم کامپوزیت آلژینات سدیم (A) - کیتوزان (Ch) طی زمان نگهداری

تیمار ۱ (آلژینات ۱۰۰٪)، تیمار ۲ (آلژینات ۷۵٪ - کیتوزان ۲۵٪)، تیمار ۳ (آلژینات ۵۰٪ - کیتوزان ۵۰٪)، تیمار ۴ (آلژینات ۲۵٪ - کیتوزان ۷۵٪)، تیمار ۵ (کیتوزان ۱۰۰٪)

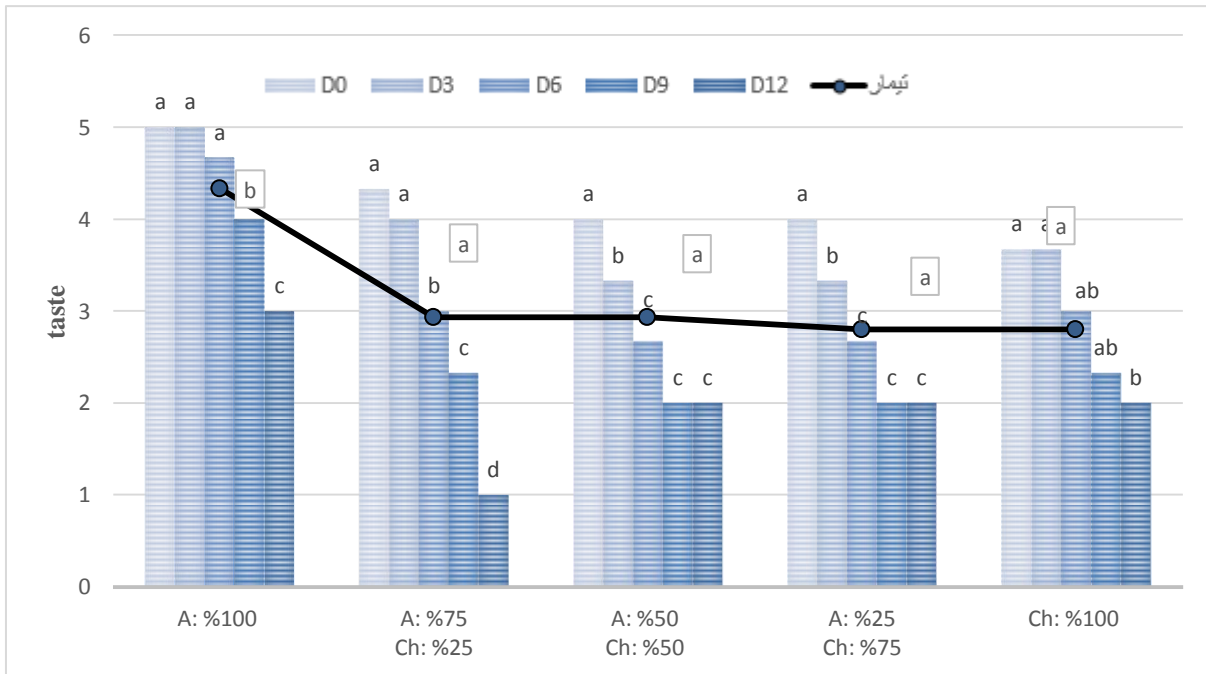


Figure 11- Taste score chart of chicken fillets packaged with sodium alginate (A)-chitosan (Ch) composite film during storage time

Treatment 1 (Alginate 100%), Treatment 2 (Alginate 75% - Chitosan 25%), Treatment 3 (Alginate 50% - Chitosan 50%), Treatment 4 (Alginate 25% - Chitosan 75%), Treatment 5 (Chitosan 100%)

شکل ۱۱- امتیاز طعم تیمارهای فیله مرغ بسته‌بندی فیلم کامپوزیت آلژینات سدیم (A) - کیتوزان (Ch) در طی زمان نگهداری تیمار ۱ (آلژینات ۱۰۰٪)، تیمار ۲ (آلژینات ۷۵٪ - کیتوزان ۲۵٪)، تیمار ۳ (آلژینات ۵۰٪ - کیتوزان ۵۰٪)، تیمار ۴ (آلژینات ۲۵٪ - کیتوزان ۷۵٪)، تیمار ۵ (کیتوزان ۱۰۰٪)

۳۹

پذیرش کلی -

نتایج مقایسه میانگین امتیاز پذیرش کلی فیله مرغ پوشش داده شده با فیلم کامپوزیت آلژینات سدیم - کیتوزان در طی زمان نگهداری در شکل ۱۳ آمده است. بر اساس نتایج بدست آمده با افزایش درصد کیتوزان در فیلم امتیاز پذیرش کلی نیز کاهش پیدا کرد که از لحاظ آماری اختلاف معناداری داشتند ($p \leq 0/05$) که البته میان تیمارهای ۱ تا ۴ اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود. همچنین با گذشت زمان ۱۲ روز امتیاز پذیرش کلی کاهش معناداری پیدا کرد ($p \leq 0/05$). با توجه به نتایج شکل ۱۳ بالاترین امتیاز پذیرش کلی در نمونه‌ها با گذشت زمان نگهداری مربوط به تیمار ۴ (آلژینات ۲۵٪ - کیتوزان ۷۵٪) می‌باشد و پایین‌ترین امتیاز پذیرش کلی مربوط به تیمار ۱ (آلژینات ۱۰۰ درصد) می‌باشد.

بو -

نتایج مقایسه میانگین امتیاز بو فیله مرغ پوشش داده شده با آلژینات و کیتوزان در طی زمان نگهداری در شکل ۱۲ آمده است. بر اساس نتایج بدست آمده با افزایش درصد کیتوزان در فیلم امتیاز بو نیز کاهش پیدا کرد که از لحاظ آماری اختلاف معناداری داشتند ($p \leq 0/05$) که البته میان تیمارهای ۱ تا ۴ اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود. همچنین با گذشت زمان ۱۲ روز امتیاز بو کاهش معناداری پیدا کرد ($p \leq 0/05$). با توجه به نتایج شکل ۹ بالاترین امتیاز بو در نمونه‌ها با گذشت زمان نگهداری مربوط به تیمار ۴ (آلژینات ۲۵٪ - کیتوزان ۷۵٪) می‌باشد و پایین‌ترین امتیاز بو مربوط به تیمار ۱ (آلژینات ۱۰۰ درصد) می‌باشد.

فیلم کامپوزیت آلژینات سدیم - کیتوزان جهت بسته‌بندی فیله مرغ

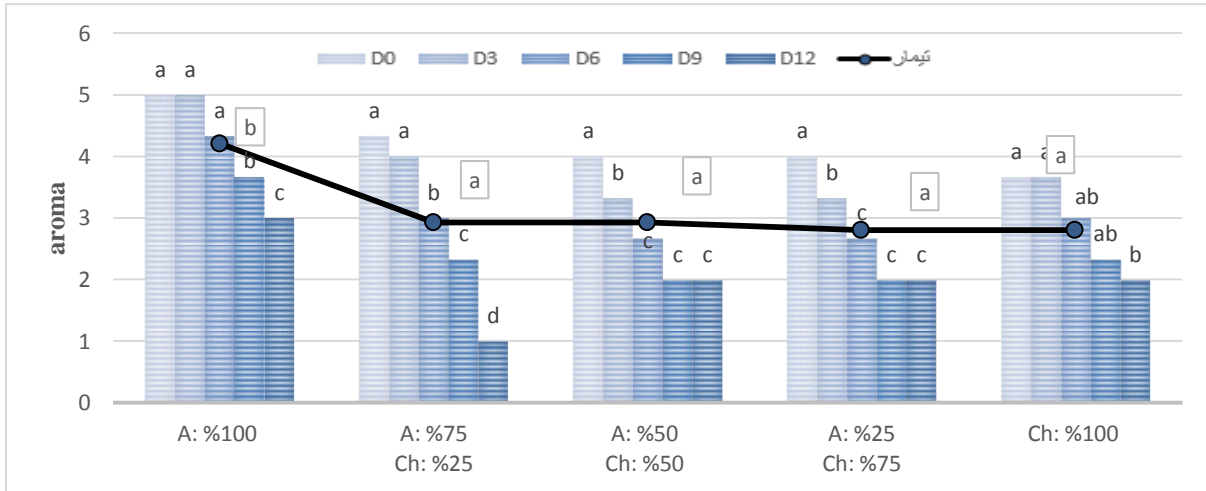


Figure 12- Diagram of the aroma score of chicken fillet treatments wrapped in sodium alginate (A)-chitosan (Ch) composite film during storage time

Treatment 1 (Alginate 100%), Treatment 2 (Alginate 75% - Chitosan 25%), Treatment 3 (Alginate 50% - Chitosan 50%), Treatment 4 (Alginate 25% - Chitosan 75%), Treatment 5 (Chitosan 100%)

Having the same small letters in a column indicates the absence of a significant difference between the means ($p > 0.05$).

Having similar capital letters in a row indicates the absence of a significant difference between the means ($p > 0.05$).

شکل ۱۲ - امتیاز آروما تیمارهای فیله مرغ بسته‌بندی فیلم کامپوزیت آلژینات سدیم (A) - کیتوزان (Ch) در طی زمان نگهداری

تیمار ۱ (آلژینات ۱۰۰٪)، تیمار ۲ (آلژینات ۷۵٪ - کیتوزان ۲۵٪)، تیمار ۳ (آلژینات ۵۰٪ - کیتوزان ۵۰٪)، تیمار ۴ (آلژینات ۲۵٪ - کیتوزان ۷۵٪)، تیمار ۵ (کیتوزان ۱۰۰٪)

داشتن حروف مشابه کوچک در یک ستون نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی دار بین میانگین‌ها می‌باشد ($p < 0.05$)

داشتن حروف مشابه بزرگ در یک ردیف نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی دار بین میانگین‌ها می‌باشد ($p < 0.05$)

۴۰

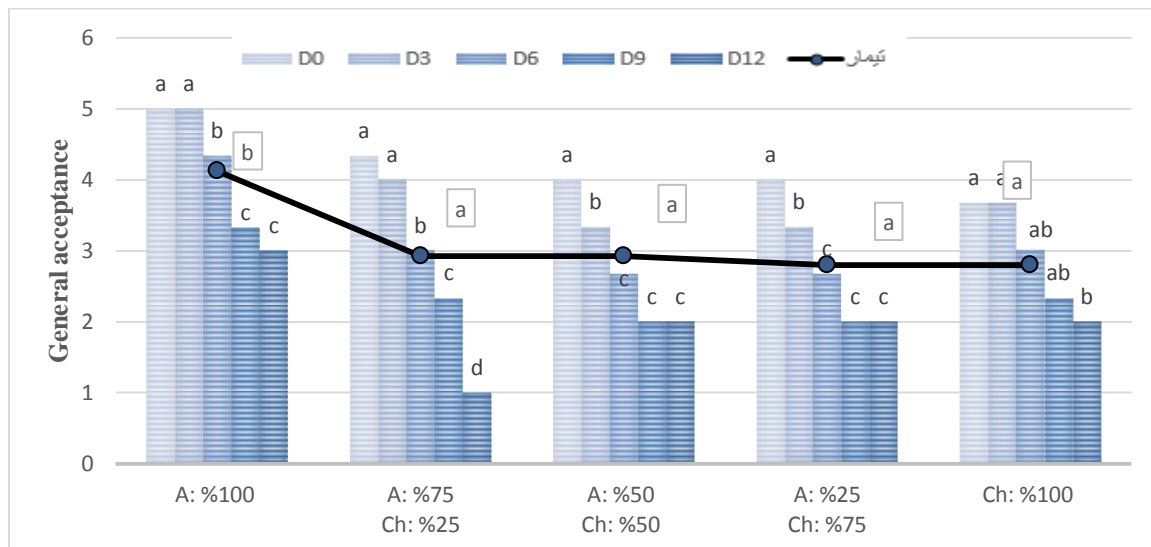


Figure 13-Graph of overall acceptance score of treatments of chicken fillet wrapped in sodium alginate (A)-chitosan (Ch) composite film during storage time

Treatment 1 (Alginate 100%), Treatment 2 (Alginate 75% - Chitosan 25%), Treatment 3 (Alginate 50% - Chitosan 50%), Treatment 4 (Alginate 25% - Chitosan 75%), Treatment 5 (Chitosan 100%)

Having the same small letters in a column indicates the absence of a significant difference between the means ($p > 0.05$).

Having similar capital letters in a row indicates the absence of a significant difference between the means ($p > 0.05$).

شکل ۱۳ - امتیاز پذیرش کلی تیمارهای فیله مرغ بسته‌بندی فیلم کامپوزیت آلژینات سدیم (A) - کیتوزان (Ch) در طی زمان نگهداری

تیمار ۱ (آلژینات ۱۰۰٪)، تیمار ۲ (آلژینات ۷۵٪- کیتوزان ۲۵٪)، تیمار ۳ (آلژینات ۵۰٪- کیتوزان ۵۰٪)، تیمار ۴ (آلژینات ۲۵٪- کیتوزان ۷۵٪)، تیمار ۵ (کیتوزان ۱۰۰٪)

داشتن حروف مشابه کوچک در یک ستون نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی دار بین میانگین‌ها می‌باشد ($p < 0.05$)
داشتن حروف مشابه بزرگ در یک ردیف نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی دار بین میانگین‌ها می‌باشد ($p < 0.05$)

بحث

- میزان حلالیت فیلم کامپوزیت آلژینات سدیم - کیتوزان در آب

معمولاً متخصصان میزان حلالیت فیلم‌های خوراکی متناسب با فرآورده مورد نظر جهت بسته‌بندی مشخص می‌نمایند. که در برخی فرآورده‌ها نیاز به فیلم با انحلال پذیری بالا وجود دارد، در حالی که در اکثر موارد حلالیت کم فیلم مورد نیاز ما می‌باشد. طبق نتایج بدست آمده بین تیمارهای مختلف تفاوت معنی داری وجود دارد، و با افزایش آلژینات و کاهش مقدار کیتوزان، میزان حلالیت فیلم‌ها به صورت معنی داری افزایش پیدا کرد ($p \leq 0.05$) (شکل ۱). بالاترین میزان حلالیت مربوط به فیلم خالص آلژینات و کمترین میزان حلالیت مربوط به فیلم کیتوزان خالص بود. بالابودن میزان نفوذ بخار آب به آلژینات سدیم نسبت به سایر ترکیبات به علت عدم ثبات ساختمان مارپیچ آلژینات می‌باشد. همچنین آب به عنوان یک نرم کننده در سطوح آبدوست مانند فیلم حاوی آلژینات سدیم عمل می‌کند و چگالی یا ویسکوزیته موضعی را کاهش داده و باعث افزایش تحرک مولکول‌های انتشاری می‌شود. (Liu *et al.*, 2023). به همین علت حلالیت و قابلیت نفوذ پذیری نسبت به بخار آب در مواجهه با آلژینات سدیم افزایش می‌یابد. اغلب فیلم‌های بر پایه پلی ساکارید و پروتئین به علت ماهیت آبدوست خود دارای حلالیت بالایی هستند، به همین علت در تیمار ۱ که حاوی آلژینات به تنهایی می‌باشد میزان حلالیت بالایی نسبت به کیتوزان دارد و هرچه درصد آلژینات در تیمارها افزایش می‌یابد میزان حلالیت نیز بالا رفته، به طوری که در تیمار حاوی ۷۵ درصد آلژینات میزان حلالیت بالاتری نسبت به تیمار حاوی ۲۵ درصد آلژینات را دارد. تحقیقات مشابهی را Mousavi و همکاران (2021)، با موضوع تأثیر نوع اتصالات عرضی (پیوند یونی و یا کوالانسی) بر خواص ساختاری، ضد میکروبی و رهاسازی کنترل‌شده لایه‌های کامپوزیت ژلاتین-کیتوسان ماهی همراه با ϵ -پلی-ال-لیزین و همچنین Lopes و همکاران (2020)، بررسی و

شناسایی لایه‌های پلیمری زیستی با مزوکارپ نارگیل آلژینات و باباسو را انجام دادند.

- میزان ضخامت فیلم کامپوزیت آلژینات سدیم - کیتوزان

طبق نتایج بدست آمده در (جدول ۱) ضخامت فیلم‌های کامپوزیت بر پایه آلژینات سدیم - کیتوزان بررسی شد. بین تیمارهای مختلف تفاوت معنی داری وجود ندارد ($p > 0.05$). به این صورت می‌توان گفت که آلژینات سدیم - کیتوزان تأثیر مشخصی بر روی میزان ضخامت فیلم‌ها ندارند.

- میزان نفوذپذیری به بخار آب (WVP) فیلم کامپوزیت آلژینات سدیم - کیتوزان

به انتشار مولکول‌های آب از سطح مقطع فیلم، نفوذ پذیری به بخار آب گفته می‌شود که می‌توان با استفاده از این ویژگی میزان ممانعت‌کنندگی فیلم را تخمین زد. به منظور جلوگیری از دست رفتن آب محصولات غذایی یا کاهش آن، فیلم‌های مورد استفاده باید بتوانند انتشار آب از محصول به محیط را کنترل کنند، از این رو نفوذ پذیری به بخار آب فیلم‌ها باید تا حد ممکن پایین باشد. مقایسه میانگین میزان نفوذپذیری به بخار آب (WVP) فیلم‌های کامپوزیت بر پایه آلژینات - کیتوزان بررسی شد. طبق نتایج بدست آمده بین تیمارهای مختلف تفاوت معنی داری وجود دارد. با افزایش آلژینات و کاهش مقدار کیتوزان، میزان نفوذپذیری به بخار آب (WVP) فیلم‌ها به صورت معنی داری افزایش پیدا کرد ($p \leq 0.05$). شکل ۲، بالاترین میزان نفوذپذیری به بخار آب (WVP) مربوط به فیلم خالص آلژینات و کمترین میزان نفوذپذیری به بخار آب (WVP) مربوط به فیلم (WVP) مربوط به فیلم خالص آلژینات و کمترین میزان نفوذپذیری به بخار آب بالاتر آلژینات به بخار آب نسبت به سایر ترکیبات به علت عدم ثبات ساختمان مارپیچ آلژینات می‌باشد. همچنین آب به عنوان یک نرم کننده در سطوح آبدوست مانند فیلم حاوی آلژینات سدیم عمل می‌کند و چگالی یا ویسکوزیته موضعی را کاهش داده و باعث افزایش تحرک مولکول‌های

انتشاری می‌شود. به همین علت حلالیت و قابلیت نفوذ پذیری نسبت به بخار آب در مواجهه با آلزینات سدیم افزایش می‌یابد (Júnior et al., 2021). همان طور که در نتایج بدست آمده مشاهده می‌گردد، فیلم حاوی ۵۰ درصد آلزینات توانایی عبور بخار آب کمتری نسبت به ۱۰۰ درصد آلزینات را دارد به عبارت دیگر بر هم کنش بین کیتوزان و آلزینات سبب ساختار متراکم تر فیلم‌های تهیه شده نسبت به آلزینات تنها می‌باشد که کاهش میزان نفوذ پذیری بخار آب را در پی دارد. تحقیقات مشابهی را García و همکاران (2020) با موضوع نفوذپذیری بخار آب لایه‌های کامپوزیت کیتوزان/ زئولیت تحت تاثیر غلظت‌های میکرو ذرات بیوپلیمر و زئولیت و همچنین Caicedo و همکاران (2022)، تأثیر محتوای نرم‌کننده بر نفوذپذیری مکانیکی و بخار آب فیلم‌های کامپوزیتی نشاسته ذرت/ PVOH / کیتوزان انجام دادند.

- میزان پراکسید فیله مرغ پوشش داده شده با فیلم کامپوزیت آلزینات سدیم - کیتوزان در طول زمان نگهداری

شاخص پراکسید، پارامتر مناسبی برای بررسی روند اکسایش چربی گوشت است. بین عوامل پرو اکسیداسیونی و آنتی اکسیداسیونی که واکنش‌های اکسیداتیو چربی را در کنترل خود دارند تعادلی وجود دارد. اما پس از کشتار و با گذشت زمان تعادل فوق بهم خورده و فساد اکسیداتیو آغاز می‌شود. حساسیت گوشت نسبت به اکسایش چربی بستگی به فاکتورهای مختلفی از قبیل گونه حیوان، موقعیت تشریحی عضلات بدن، مدت زمان نگهداری، روش‌های بسته‌بندی و افزودن آنتی اکسیدان‌ها دارد. اکسیداسیون چربی باعث بو و طعم نامطبوع می‌شود بنابراین مرغ فیله شده و تازه را به مرور زمان غیر قابل مصرف می‌سازد. هیدروپراکسیدها و رادیکال‌های آزاد تشکیل شده طی اکسیداسیون ممکن است مستقیماً با بافت‌های مرغ برای ایجاد واکنش‌های کمپلکس واکنش داده و باعث این فرآیند شوند. اگرچه رادیکال‌های آزاد به عنوان عامل تشدید کننده اکسایش چربی در گوشت مرغ شناخته شده اند، اما میزان چربی و ترکیب اسید چرب نیز اهمیت زیادی در اکسایش

چربی مرغ در طی مدت نگهداری دارد. شاخص پراکسید با اکسایش اولیه چربی در ارتباط می‌باشد (Liu et al., 2023). با توجه به نتایج شکل ۳، با گذشت زمان غالباً در همه تیمارها افزایش میزان پروکسید به صورت معنی‌دار بوده اما هر چه در تیمارها بر میزان کیتوزان افزوده و مقدار آلزینات کاسته شده، شاخص پراکسید هم رو به نزول بوده است به طوری که میزان پراکسید در تیمار ۵ در پایین ترین حد خود بوده است. که احتمالاً به دلیل فعالیت آنتی اکسیدانی کیتوزان و ممانعت از مجاورت اکسیژن با فیله مرغ می‌باشد. حد مجاز عدد پراکسید برای گوشت مرغ، ۱۰ میلی‌اکی‌والان بر کیلوگرم می‌باشد که نتایج حاصل در محدوده مجاز پراکسید قرار داشتند. در جهت این قضیه که تحقیقات مشابهی توسط Yan و همکاران (2022) با موضوع بهبود کیفیت نگهداری ماهی سالمون تازه (سالمو سالار) با استفاده از فیلم کامپوزیت قوی هیدرولیز پروتئین برنج و کیتوزان انجام دادند که معقدند که میزان نفوذپذیری اکسیژن در پوشش‌های خوراکی وجود دارد و این امر می‌تواند بر روند اکسیداسیون مواد غذایی تاثیر بگذارد و همچنین Farokhzad و همکاران (۲۰۲۳)، تاثیر کیتوزان و اسانس رزماری بر ویژگی‌های کیفی برگر مرغ در زمان نگهداری انجام شده است.

- میزان ازت فرار (TVB-N) فیله مرغ پوشش داده شده با فیلم کامپوزیت آلزینات سدیم - کیتوزان در طول زمان نگهداری

بازهای ازت فرار یک شاخص کیفی است که نشانگر میزان فساد، تجزیه و شکستن پروتئین‌ها بوده و به واسطه فعالیت میکروبی و آنزیم‌های درونی خود گوشت مرغ افزایش می‌یابد. سوخت و ساز میکروبی آمینو اسیدها در گوشت مرغ منجر به تجمع آمونیم، مونواتیل آمین^۱، در اتیل آمین^۲، تری اتیل آمین^۳ و سایر بازهای فرار می‌شود که همگی موجب بد طعمی گوشت مرغ می‌گردند. از آنجا که حضور باکتری‌ها در گوشت منجر به اتولیز پروتئین‌ها و تجزیه آنها، شکستن ترکیباتی از جمله تری متیل آمین اکسیدها، پپتیدها، آمینو اسیدها و غیره می‌شود. مقادیر بیشتر بار میکروبی مشاهده شده در نمونه‌های شاهد می‌تواند توجیهی برای افزایش میزان بازهای نیتروژنی در

¹ Mono-Ethyle Amine² D-Ethyle Amine³ Tri-Ethyle Amine

آنها باشد. همان گونه که در شکل ۴ مشاهده می شود، بین همه تیمارها اختلاف معنی داری مشاهده می گردد، که کمترین میزان (TVB-N) در تیمار کیتوزان ۱۰۰ درصد (تیمار ۵) مشاهده گردید. همچنین در نتایج مقایسه میانگین در روزهای مختلف مشاهده گردید که در تیمار کیتوزان ۱۰۰ درصد بین روز صفر و سوم اختلاف معنی داری وجود ندارد و همچنین بین روزهای نهم و دوازدهم نیز اختلاف معنی داری وجود ندارد. همان گونه که در چارت مشخص می باشد تغییرات (TVB-N) بین روز صفر و سوم در همه تیمارها افزایش چشمگیری داشته و تنها در تیمار ۴ و ۵ این اختلاف بسیار کم بوده است. کیتوزان بدلیل دارا بودن ترکیبات ضد میکروبی مانع تجزیه باکتریایی و آنزیمی پروتئین ها می شود همچنین حضور یک لایه محافظ که همان پوشش خوراکی یا روکش غذایی مانند سدی عمل کرده و نمونه های پوشش داده شده نسبت به تیمار شاهد دیرتر دچار افت کیفیت پروتئینی می شود (Liu et al., 2023). همچنین نمونه حاوی ۷۵ درصد کیتوزان میزان (TVB-N) کمتری نسبت به تیمار شاهد بوده است که این می تواند به دلیل، افزایش حفظ رطوبت در نمونه ها و جلوگیری از تاثیر آن بر تشکیل اسیدهای چرب آزاد و دناتور شدن پروتئین می باشد. یکی از دلایل دیگر می تواند کاهش سریعتر جمعیت باکتریایی یا کاهش ظرفیت باکتری ها برای آمینو زدایی اکسایشی ترکیبات نیتروزی و غیر نیتروزی یا هردو می باشد. تحقیقات مشابهی توسط Salimiraad و همکاران (2022) با موضوع شناسایی فیلم های جدید نانوکامپوزیت پروبیوتیک مبتنی بر نانوکیتوزان/نانو سلولز/ژلاتین برای نگهداری فیله مرغ تازه و همچنین Yan و همکاران (2022) با موضوع بهبود کیفیت نگهداری ماهی سالمون تازه (سالمو سالار) با استفاده از فیلم کامپوزیت قوی هیدرولیز پروتئین برنج و کیتوزان انجام گرفته است.

– میزان تیوباریتوریک اسید (TBARS) فیله مرغ پوشش داده شده با فیلم کامپوزیت آلژینات سدیم – کیتوزان در طول زمان نگهداری

اکسایش چربی دلیل اصلی کاهش کیفیت گوشت و مهمترین دلیل برای عدم پذیرش محصول توسط مصرف کننده است. شاخص تیوباریتوریک اسید، محصولات ثانویه

اکسایش چربی را اندازه گیری می کند و مسئول تندشدگی اکسیداتیو گوشت مرغ است. همان گونه که در شکل ۵ قابل مشاهده است، میزان تیوباریتوریک اسید فیله سینه مرغ در بین همه تیمارها و حتی زمان نگهداری اختلاف معنی داری وجود دارد. ولی باید به این مورد اشاره گردد که در مورد تغییرات تیوباریتوریک اسید در تیمارهایی که میزان کیتوزان بیشتر (تیمار ۵ با ۱۰۰٪) و آلژینات کمتری دارند بسیار کاهش یافته است. وجود اسید چرب آزاد به واسطه اکسایش و آبکافت آنزیمی چربی های استری بوده و یک ترکیب نامطلوب می باشد، چون اسیدهای چرب آزاد می توانند به ترکیبات فرار بد بو تبدیل شوند. با اینکه تولید اسیدهای چرب آزاد به خودی خود منجر به افت کیفیت تغذیه ای نمی شود اما آزمون میزان آبکافت چربی در شرایط سرما و انجماد نیز ادامه دارد که تأثیر شدیدی بر اکسیداسیون چربی و دناتور شدن پروتئین دارد. تأثیر پروکسیدانی اسیدهای چرب آزاد بر چربی نیز گزارش شده است، بدین صورت که اسیدهای چرب آزاد بر گروه کربوکسیل اثر تحریک کننده داشته و تشکیل هیدروپروکسیدها و متعاقباً رادیکال های آزاد را تسریع می بخشد. علاوه بر این به دلیل کوچک بودن اندازه مولکول های اسید چرب آزاد نسبت به چربی های بزرگتر (مهم ترین آنها تری آسید گلیسرول ها و فسفولیپیدها) بیشتر در مقابل اکسیداسیون توسط آنزیم هایی چون لیپازها و فسفولیپازها می باشد. به واسطه آبکافت فسفولیپیدها و تری گلیسریدها توسط لیپاز و فسفولیپاز، افزایش تدریجی در تولید اسید چرب آزاد در تمام نمونه ها مشاهده شد اما در فیله های سینه مرغ پیچیده شده با فیلم کامپوزیت آلژینات سدیم – کیتوزان این افزایش در طول نگهداری کندتر شد. دلیل پایین تر بودن میزان اسیدهای چرب آزاد در تیمارهای دارای فیلم را شاید بتوان به فعالیت شلاته کنندگی کیتوزان نسبت داد چرا که کیتوزان به عنوان عامل شلاته کننده با پاره ای از فلزات پیوند یافته و لذا از رشد میکروبی جلوگیری می کند، همچنین کیتوزان همواره به عنوان بازدارنده آنزیم های مختلف شناسایی شده است (Peighambardoust et al., 2023). تحقیقات مشابهی توسط Tian و همکاران (2021) با موضوع فیلم بسته بندی فعال بر پایه نشاسته استری شده با عصاره سیوس گندم سیاه تارتاری و کیتوزان و کاربرد آن برای نگهداری گوشت

فیلم کامپوزیت آلزینات سدیم - کیتوزان جهت بسته‌بندی فیله مرغ

افزایش میزان کپک و مخمر کمتر بوده است. طبق نتایج بدست آمده از روز اول هیچ کپک و مخمری رشد نکرد اما بعد از روز سوم لگاریتم تعداد مخمرها افزایش پیدا کرد اما همانگونه که از نتایج نشان می‌دهند با افزایش درصد کیتوزان در فیلم‌های خوراکی رشد آن‌ها کمتر شد که احتمالاً به دلیل خواص ضد میکروبی فیلم و همچنین مربوط به لایه نفوذ ناپذیری که فیلم مربوطه ایجاد می‌کند می‌باشد. از آن جایی که معمولاً کپک‌ها و مخمرهای هوازی می‌باشند و در شرایط هوازی بهتر رشد می‌کنند به همین دلیل فیلم‌های زیست تخریب پذیر با ایجاد لایه نفوذ ناپذیری ایجاد می‌کند از رشد مخمر و کپک‌ها جلوگیری می‌کند. همانگونه که بر اساس نتایج خواص مکانیکی فیلم‌ها گفته شد با افزایش درصد کیتوزان نفوذ فیلم کاهش یافت. نتایج مشابهی توسط Zhang و همکاران (2023) با موضوع اثرات اسانس زنجبیل بر خواص فیزیکوشیمیایی و ساختاری فیلم دولایه آگار سدیم آلزینات و کاربرد آن در یخچال گاو انجام شده است.

- لگاریتم شمارش سرماگرای فیله مرغ پوشش داده شده فیلم کامپوزیت آلزینات سدیم - کیتوزان در طول زمان نگهداری

باکتری‌های هوازی سرما گرا از قبیل گونه‌های *Pseudomonas* جزء گروه‌های باکتریایی غالب در گوشت طیور هستند که به‌طور گسترده‌ای به فساد گوشت نگهداری شده در شرایط هوازی کمک می‌کنند. بار باکتریایی مجاز برای باکتری‌های سرمادوست هوازی $7 \log \text{cfu/g}$ گزارش شده است. این باکتری‌ها و عمدتاً گونه‌های سودوموناس، آنزیم‌های لیپاز و فسفولیپاز تولید می‌کنند که سبب افزایش اسید چرب‌های آزاد می‌شوند. الگوی رشد این باکتری‌ها نیز همانند باکتری‌های کل، روند افزایشی نشان داد طوریکه میزان این باکتری‌ها در نمونه شاهد از روز نهم به بعد بیشتر از حد قابل قبول برای مصرف بود. که این پدیده نشان می‌دهد باکتری‌های سرما دوست فلور غالب بوده و نقش عمده این باکتری‌ها در فساد گوشت فیله مرغ، آمین زدایی اسیدهای آمینه آزاد و تولید ترکیبات نیتروژنی فرار می‌باشد که علاوه بر کاهش ارزش غذایی گوشت، سبب ایجاد بو و طعم نامطبوع در آنها می‌شوند (Souza et al., 2019). با توجه به شکل ۸، مشخص است که فقط بین دو تیمار ۴ و

گوسفند و همچنین Souza و همکاران (2020)، فیلم‌های بیوانو کامپوزیت ZnO/Chitosan سازگار با محیط زیست برای بسته‌بندی گوشت مرغ تازه انجام دادند.

- لگاریتم شمارش کلی میکروارگانیسم‌های فیله مرغ پوشش داده شده با فیلم کامپوزیت آلزینات سدیم - کیتوزان در طول زمان نگهداری

همانگونه که در شکل ۶ مشاهده می‌گردد، میان تیمارهای مختلف تغییرات لگاریتم شمارش کلی میکروارگانیسم معنی‌دار بوده است، ولی در بین دو تیمار، تیمار آلزینات ۷۵٪ و کیتوزان ۲۵٪ (تیمار ۲) و تیمار آلزینات و کیتوزان ۵۰٪ (تیمار ۳) اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. اما با این وجود با کاهش میزان آلزینات و افزایش میزان کیتوزان لگاریتم شمارش کلی میکروارگانیسم کاهش یافته است. همچنین مشاهده شد که با گذشت زمان میزان لگاریتم شمارشی میکروارگانیسم نیز افزایش یافته که در بین روزهای سوم، ششم و نهم اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید. ولی به طور کلی تغییرات در تیمار کیتوزان ۱۰۰ درصد کمتر از سایر تیمارها مشاهده گردید. بدین ترتیب کاهش بار باکتریایی تیمارهای پوشش داده شده را می‌توان به خواص ضد میکروبی کیتوزان موجود در فیلم خوراکی نسبت داد. نتایج مشابهی توسط Qiu و همکاران (۲۰۲۳) در تحقیقی با موضوع تهیه و شناسایی یک فیلم زیست تخریب پذیر با استفاده از کیتوزان تاییده شده با لیزوزیم و کاراگینان و کاربرد آن در نگهداری خرچنگ به دست آمد.

- لگاریتم شمارش کپک و مخمر فیله مرغ پوشش داده شده فیلم کامپوزیت آلزینات سدیم - کیتوزان در طول زمان نگهداری

نتایج مقایسه میانگین میزان لگاریتم شمارش کپک و مخمر فیله مرغ پوشش داده شده با فیلم کامپوزیت آلزینات - کیتوزان در طی زمان نگهداری در (شکل ۷) آمده است. همانگونه که در شکل مشاهده می‌شود بین تیمارها اختلاف معنی‌داری در افزایش میزان کپک و مخمر وجود دارد. ولی بین دو تیمار ۲ و ۳ اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. همچنین در طی روزهای مختلف افزایش میزان کپک و مخمر معنی‌دار مشاهده گردید. البته باید ذکر شود در تیمارهایی که میزان کیتوزان بیشتر و آلزینات کمتری بودند

۵ اختلاف معنی داری مشاهده نمی شود. همچنین مشاهده گردید که در همه تیمارها به جز تیمار ۲ افزایش معنی داری تا روز ششم مشاهده نشد که این افزایش رابطه مستقیمی با میزان آلژینات و رابطه معکوسی با میزان کیتوزان فیلم دارد. در تیمار ۵ با کیتوزان ۱۰۰ درصد مشاهده شد که بین تیمارها اختلاف معنی داری وجود ندارد، که در بقیه تیمارها این مورد مشاهده نشد. از آن جهت که باکتری‌های سرما دوست گرم منفی، گروه اصلی میکروارگانیسم‌ها مسئول فساد فیله مرغ نگهداری شده به صورت سرد هستند می‌توان این گونه بیان کرد که باکتری‌های گرم مثبت نسبت به باکتری‌های گرم منفی در برابر ترکیبات ضد باکتریایی حساس تر هستند. می‌توان نتیجه گرفت با افزایش میزان کیتوزان کیفیت فیلم و فیله مرغ افزایش یافته و فساد کمتری مشاهده شد، و تیمار ۵ بهترین تیمار بود که با گذشت ۹ روز افزایش معنی داری در میزان لگاریتم شمارشی باکتری‌های سرما گرما فیله مرغ نداشت. نتایج مشابهی در تحقیقی توسط Huang و همکاران (۲۰۲۳) فیلم ضد باکتریایی حاوی کمپلکس بنزیل ایزوتیوسیانات-β-سیکلودکسترین بارگذاری شده با κ-کاراگینان؛ خصوصیات و کاربرد در نگهداری مرغ انجام شده است.

درصد کیتوزان کیفیت محصول از نظر بهداشتی و زمان ماندگاری محصول می‌شود به طوری که در نمونه حاوی ۷۵ درصد کیتوزان میزان رشد این گروه از باکتری کاهش یافت. اختلاف معنادار بین نمونه ی حاوی پوشش ۱۰۰ درصد آلژینات سدیم به تنهایی و نمونه‌های حاوی ۷۵ درصد کیتوزان به علت موثر بودن اثر کیتوزان بر باکتری‌های انتروباکتریاسه می‌باشد. اثرات ضد باکتریایی پوشش‌های کیتوزانی به دلیل بار مثبت گروه‌های آمینی آنها و واکنش با گروه‌های آنیونی سطح سلولی باکتری‌ها است که در نهایت سبب مرگ باکتری‌ها می‌شود. علت همسویی این تحقیقات ممکن است به دلیل خاصیت ضد باکتریایی پوشش‌های کیتوزانی و ممانعت از رسیدن مواد غذایی نظیر مواد آمینی به غشا سلول‌های باکتریایی و اتصال ترکیبات ضد باکتریایی کیتوزان با پروتئین‌ها در دیواره سلول باکتری‌هایی که منجر به لیز شدن و از بین رفتن دیواره سلولی می‌گردد، باشد (Farokhzad et al., 2023). نتایج مشابهی در پژوهش‌های Javaherzadeh و همکاران (2020) با موضوع اثر حفظ اسانس پلبلیفوم اینولوکراتوم ترکیب شده با پلی لاکتیک اسید / فیلم کامپوزیت نانوکیتوسان بر ماندگاری و ویژگی‌های حسی فیله مرغ در دمای سردخانه انجام شده است.

– لگاریتم شمارش باکتری‌های انتروباکتریاسه فیله مرغ پوشش داده شده فیلم کامپوزیت آلژینات سدیم – کیتوزان در طول زمان نگهداری

گروه دیگری از باکتری‌ها که در فساد گوشت و فرآورده‌های آن در یخچال دخالت دارند خانواده انترو باکتریاسه و کلیفرم‌ها می‌باشند. اگر چه انتروباکتریاسه توانایی رشد در دماهای پایین را دارند، تکثیر آنها در یخچال کند صورت می‌گیرد زیرا سرعت رشدشان از دیگر باکتری‌های سرد دوست پایین تر است. این گروه به عنوان یکی از شاخص‌های بهداشتی محسوب می‌شوند. با توجه به نتایج به دست آمده از شکل ۹، کمترین میزان باکتری‌ها در تیمار ۴ و ۵ می‌باشد که با بکدیگر اختلاف معنی داری ندارند. طبق نتایج با افزایش آلژینات میزان این باکتری‌ها نیز افزایش داشته است. نیز تعداد این باکتری‌ها در نمونه ی حاوی پوشش داده شده با ۷۵ درصد کیتوزان در مقایسه با نمونه فاقد کیتوزان کاهش نشان داد که باعث بالا رفتن

– لگاریتم شمارش باکتری‌های اسیدلاکتیک فیله مرغ پوشش داده شده فیلم کامپوزیت آلژینات سدیم – کیتوزان در طول زمان نگهداری

باکتری‌های اسید لاکتیک به عنوان باکتری‌های بی هوازی اختیاری هستند که در غلظت بالای CO₂ نیز می‌توانند رشد کنند. باکتری‌های اسید لاکتیک عامل فساد فرآورده‌های گوشتی بسته‌بندی شده تحت خلأ و گوشت‌های فرآوری شده، در دمای یخچال می‌باشند. در نتیجه فعالیت باکتری‌های اسید لاکتیک، بو، طعم نامطلوب ترشیدگی، تولید ترکیبات شیری رنگ، تورم بسته‌ها و رنگ متمایل به سبز ب روی فرآورده مشاهده می‌شود (Dini et al., 2020). همانگونه که در شکل ۱۰ مشاهده می‌کنید، بین همه تیمارها اختلاف معنی داری وجود دارد ($p \leq 0.05$), در تیمار ۴ و ۵ که عملکرد بهتری از خود نشان داده‌اند با افزایش میزان کیتوزان از مقدار باکتری‌های اسید لاکتیک کاسته می‌شود. محققان نشان داده اند که کیتوزان اثر ضد

فیلم کامپوزیت آلزینات سدیم - کیتوزان جهت بسته‌بندی فیله مرغ

کیتوزان به دلیل اینکه فاقد عطر و طعم خاصی هستند سبب می‌شود که عطر و طعم فیله‌های مرغ مخصوص به خود باشند. بر اساس نتایج بدست آمده در شکل ۱۱ مربوط به طعم، (شکل ۱۲) بو و (شکل ۱۳) پذیرش کلی، بالاترین امتیازات ویژگی‌های حسی در نمونه‌ها مربوط به تیمار ۴ (آلزینات ۲۵٪ - کیتوزان ۷۵٪) می‌باشد که اختلاف معناداری با سایر تیمارها داشت ($p \leq 0/05$)، همچنین پایین ترین امتیازات مربوط به تیمار ۱ (آلزینات ۱۰۰ درصد) می‌باشد. از دلایل این اثر خاصیت ضد میکروبی کیتوزان است که از طریق تغییر نفوذ پذیری غشاء سیتوپلاسمی دیواره سلولی میکروارگانیسم‌ها منجر به نشت الکترولیت‌ها و مواد پروتئینی از سیتوپلاسم به خارج سلول شده و در نهایت باعث مرگ آن‌ها می‌شود که در ادامه باعث جلوگیری و به تأخیر انداختن فساد گوشت می‌شود (Sayadi et al., 2021).

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به دست آمده، با افزایش آلزینات و کاهش مقدار کیتوزان، میزان حلالیت فیلم‌ها به صورت معنی داری افزایش پیدا کرد ($p \leq 0/05$). با افزایش آلزینات و کاهش مقدار کیتوزان، میزان نفوذپذیری به بخار آب فیلم‌ها به صورت معنی داری افزایش پیدا کرد ($p \leq 0/05$). با گذشت زمان غالباً در همه تیمارها افزایش میزان پروکسید معنی‌دار بوده است. کمترین میزان (TVB-N) در تیمار کیتوزان ۱۰۰ درصد (تیمار ۵) مشاهده گردید و بین همه تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده می‌گردد. ولی باید به این مورد اشاره گردد که در مورد تغییرات تیوباریکوییک اسید در تیمارهایی که میزان کیتوزان بیشتر و آلزینات کمتری دارند بسیار کاهش یافته است. در مورد آزمون‌های میکروبی و ارزیابی حسی، با افزایش میزان کیتوزان از بار میکروبی فیله مرغ کاسته و بر مدت زمان نگهداری آن افزوده می‌شود، که به دنبال آن ویژگی‌های حسی گوشت مانند: طعم، بو و پذیرش کلی نیز حفظ می‌شود. بنابراین با توجه به ارزیابی فیزیکوشیمیایی نمونه‌های فیلم تولیدی، فیلم خوراکی ۱۰۰٪ کیتوزان از لحاظ حلالیت و نفوذپذیری به بخار آب بهتر از نمونه‌های حاوی آلزینات بود و از طرفی با بررسی و مقایسه نتایج خواص شیمیایی و میکروبی نمونه مرغ بسته‌بندی شده، مشخص گردید که نمونه بسته‌بندی شده با

میکروبی بسیار قوی بر باکترهای گرم مثبت در مقایسه با انواع گرم منفی دارند. اثرات ضد باکتریایی پوشش‌های کیتوزانی به دلیل بار مثبت گروه‌های آمینی آنها و واکنش با گروه‌های آنیونی سطح سلولی باکتری‌ها است که در نهایت سبب مرگ باکتری‌ها می‌شود. علت همسویی این تحقیقات ممکن است به دلیل خاصیت ضد باکتریایی پوشش‌های کیتوزانی و ممانعت از رسیدن مواد غذایی نظیر مواد آمینی به غشا سلول‌های باکتریایی و اتصال ترکیبات ضد باکتریایی کیتوزان با پروتئین‌ها در دیواره سلول باکتری‌هایی که منجر به لیز شدن و از بین رفتن دیواره سلولی می‌گردد، باشد. نتایج مشابهی در تحقیقاتی با موضوع تولید، شناسایی و فعالیت ضد میکروبی فیلم‌های کامپوزیت صمغ بادام/پلی وینیل الکل/کیتوسان حاوی نانو امولسیون اسانس آویشن برای افزایش ماندگاری فیله‌های سینه مرغ Mirsharifi و همکاران (2023) به دست آمد.

- ارزیابی حسی فیله مرغ

فساد محصولات گوشتی با تغییرات در بو، رنگ، ظاهر و بافت آشکار می‌شود. آنالیز خواص حسی، علمی است که در آن از اندام‌های حسی بشر برای اندازه‌گیری و آزمایش اهداف خاصی استفاده می‌شود. پانل تربیت شده می‌تواند ظاهر، عطر، طعم، بافت، احساس دهانی یک فرآورده را تعیین کند و صفات و خصوصیات یک فرآورده را برحسب ویژگی‌های ظاهری تعریف کند (Amjadi et al., 2019). در این مطالعه بررسی اثر فیلم‌های زیست تخریب پذیر روی خواص حسی نه تنها نا مطلوب نبود بلکه تاثیرات مثبتی بر روی طعم، بو و پذیرش کلی محصول داشت. طعم و بو مجموعه‌ای از خصوصیات هستند که عمدتاً به وسیله دو حس چشایی و بویایی احساس شده و به مغز منتقل می‌شوند. در واقع احساس حاصل از گذاشتن ماده‌ای در دهان نتیجه درک مزه و بوی آن ماده می‌باشد. طعم و بو از خصوصیات حسی فرآورده غذایی محسوب شده و در پذیرش کلی فرآورده توسط مصرف کننده بسیار موثر هستند. زیرا هر چقدر یک ماده غذایی از نقطه نظر ارزش غذایی در سطح بالایی قرار داشته باشد و مغذی باشد، تنها در صورت داشتن طعم و بوی مطلوب مورد پذیرش کلی مصرف کننده قرار می‌گیرد (Hematizad et al., 2021). فیلم زیست تخریب پذیر بسته‌بندی آلزینات سدیم و

فیلم خوراکی ۱۰۰٪ کیتوزان از لحاظ خواص مورد بررسی مطلوب تر از سایر نمونه‌ها بود لذا می‌توان به عنوان ماده بسته‌بندی جدید معرفی و استفاده گردد.

منابع

- Chen, Y., Liu, Y., Dong, Q., Xu, C., Deng, S., Kang, Y. & Li, L. (2023). Application of functionalized chitosan in food: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 123716. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.123716>
- Chhikara, S. & Kumar, D. (2021). Edible coating and edible film as food packaging material: A review. *Journal of Packaging Technology and Research*, 1-10. <https://doi.org/10.1007/s41783-021-00129-w>
- Dash, K. K., Ali, N. A., Das, D. & Mohanta, D. (2019). Thorough evaluation of sweet potato starch and lemon-waste pectin based-edible films with nano-titania inclusions for food packaging applications. *International journal of biological macromolecules*, 139, 449-458. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2019.07.193
- Dini, H., Fallah, A. A., Bonyadian, M., Abbasvali, M. & Soleimani, M. (2020). Effect of edible composite film based on chitosan and cumin essential oil-loaded nanoemulsion combined with low-dose gamma irradiation on microbiological safety and quality of beef loins during refrigerated storage. *International Journal of Biological Macromolecules*, 164, 1501-1509. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.07.215>
- Farokhzad, P., Dastgerdi, A. A. & Nimavard, J. T. (2023). The Effect of Chitosan and Rosemary Essential Oil on the Quality Characteristics of Chicken Burgers during Storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2023. <https://doi.org/10.1155/2023/8381828>
- Farokhzad, P., Dastgerdi, A. A. & Nimavard, J. T. (2023). The Effect of Chitosan and Rosemary Essential Oil on the Quality Characteristics of Chicken Burgers during Storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2023. <https://doi.org/10.1155/2023/8381828>
- García, M. A., Rodríguez, M., Castro, C. & De La Paz, N. (2020). Water vapor permeability of chitosan/zeolite composite films as affected by biopolymer and zeolite microparticle concentrations. *Journal of Packaging Technology and Research*, 4, 157-169. <https://doi.org/10.1007/s41783-020-00092-y>
- Hematizad, I., Khanjari, A., Basti, A. A., Karabagias, I. K., Noori, N., Ghadami, F. & Teimourifard, R. (2021). In vitro antibacterial activity of gelatin-nanochitosan films
- Amjadi, S., Emaminia, S., Nazari, M., Davudian, S. H., Roufegarinejad, L., & Hamishehkar, H. (2019). Application of reinforced ZnO nanoparticle-incorporated gelatin bionanocomposite film with chitosan nanofiber for packaging of chicken fillet and cheese as food models. *Food and Bioprocess Technology*, 12, 1205-1219. <https://doi.org/10.1007/s11947-019-02286-y>
- Asdagh, A., Karimi Sani, I., Pirsá, S., Amiri, S., Shariatifar, N., Eghbaljoo-Gharehgheshlaghi, H. & Taniyan, A. (2021). Production and characterization of nanocomposite film based on whey protein isolated/copper oxide nanoparticles containing coconut essential oil and paprika extract. *Journal of Polymers and the Environment*, 29, 335-349.
- Banerjee, A., & Ganguly, S. (2019). Alginate-chitosan composite hydrogel film with macrovoids in the inner layer for biomedical applications. *Journal of Applied Polymer Science*, 136(22), 47599. <https://doi.org/10.1002/app.47599>
- Beikzadeh, S., Khezerlou, A., Jafari, S. M., Pilevar, Z. & Mortazavian, A. M. (2020). Seed mucilages as the functional ingredients for biodegradable films and edible coatings in the food industry. *Advances in colloid and interface science*, 280, 102164. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2020.102164>
- Bharti, S. K., Pathak, V., Alam, T., Arya, A., Singh, V. K., Verma, A. K. & Rajkumar, V. (2020). Materialization of novel composite bio-based active edible film functionalized with essential oils on antimicrobial and antioxidative aspect of chicken nuggets during extended storage. *Journal of Food Science*, 85(9), 2857-2865. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15365>
- Caicedo, C., Díaz-Cruz, C. A., Jiménez-Regalado, E. J. & Aguirre-Loredo, R. Y. (2022). Effect of plasticizer content on mechanical and water vapor permeability of maize starch/PVOH/chitosan composite films. *Materials*, 15(4), 1274. <https://doi.org/10.3390/ma15041274>

incorporated with *Zataria multiflora* Boiss essential oil and its influence on microbial, chemical, and sensorial properties of chicken breast meat during refrigerated storage. *Food Packaging and Shelf Life*, 30, 100751. <https://doi.org/10.22059/jvr.2022.337641.3231>.

Hosseini, M., Jamshidi, A., Raeisi, M. & Azzadeh, M. (2021). Effect of sodium alginate coating containing clove (*Syzygium Aromaticum*) and lemon verbena (*Aloysia Citriodora*) essential oils and different packaging treatments on shelf life extension of refrigerated chicken breast. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(3), e14946. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14946>

Huang, Y., Liu, J., Li, Z., Cao, Z., Hao, H., Bi, J. & Zhang, G. (2023). Benzyl isothiocyanate- β -cyclodextrin inclusion complex loaded κ -carrageenan antibacterial film: Characterization and application in chicken preservation. *Food Hydrocolloids*, 109063. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.109063>.

Javaherzadeh, R., Bafroee, A. T. & Kanjari, A. (2020). Preservation effect of Polylophium involucreatum essential oil incorporated poly lactic acid/nanochitosan composite film on shelf life and sensory properties of chicken fillets at refrigeration temperature. *Lwt*, 118, 108783. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108783>.

Ji, J., Shankar, S., Royon, F., Salmieri, S. & Lacroix, M. (2023). Essential oils as natural antimicrobials applied in meat and meat products—A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(8), 993-1009. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1957766>

Júnior, L. M., da Silva, R. G., Vieira, R. P. & Alves, R. M. V. (2021). Water vapor sorption and permeability of sustainable alginate/collagen/SiO₂ composite films. *LWT*, 152, 112261. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112261>

Katiyo, W., de Kock, H. L., Coorey, R. & Buys, E. M. (2020). Sensory implications of chicken meat spoilage in relation to microbial and physicochemical characteristics during refrigerated storage. *Lwt*, 128, 109468. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109468>

Liu, J., Wang, Y., Hou, X., Cui, Q., Wu, H., Shen, G. & Zhang, Z. (2023). Starch-based film functionalized with *Zanthoxylum armatum* essential oil improved the shelf life of beef

sauce. *LWT*, 114930. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114930>.

Liu, W., Kang, S., Xue, J., Chen, S., Yang, W., Yan, B. & Liu, D. (2023). Self-assembled carboxymethyl chitosan/zinc alginate composite film with excellent water resistant and antimicrobial properties for chilled meat preservation. *International Journal of Biological Macromolecules*, 125752. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.125752>

Lopes, I. A., Paixao, L. C., da Silva, L. J. S., Rocha, A. A., Barros Filho, A. K. D. & Santana, A. A. (2020). Elaboration and characterization of biopolymer films with alginate and babassu coconut mesocarp. *Carbohydrate polymers*, 234, 115747. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115747>

Mirsharifi, S. M., Sami, M., Jazaeri, M. & Rezaei, A. (2023). Production, characterization, and antimicrobial activity of almond gum/polyvinyl alcohol/chitosan composite films containing thyme essential oil nanoemulsion for extending the shelf-life of chicken breast fillets. *International Journal of Biological Macromolecules*, 227, 405-415. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.12.183>.

Moradi, E., Moosavi, M. H., Hosseini, S. M., Mirmoghtadaie, L., Moslehishad, M., Khani, M. R. & Shojaee-Aliabadi, S. (2020). Prolonging shelf life of chicken breast fillets by using plasma-improved chitosan/low density polyethylene bilayer film containing summer savory essential oil. *International journal of biological macromolecules*, 156, 321-328. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.03.226>

Mousavi, Z., Naseri, M., Babaei, S., Hosseini, S. M. H. & Shekarforoush, S. S. (2021). The effect of cross-linker type on structural, antimicrobial and controlled release properties of fish gelatin-chitosan composite films incorporated with ϵ -poly-L-lysine. *International Journal of Biological Macromolecules*, 183, 1743-1752. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.05.159>

Ngo, T. M. P., Nguyen, T. H., Dang, T. M. Q., Tran, T. X. & Rachtanapun, P. (2020). Characteristics and antimicrobial properties of active edible films based on pectin and nanochitosan. *International journal of molecular sciences*, 21(6), 2224. <https://doi.org/10.3390/ijms21062224>

Nilswan, K., Arnold, M., Benjakul, S., Prodpran, T. & de la Caba, K. (2021).

- Properties of chicken protein isolate/fish gelatin blend film incorporated with phenolic compounds and its application as pouch for packing chicken skin oil. *Food Packaging and Shelf Life*, 30, 100761. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2021.100761>
- Padhi, S., Singh, A. & Routray, W. (2023). Nanocellulose from agro-waste: A comprehensive review of extraction methods and applications. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 22(1), 1-27. <https://doi.org/10.1007/s1157-023-09643-6>
- Paidari, S., Zamindar, N., Tahergorabi, R., Kargar, M., Ezzati, S., Shirani, N. & Musavi, S. H. (2021). Edible coating and films as promising packaging: a mini review. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(5), 4205-4214. <https://doi.org/10.1007/s11694-021-00979-7>
- Pavli, F., Argyri, A. A., Skandamis, P., Nychas, G. J., Tassou, C. & Choriantopoulos, N. (2019). Antimicrobial activity of oregano essential oil incorporated in sodium alginate edible films: Control of *Listeria monocytogenes* and spoilage in ham slices treated with high pressure processing. *Materials*, 12(22), 3726. <https://doi.org/10.3390/ma12223726>
- Peighambaroust, S. H., Yaghoubi, M., Hosseinpour, A., Alirezalu, K., Soltanzadeh, M. & Dadpour, M. (2022). Development and application of dual-sensors label in combination with active chitosan-based coating incorporating yarrow essential oil for freshness monitoring
- Souza, V. G. L., Rodrigues, C., Valente, S., Pimenta, C., Pires, J. R. A., Alves, M. M. & Fernando, A. L. (2020). Eco-friendly ZnO/Chitosan bionanocomposites films for packaging of fresh poultry meat. *Coatings*, 10(2), 110. <https://doi.org/10.3390/coatings10020110>
- Tian, Z., Shi, X., Zhang, Y. & Li, R. (2021). An active packaging film based on esterified starch with Tartary buckwheat bran extract and chitosan and its application for mutton preservation. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(12), e16000. <https://doi.org/10.1111/jfpp.16000>
- Wang, D., Liu, Y., Sun, J., Sun, Z., Liu, F., Du, L. & Wang, D. (2021). Fabrication and characterization of gelatin/zein nanofiber films loading perillaldehyde for the preservation of chilled chicken. *Foods*, 10(6), 1277. <https://doi.org/10.3390/foods10061277>
- and shelf-life extension of chicken fillet. *Foods*, 11(21), 3533. <https://doi.org/10.3390/foods11213533>
- Qiu, L., Luo, Q., Bai, C., Xiong, G., Jin, S., Li, H. & Liao, T. (2023). Preparation and Characterization of a Biodegradable Film Using Irradiated Chitosan Incorporated with Lysozyme and Carrageenan and Its Application in Crayfish Preservation. *Foods*, 12(14), 2642. <https://doi.org/10.3390/foods12142642>
- Salimiraad, S., Safaeian, S., Basti, A. A., Khanjari, A. & Nadoushan, R. M. (2022). Characterization of novel probiotic nanocomposite films based on nano chitosan/nano cellulose/gelatin for the preservation of fresh chicken fillets. *Lwt*, 162, 113429. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113429>
- Sayadi, M., Amiri, S. & Radi, M. (2021). Active packaging nanocomposite gelatin-based films as a carrier of nano TiO₂ and cumin essential oil: The effect on quality parameters of fresh chicken. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 1-11. <https://doi.org/10.1007/s11694-021-01169-1>
- Sayadi, M., Amiri, S. & Radi, M. (2021). Active packaging nanocomposite gelatin-based films as a carrier of nano TiO₂ and cumin essential oil: The effect on quality parameters of fresh chicken. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 1-11. <https://doi.org/10.1007/s11694-021-01169-1>
- Wessels, K., Rip, D. & Gouws, P. (2021). Salmonella in chicken meat: Consumption, outbreaks, characteristics, current control methods and the potential of bacteriophage use. *Foods*, 10(8), 1742. <https://doi.org/10.3390/foods10081742>
- Yan, Q., Wang, L., Sun, X., Fan, F., Ding, J., Li, P. & Fang, Y. (2022). Improvement in the storage quality of fresh salmon (*Salmo salar*) using a powerful composite film of rice protein hydrolysates and chitosan. *Food Control*, 142, 109211. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.109211>
- Yuan, D., Hao, X., Liu, G., Yue, Y. & Duan, J. (2022). A novel composite edible film fabricated by incorporating W/O/W emulsion into a chitosan film to improve the protection of fresh fish meat. *Food Chemistry*, 385, 132647.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.13264>
7

Zhang, B., Liu, Y., Peng, H., Lin, Y. & Cai, K. (2023). Effects of ginger essential oil on physicochemical and structural properties of agar-sodium alginate bilayer film and its

application to beef refrigeration. *Meat Science*, 198, 109051.
<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.109051>.

تأثیر پوشش مرکب فعال بر پایه پلی‌وینیل‌الکل/کیتوزان حاوی عصاره آویشن شیرازی (*Zataria multiflora* Boiss.) بر کیفیت داخلی و پوسته تخم مرغ طی انبارمانی

اسماعیل یوسفی زیرابی^a، داریوش خادمی شورمستی^{b*}

^a دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه کشاورزی، واحد سوادکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، سوادکوه، ایران
^b استادیار گروه کشاورزی، واحد سوادکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، سوادکوه، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۰۴/۰۶

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۰۱/۰۱

چکیده

مقدمه: تخم مرغ یکی از منابع ارزان قیمت پروتئینی و با کیفیت تغذیه‌ای متعادل و در عین حال فسادپذیر است. حفظ کیفیت آن طی دوره ذخیره‌سازی چالشی است که باید با استفاده از فناوری‌هایی که ایمنی محصول را تضمین می‌کند، برطرف شود. تحقیق حاضر با هدف تهیه، توصیف و ارزیابی کارایی پوشش نانو چندسازه‌ای بر تغییرات فیزیکیوشیمیایی و میکروبی تخم مرغ طی دوره نگهداری به مدت ۴ هفته اجرا شد.

مواد و روش‌ها: شاخص‌های کیفیت داخلی و پوسته تخم مرغ‌های فاقد پوشش (شاهد) و تخم مرغ‌های تیمار شده با پوشش دو سازه‌ای پلی وینیل‌الکل/کیتوزان (PC)، فیلم سه سازه‌ای پلی وینیل‌الکل/کیتوزان/مونت‌موریلونیت (PCM)، و فیلم‌های PCM حاوی غلظت‌های ۲ و ۴ درصد عصاره آویشن شیرازی در مجموع ۵ تیمار و ۳ تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته‌ها: عصاره آویشن شیرازی در غلظت ۴ درصد اثر ضد میکروبی قوی در برابر *استافیلوکوکوس اورئوس* و متوسط تا قوی در برابر *شرشیاکلی* داشت. فیلم‌های سه‌جزیی PCM فعال دارای ضخامت، استحکام کششی، مدول الاستیسیته، کدورت بیشتر و کرنش، نفوذپذیری کمتر بودند ($p < 0.05$). در پایان ۴ هفته نگهداری، تخم مرغ‌های دارای پوشش نانو سه سازه‌ای PCM فعال، پوسته ضخیم‌تر (0.400 میلی‌متر)، مستحکم‌تر ($3/100$ کیلوگرم)، افت وزنی کمتر (حدود ۴ درصد)، واحدها و ($70/00$) و اندیس زرده ($0/43$) بالاتر و شمار باکتریایی کل کمتر ($4/00 \log \text{cfu/ml}$) بودند.

نتیجه‌گیری: بنابراین می‌توان از فیلم و پوشش نانو سه سازه‌ای PCM حاوی ۴ درصد عصاره آویشن شیرازی به‌عنوان بسته‌بندی زیست تخریب‌پذیر مواد غذایی از جمله تخم مرغ جهت حفظ کیفیت و افزایش زمان نگهداری آن در دمای محیط استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: آویشن شیرازی (*Zataria multiflora* Boiss.)، تخم مرغ، ماندگاری، مونت‌موریلونیت، نانوکامپوزیت

مقدمه

طی سالیان اخیر بدنال بکارگیری مواد و روش‌هایی جهت بسته‌بندی مواد غذایی که ضمن رفع دغدغه‌ها و مخاطرات زیست‌محیطی ناشی از استفاده از مواد مصنوعی، موجب حفظ کیفیت غذا در طول عمر مفید محصول شود، توجه محققان را به خود جلب کرده است. در این خصوص فیلم/پوشش‌های ساخته شده از پلیمرهای زیست تخریب‌پذیر به‌عنوان یک فناوری پیشرو و امیدوارکننده جهت بسته‌بندی فعال مواد غذایی مورد توجه قرار گرفته‌اند.

پلی وینیل‌الکل (PVA) و کیتوزان (CH) از جمله پلیمرهای به‌ترتیب مصنوعی و طبیعی هستند که با دارا بودن توانایی بالا در تشکیل فیلم، خواص مانع خوب، زیست تخریب‌پذیری، عدم سمیت و خواص زیست‌سازگاری مشخص می‌شوند (Yaghoobi et al., 2021). این پلیمرها در برابر آب مقاوم نیستند؛ برای غلبه بر خواص مکانیکی ضعیف PVA معمولاً آن را با کیتوزان مخلوط می‌کنند تا از فعل و انفعالات بین این دو ماده استفاده شود (Liu et al., 2018). مطالعات متعددی بر روی فیلم‌های کامپوزیت ساخته شده از کیتوزان و PVA در کاربردهای غذایی انجام شده است (Choi et al., 2022; Khademi et al., 2023). همچنین نتایج مطالعات نشان داد تشکیل نانوکامپوزیت‌ها با استفاده از سیلیکات‌های لایه‌ای به‌خصوص مونت‌موریلونیت (MMT) می‌تواند ضمن بهبود خواص این محصولات، کارایی مواد ضدباکتریایی طبیعی مانند عصاره‌های گیاهی در بسته‌بندی‌های نانومرکب را از طریق کاهش دسترسی به اکسیژن و رطوبت، افزایش دهند (Dehghan and Roomiani, 2020). نشان داده شد که استفاده از سطوح افزایشی نانورس با بهبود خصوصیات ممانعتی، موجب افزایش کارایی پوشش نانوکامپوزیت شد (Mardani and Khademi, 2020). از طرفی طیف وسیعی از عصاره‌ها و اسانس‌های مشتق گیاهی به‌صورت آنتی‌اکسیدان‌ها و ضد میکروبی‌های طبیعی در فیلم‌ها و پوشش‌ها گنجانده شده است. چراکه عوامل ضدباکتری مصنوعی که عمدتاً برای طولانی‌تر کردن ماندگاری مواد غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند، احتمالاً با عوارض جانبی همراه هستند.

آویشن شیرازی (*Zataria multiflora* Boiss.) از تیره نعناعیان، بومی مناطق گرم ایران، افغانستان و پاکستان

است. عصاره و اسانس مشتق شده از آن به‌دلیل ترکیبات زیست‌فعال کارواکرول، تیمول، سیمن و ترپینن خصوصیات ضد اکسیدانی و ضد میکروبی دارند و لذا به‌تنهایی یا در ترکیب فیلم/پوشش خوراکی مورد استفاده قرار گرفتند (Zafarmand and Khademi, 2021; Sharma et al., 2020).

ارزش غذایی تخم‌مرغ بر اساس کیفیت آن است. کاهش کیفیت داخلی تخم‌مرغ بلافاصله پس از تخم‌گذاری آغاز و تا زمان مصرف به‌طور مستمر و پیشرونده ادامه می‌یابد. تخم‌مرغ در کشورمان غالباً خارج از یخچال و در دمای محیط توزیع و عرضه می‌شود، لذا افزایش ماندگاری تخم‌مرغ‌ها با حفظ کیفیت مشابه تخم‌مرغ‌های تازه، چالشی است که به عوامل متعددی بستگی دارد. می‌توان از پوشش‌دهی تخم‌مرغ جهت محدود کردن از دست دادن آب و انتقال اکسیژن و دی‌اکسیدکربن استفاده کرد و در نتیجه، ماندگاری تخم‌مرغ را حفظ کرد. در این رابطه مطالعات نسبتاً گسترده‌ای با استفاده از مواد پوششی زیست‌پلیمری مختلف مانند کربوکسی‌متیل سلولز، پکتین، کیتوزان و نشاسته (Oliveira et al., 2020; Mota et al., 2017; Suresh et al., 2015; Ehsan and Khademi, 2021) انجام شده است. این مطالعه با هدف ارزیابی ابتدایی خصوصیات مکانیکی، فیزیکی و ضد میکروبی فیلم سه‌جزیی پلی‌وینیل‌الکل، کیتوزان و مونت‌موریلونیت حاوی غلظت‌های ۲ و ۴ درصد عصاره اتانولی آویشن شیرازی و در ادامه بررسی تأثیر پوشش نانومرکب فعال مذکور بر کیفیت داخلی تخم‌مرغ طی دوره نگهداری ۲۸ روزه با تعیین افت وزنی، pH سفیده، واحد هاو و اندیس زرده اجرا شد.

مواد و روش‌ها

مواد

پودر کیتوزان با وزن مولکولی ۱۹۰-۵۰ کیلوالتون (نانو نوین پلیمر، ایران)، پلی‌وینیل‌الکل و نانو مونت‌موریلونیت (MMT, K10) از شرکت سیگما آلدْرِیج (آلمان)، سایر مواد شیمیایی و محیط‌های کشت مورد نیاز با درجه خلوص تجزیه‌ای از شرکت مرک (آلمان) خریداری شد. گیاه آویشن شیرازی از عطاری معتبر محلی خریداری و توسط بخش گیاهشناسی دانشگاه تأیید علمی شد. تخم‌مرغ خوراکی پوسته سفید، بدون ترک خوردگی و بدون آلودگی به مدفوع

منحنی‌های تنش- کرنش تعیین شدند. مدول یانگ^۳ (YM) بر حسب مگاپاسکال به صورت شیب ناحیه الاستیک منحنی‌های تنش-کرنش محاسبه شد. نفوذپذیری در برابر بخار آب^۴ (WVP) فیلم با استفاده از روش Fu و همکاران (۲۰۲۱) اندازه‌گیری شد. کدورت فیلم براساس دستورالعمل شماره 97-D1746 استاندارد ASTM با استفاده از دستگاه اسپکتوفوتومتری (Staffordshire، انگلستان) به صورت نسبت لگاریتم میزان درصد جذب در ۶۰۰ نانومتر بر ضخامت فیلم (میلی‌متر) محاسبه و گزارش شد. فعالیت ضد میکروبی فیلم‌های حاوی عصاره‌های گیاهی با روش دیسک انتشاری ارزیابی شد. دیسک‌های با کشت سطحی سوش‌های استاندارد *استافیلوکوکوس اورئوس* PTCC1431 و *اشریشیا کلی* PTCC1399 (تهیه شده به صورت لیوفیلیزه از مجموعه میکروبی سازمان پژوهش‌های علمی صنعتی ایران) بر روی محیط‌کشت مولر هینتون آگار قرار گرفته و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۷ درجه سلسیوس گرمخانه‌گذاری شدند. اختلاف قطر هاله‌های تشکیل شده پیرامون دیسک‌ها به‌عنوان شاخص فعالیت ضد میکروبی فیلم‌ها در نظر گرفته شد (Ansarifar and Moradinezhad, 2022).

- پوشش‌دهی تخم‌مرغ

تخم‌مرغ‌ها پس از توزین به‌روش غوطه‌وری به مدت ۱ دقیقه در محلول‌های پوششی قرار گرفتند. پس از خروج از محلول‌های پوششی و خشک شدن، تخم‌مرغ‌های تیمار شده و شاهد به مدت ۴ هفته در دمای محیط نگهداری شدند و فراسنجه‌های کیفیت داخلی به‌طور هفتگی اندازه‌گیری و تعیین شدند (Rachtanapun *et al.*, 2022).

- اندازه‌گیری فراسنجه‌های کیفیت تخم‌مرغ

درصد افت وزنی^۵ (WL)، با محاسبه نسبت اختلاف وزن اولیه و نهایی به وزن اولیه تخم‌مرغ اندازه‌گیری شد. جهت ارزیابی واحد هاو^۶ (HU) از رابطه $HU = 100 \log(H + 7.57 - 1.7 W^{0.37})$ استفاده شد که در آن H: ارتفاع سفیده (میلی‌متر) و W: وزن تخم‌مرغ

با میانگین وزنی تقریبی 57 ± 5 گرم از یک مزرعه پرورش مرغ تخمگذار محلی انتخاب و خریداری و با رعایت اصول بهداشتی به آزمایشگاه منتقل شد.

- تهیه عصاره و محلول تشکیل فیلم

ابتدا عصاره‌گیری به‌روش خیساندن با حلال اتانول و به روش توصیفی Choi و همکاران (۲۰۲۲) انجام شد. به‌طور خلاصه مقدار ۳۰ گرم از گیاه پودر شده با ۶۰۰ میلی‌لیتر اتانول (۹۹/۸ درصد) ترکیب و به مدت ۷۲ ساعت در دمای محیط شیکر (RF 602، فاطر الکترونیک)، سپس با کاغذ صافی واتمن شماره ۱ صاف و با استفاده از اواپراتور چرخشی (IKA RV-10، آلمان) در دمای ۴۰ درجه سلسیوس تغلیظ شدند.

محلول کیتوزان (۲ درصد وزنی/حجمی) در اسید استیک ۱ درصد، محلول پلی‌وینیل الکل (۵ درصد وزنی/حجمی) و محلول نانومونت‌موریلونیت (۴ درصد وزنی/وزنی) در آب مقطر آماده شد. در فیلم‌های چندجزیی، هر محلول از PVA، CH، و MMT در نسبت جرمی برابر مخلوط شدند. دو غلظت مختلف (۲ و ۴ درصد) از عصاره آویشن شیرازی (Av) به محلول‌ها مورد نظر اضافه شد و به مدت ۱ ساعت در دمای اتاق همزده شد. فیلم‌ها به‌روش ریخته‌گری تهیه شدند (Haghighi *et al.*, 2019). ۲۰ گرم از محلول در پتری ریخته شده و در آون با دمای ۴۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت خشک و سپس فیلم‌های خشک شده با دقت جدا شده و تا زمان تجزیه و تحلیل در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵۰ درصد نگهداری شدند.

- اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی، مکانیکی و ضد میکروبی فیلم‌ها

ضخامت فیلم با استفاده از یک ریزسنج با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. خصوصیات مکانیکی شامل استحکام کششی^۱ (TS) و ازدیاد طول در نقطه شکست^۲ (EB) با استفاده از دستگاه بافت‌سنج (مدل TA-XT2، انگلستان) مورد ارزیابی قرار گرفت و مطابق با دستورالعمل شماره D882-18 استاندارد ASTM مستقیماً از

³ Tensile strength (TS) ² Elongation at break (EB)

⁴ Water Vapor Permeability (WVP)

³ Young's Modulus (YM)

⁵ Weight Loss (WL)

⁶ Haugh Unit (HU)

پوشش (شاهد) و تخم‌مرغ‌های حاوی پوشش‌های دوجزئی، سه‌جزئی و سه‌جزئی فعال مطابق فرمولاسیون محلول‌های تشکیل‌دهنده فیلم در ارزیابی فراسنجه‌های کیفیت داخلی و پوسته تخم‌مرغ اجرا شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۶ با ۵ تیمار و ۳ تکرار به روش آنالیز واریانس یکطرفه در مورد فیلم‌ها و دو طرفه در مورد پوشش تخم‌مرغ مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند و به صورت انحراف استاندارد \pm میانگین ارائه شدند. میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۹۵ درصد مقایسه شدند.

یافته‌ها

– ارزیابی خصوصیات مکانیکی فیلم

داده‌های جدول ۱ نشان داد اضافه شدن نانو مونت‌موریلونیت به ساختار فیلم مرکب دو جزئی PC و تشکیل فیلم سه‌جزئی PCM موجب افزایش حدود ۱۳ درصدی ضخامت فیلم، حدود ۳۳ درصدی استحکام کششی و حدود ۳ درصدی مدول الاستیسیته و کاهش حدود ۳۲ درصدی ازدیاد طول در نقطه شکست شد ($p < 0.05$). در عین حال غلظت‌های ۲ و ۴ درصد عصاره آویشن موجب افزایش معنی‌دار ضخامت، استحکام کششی و مدول یانگ فیلم مرکب سه‌جزئی PCM نشد. همچنین تشکیل فیلم دوجزئی با افزوده شدن کیتوزان به پلی وینیل‌الکل نیز تأثیر معنی‌داری بر استحکام کششی و مدول یانگ فیلم نداشت اما موجب افزایش ضخامت و کشیدگی در نقطه شکست فیلم دوجزئی PC شد (جدول ۱).

(گرم) است. اندیس زرده 1 (YI)، با اندازه‌گیری ارتفاع (h) و قطر زرده (d) با استفاده از رابطه $YI = h/d$ تعیین شد (Haugh, 1937). استحکام پوسته با استفاده از دستگاه بافت‌سنج و ضخامت پوسته با استفاده از میکرومتر دیجیتال به صورت میانگین اندازه ضخامت ۳ نقطه از پوسته تعیین شد. برای اندازه‌گیری شاخص اسید تیوباربیتوریک (TBA)، ۵ گرم زرده و ۵۰ میکرولیتر BHT به ۱۵ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه و هموژن گردید. ماده هموژن شده و محلول TBA-تری‌کلرواستیک اسید تیمار شده، سپس جذب سوپرناتانت با اسپکتروفتومتر قرائت شد و به صورت میلی‌گرم مالون‌دی‌آلدئید در کیلوگرم (MDA/Kg) نمونه گزارش شد (Draper and Hadeley, 1990). برای ارزیابی آلودگی میکروبی سطح پوسته تخم‌مرغ، با استفاده از روش کشت آمیختنی از نمونه‌ها بر روی محیط پلیت کانت آگار کشت و در دمای ۳۰ درجه سلسیوس به مدت ۷۲ ساعت گرمخانه‌گذاری شدند. سپس پلیت‌ها شمارش و نتایج بر حسب لگاریتم واحد تشکیل دهنده کلنی بر میلی‌لیتر (log cfu/ml) گزارش گردید (Mallmann et al., 1953).

– تجزیه و تحلیل آماری

آزمایش در قالب طرح‌های کاملاً تصادفی با ۵ تیمار شامل محلول تشکیل فیلم‌های پایه PVA، دوجزئی PVA/CH، سه‌جزئی PVA/CH/MMT و سه‌جزئی فعال حاوی غلظت‌های ۲ و ۴ درصد عصاره آویشن شیرازی در ارزیابی فراسنجه‌های فیلم و ۵ تیمار شامل تخم‌مرغ‌های فاقد

جدول ۱- اثر تیمارها بر ضخامت، ویژگی‌های مکانیکی (مقاومت کششی، ازدیاد طول در نقطه شکست و مدول الاستیسیته) فیلم‌ها

Table 1- Effect of treatments on thickness (mm), and tensile strength (MPa), elongation at break (%), young's modulus (MPa) of films

Treatment	Thickness (mm)	Mechanical Properties		
		YM (MPa)	EB (%)	TS (MPa)
P	0.14±0.00 ^c	0.11±0.00 ^b	75.54±1.16 ^b	23.58±1.20 ^b
PC	0.15±0.02 ^b	0.10±0.04 ^b	94.52±2.21 ^a	21.88±3.15 ^b
PCM	0.17±0.00 ^a	0.13±0.07 ^a	64.51±5.12 ^c	29.10±2.15 ^a
PCM+Av2%	0.17±0.02 ^a	0.14±0.05 ^a	65.52±3.47 ^{cd}	31.50±1.86 ^a
PCM+Av4%	0.17±0.01 ^a	0.14±0.03 ^a	71.75±2.14 ^d	30.10±1.13 ^a

Values are presented as Mean±SD, n=3. Means with different superscripts indicate significant differences in column ($P < 0.05$). P: poly(vinyl alcohol), C: Chitosan, M: Montmorillonite, Av: thyme extract, TS: Tensile Strength, EB: Elongation at Break, YM: Young's Modulus

¹ Yolk Index (YI)

فیلم مرکب فعال موجب افزایش قابل توجه قطر ناحیه عدم رشد و به عبارت دیگر اثر ضدباکتریایی فیلم شد ($p < 0.05$). به عبارتی اثر ضدباکتریایی آویشن شیرازی وابسته به غلظت عصاره بود. بیشترین قطر هاله عدم رشد باکتری استافیلوکوکوس اورئوس و اشیریشیا کلی (به ترتیب log cfu/ml ۲۴/۱۵ و ۱۸/۰۰) در فیلم سه‌جزیی فعال حاوی ۴ درصد عصاره آویشن دیده شد.

– ارزیابی افت وزنی، واحد هاو و اندیس زرده تخم‌مرغ

طی دوره نگهداری در تمام تخم‌مرغ‌ها، افت وزنی با یک روند افزایشی، واحد هاو و اندیس زرده با یک روند کاهشی همراه بود (جدول ۳). در پایان دوره نگهداری، تخم‌مرغ‌های فاقد پوشش (شاهد) بیشترین کاهش وزن و کمترین واحد هاو و اندیس زرده را داشتند ($p < 0.05$). پوشش‌دهی تخم‌مرغ‌ها موجب کاهش افت وزنی تخم‌مرغ‌ها شد. اثر افزوده شدن نانو مونت‌موریلونیت به ترکیب پوشش دوجزیی PC و ساخت پوشش سه‌جزیی PCM موجب کاهش معنی‌دار افت وزنی شد اما غلظت‌های ۲ و ۴ درصد عصاره آویشن در پوشش‌های مرکب فعال تأثیر معنی‌داری در افت

– تعیین نفوذپذیری بخار آب و کدورت فیلم

نفوذپذیری فیلم به بخار آب در فیلم دوجزیی تفاوت قابل توجهی نسبت به فیلم پلی وینیل‌الکل نداشت. افزودن نانو مونت‌موریلونیت به ساختار فیلم مرکب موجب کاهش معنی‌دار نفوذپذیری فیلم‌ها شد ($p < 0.05$). غلظت‌های ۲ و ۴ درصد عصاره با وجود کاهش عددی نفوذپذیری به بخار آب، اما تأثیر معنی‌داری بر این فراسنجه فیلم نداشتند. در عین حال فیلم مرکب سه‌جزیی حاوی ۴ درصد عصاره آویشن شیرازی، کمترین نفوذپذیری به بخار آب را داشتند (جدول ۲). افزودن نانو مونت‌موریلونیت به فیلم دوجزیی PC، موجب ساخت فیلم‌های سه‌جزیی و کدر تر شد ($p < 0.05$). همانطوری که در جدول ۲ نشان داده شد؛ سطوح مختلف عصاره آویشن شیرازی تأثیر معنی‌داری بر کدورت فیلم PCM نداشت.

– تعیین قطر هاله عدم رشد باکتری در فیلم‌ها

همانطوری که در شکل ۱ نشان داده شد گنجاندن کیتوزان و نانو مونت‌موریلونیت در ساختار فیلم‌های مرکب موجب افزایش قطر ناحیه عدم رشد هر دو باکتری استافیلوکوکوس اورئوس و اشیریشیا کلی شد. در عین حال بکارگیری غلظت‌های ۲ و ۴ درصد عصاره آویشن شیرازی در ساختار

جدول ۲- اثر تیمارها بر نفوذپذیری بخار آب و کدورت فیلم‌ها

Table 2- Effect of treatments on water vapor permeability ($\text{gmm/m}^2 \text{ h Pa}$) and opacity of films

Treatment	P	PC	PCM	PCM+Av2%	PCM+Av4%
WVP ($\text{gmm/m}^2 \text{ h Pa}$)	6.85 ± 1.61^a	6.00 ± 1.30^a	4.70 ± 0.94^b	4.10 ± 0.85^b	3.90 ± 1.55^b
Opacity	0.84 ± 0.14^b	1.25 ± 0.55^b	2.91 ± 0.80^a	3.12 ± 1.10^a	3.15 ± 1.10^a

Values are presented as Mean \pm SD, n=3. Means with different superscripts indicate significant differences in rows ($P < 0.05$). P: poly(vinyl alcohol), C: Chitosan, M: Montmorillonite, Av: thyme extract, WVP: Water Vapor Permeability

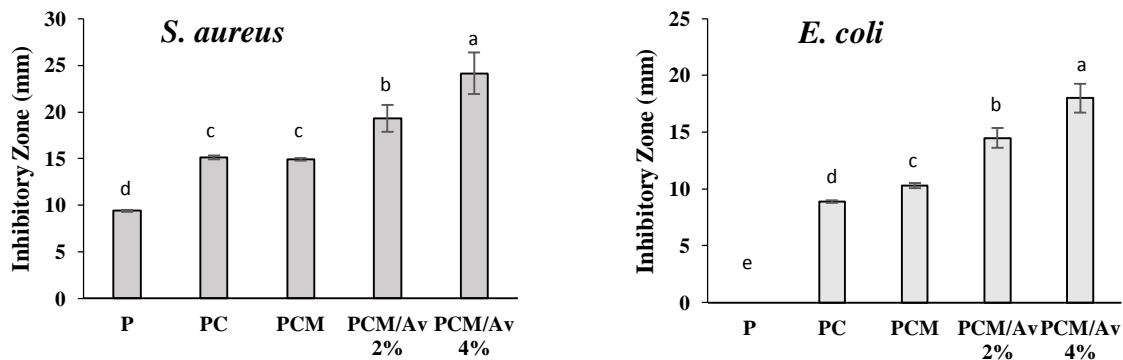


Figure 1- The mean of an inhibitory zone (mm) against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* in films. Means with different superscripts indicate significant differences in column ($P < 0.05$).

شکل ۱- میانگین قطر هاله عدم رشد علیه استافیلوکوکوس و اشیریشیا کلی در فیلم‌ها

میانگین TBA تخم‌مرغ‌ها کمتر باشد. بطور کلی با گذشت زمان نگهداری، کارایی پوشش‌ها در کاهش تغییرات TBA مشهودتر بود.

- **تعیین ضخامت و استحکام پوسته تخم‌مرغ**
در شکل ۳ مقادیر ضخامت و استحکام پوسته تخم‌مرغ‌ها نشان داد؛ پوشش‌دهی پوسته موجب افزایش ضخامت و استحکام پوسته شد ($p < 0.05$). ضخامت پوسته از 0.360 میلی‌متر در تخم‌مرغ‌های فاقد پوشش تا 0.400 میلی‌متر در تخم‌مرغ‌های دارای پوشش مرکب سه‌جزیی فعال حاوی ۴ درصد عصاره آویشن شیرازی متغیر بود. پوسته تخم‌مرغ‌های فاقد پوشش کمترین استحکام ($2/855$ کیلوگرم) را داشتند. استحکام پوسته تخم‌مرغ‌های دارای پوشش مرکب سه‌جزیی PCM بیش از تخم‌مرغ‌های دارای پوشش دوجزبی PC بود. بکارگیری غلظت‌های ۲ و ۴ درصد عصاره آویشن شیرازی تأثیر معنی‌داری بر استحکام پوسته تخم‌مرغ‌های دارای پوشش PCM نداشت.

وزنی تخم‌مرغ‌ها نداشت. تخم‌مرغ‌های حاوی پوشش مرکب سه‌جزیی فعال حاوی غلظت‌های ۲ و ۴ درصد عصاره آویشن در بازه‌های زمانی و پایان دوره نگهداری بیشترین واحد هاو و اندیس زرده را داشتند ($p < 0.05$). در بررسی این فراسنجه‌ها مشخص شد که کارایی پوشش مرکب فعال به غلظت عصاره آویشن وابسته نبود.

- **ارزیابی اندیس اسید تیوباربتوریک**
میانگین اندیس اسید تیوباربتوریک (TBA) زرده تخم‌مرغ طی دوره نگهداری با افزایش تدریجی همراه بود (شکل ۲). در شروع مطالعه میانگین TBA زرده تخم‌مرغ‌ها mg 0.40 MDA/Kg بود. پس از ۴ هفته نگهداری، میانگین TBA در تخم‌مرغ‌های فاقد پوشش به mg 1.95 افزایش یافت، در حالی که کمترین مقدار (mg 0.75 MDA/Kg) این فراسنجه در نمونه‌های دارای پوشش مرکب PCM حاوی ۴ درصد عصاره آویشن دیده شد ($p < 0.05$). در بازه‌های زمانی مورد مطالعه بکارگیری پوشش‌ها به‌خصوص پوشش مرکب سه‌جزیی موجب شد

جدول ۳- اثر پوشش بر افت وزنی (درصد)، واحد هاو و اندیس زرده تخم‌مرغ طی نگهداری

Table 3- Effect of coatings on Weight Loss (%), Haugh Unit and Yolk Index of egg during storage (week)

Treatments	Storage Duration (Week)				
	0	1	2	3	4
Weight Loss (%)					
Ctl	-	1.30 ± 0.30^{dD}	3.25 ± 0.60^{aC}	4.50 ± 0.80^{bB}	6.40 ± 1.00^{aA}
PC	-	0.90 ± 0.25^{dD}	2.50 ± 0.35^{bC}	3.30 ± 0.65^{bB}	5.00 ± 1.10^{bA}
PCM	-	0.65 ± 0.20^{cC}	1.90 ± 0.25^{cB}	2.30 ± 0.55^{cB}	3.70 ± 0.85^{cA}
PCM/Av2%	-	0.70 ± 0.15^{cC}	2.05 ± 0.30^{cB}	2.25 ± 0.30^{cB}	3.75 ± 0.70^{cA}
PCM/Av4%	-	0.70 ± 0.20^{cC}	1.90 ± 0.20^{cB}	2.20 ± 0.45^{cB}	3.90 ± 0.80^{cA}
Haugh Unit					
Ctl	84.75 ± 0.00^{Aa}	61.50 ± 0.55^{Bc}	43.75 ± 0.80^{Cb}	31.45 ± 1.05^{Dd}	27.90 ± 0.85^{Dd}
PC	84.75 ± 0.00^{Aa}	75.70 ± 0.60^{Bb}	70.20 ± 0.75^{Ba}	60.50 ± 0.80^{Cc}	55.00 ± 1.00^{Cc}
PCM	84.75 ± 0.00^{Aa}	80.10 ± 0.50^{Aa}	72.00 ± 0.50^{Ba}	66.50 ± 0.75^{Cb}	61.00 ± 0.90^{Db}
PCM/Av2%	84.75 ± 0.00^{Aa}	81.20 ± 0.90^{Aa}	73.10 ± 0.70^{Ba}	71.00 ± 0.55^{Ba}	68.60 ± 0.80^{Ba}
PCM/Av4%	84.75 ± 0.00^{Aa}	81.40 ± 0.60^{Aa}	74.85 ± 0.65^{Ba}	72.50 ± 0.60^{Ba}	70.00 ± 0.90^{Ba}
Yolk Index					
Ctl	0.49 ± 0.00^{Aa}	0.40 ± 0.05^{Bb}	0.33 ± 0.08^{Cc}	0.27 ± 0.03^{Dc}	0.25 ± 0.04^{Dd}
PC	0.49 ± 0.00^{Aa}	0.42 ± 0.03^{BCb}	0.40 ± 0.05^{Cb}	0.37 ± 0.05^{Db}	0.36 ± 0.05^{Dc}
PCM	0.49 ± 0.00^{Aa}	0.45 ± 0.05^{BCa}	0.43 ± 0.04^{Cab}	0.42 ± 0.07^{CDa}	0.40 ± 0.06^{Db}
PCM/Av2%	0.49 ± 0.00^{Aa}	0.46 ± 0.06^{Ba}	0.44 ± 0.08^{BCa}	0.43 ± 0.03^{BCa}	0.42 ± 0.06^{Ca}
PCM/Av4%	0.49 ± 0.00^{Aa}	0.46 ± 0.04^{Ba}	0.45 ± 0.05^{BCa}	0.44 ± 0.05^{BCa}	0.43 ± 0.00^{Ca}

Values are presented as mean \pm SD, n=3. Means with different superscripts (a-d) in columns and (A-D) in rows indicate significant differences respectively ($P < 0.05$). Ctl: control, P: poly (vinyl alcohol), C: Chitosan, M: Montmorillonite, Av: thyme extract

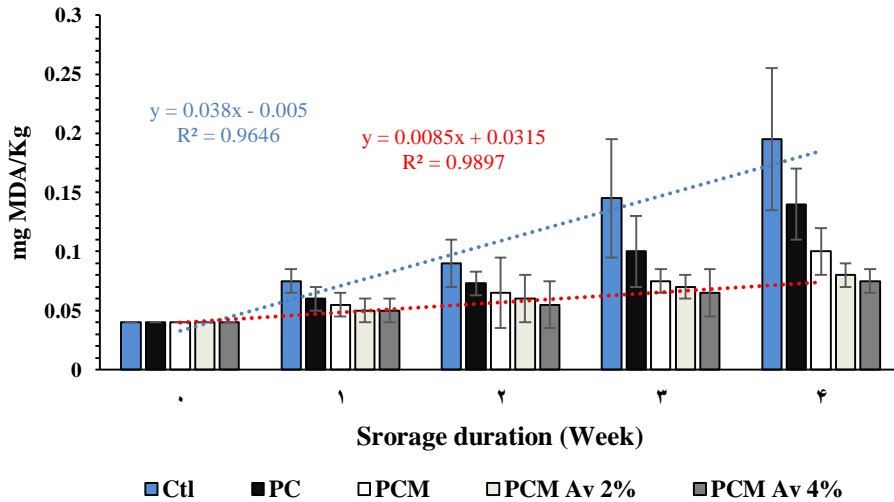


Figure 2- Effect of coatings on thiobarbituric acid (mg MDA/Kg)

Ctrl: control, P: poly (vinyl alcohol), C: Chitosan, M: Montmorillonite, Av: thyme extract

شکل ۳- اثر پوشش بر میانگین اندیس اسید تیوباربتوریک (میلی گرم مالون دی آلدئید بر کیلوگرم) طی نگهداری

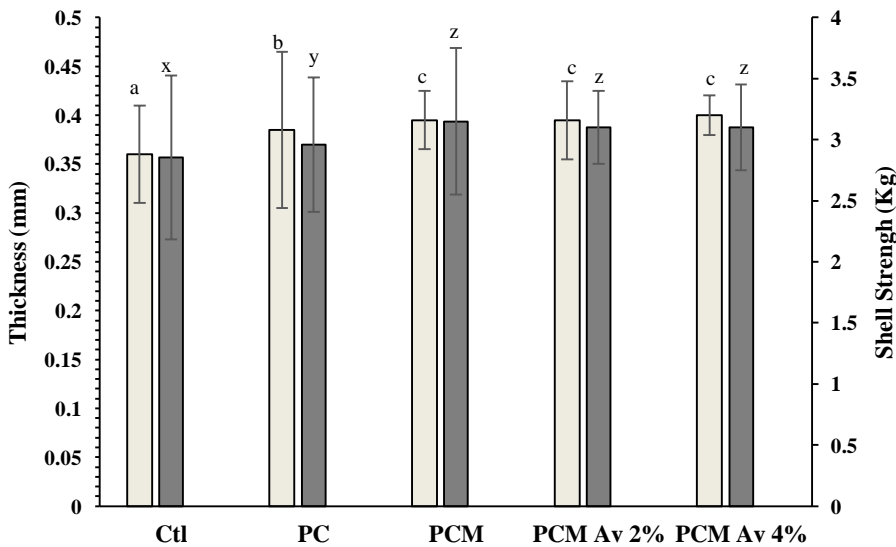


Figure 3- Effect of coatings on eggshell thickness (mm) and shell strength (Kg)

Means with different superscripts (a-c: Thickness and x-z: Shell Strength) indicate significant differences in column (P<0.05). Ctrl: control, P: poly(vinyl alcohol), C: Chitosan, M: Montmorillonite, Av: thyme extract

شکل ۳- اثر پوشش بر ضخامت پوسته (میلی متر) و استحکام پوسته (کیلوگرم) تخم مرغ

در پوسته تخم مرغ های فاقد پوشش و کمترین مقدار (۴/۷۰ Log cfu/ml) در پوسته تخم مرغ های دارای پوشش مرکب PCM فعال حاوی ۴ درصد عصاره آویشن شیرازی دیده شد (p<0.05). بکارگیری عصاره آویشن شیرازی در ترکیب پوشش مرکب PCM موجب بهبود کارایی ضدباکتریایی پوشش ها شد اما تحت تأثیر معنی دار غلظت عصاره نبود.

ارزیابی تغییرات باکتری کل پوسته تخم مرغ - روند تغییرات شمارش کلی باکتریایی بر روی پوسته تخم مرغ طی دوره نگهداری که در شکل ۴ آمده نشان داد با گذشت زمان نگهداری این مقدار با افزایش معنی دار همراه بود. شمارش کلی باکتریایی بر روی پوسته تخم مرغ ها در شروع آزمایش ۲/۷۰ Log cfu/ml بود. در پایان دوره نگهداری، بیشترین تعداد کلی باکتریایی (Log

تأثیر پوشش مرکب فعال بر پایه پلی‌وینیل‌الکل/کیتوزان بر کیفیت داخلی و پوسته تخم‌مرغ طی انبارمانی

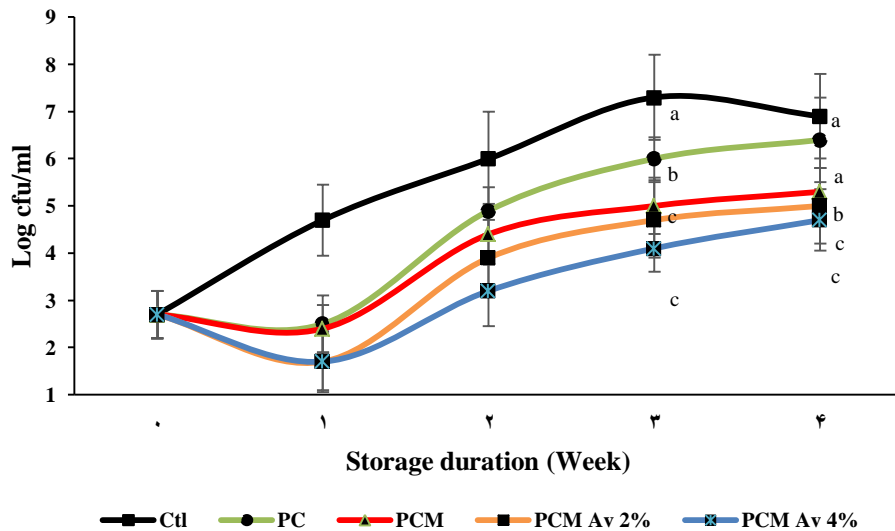


Figure 4- Effect of coatings on eggshell Total Viable Count (Log cfu/ml) during storage. Means with different superscripts indicate significant differences ($P < 0.05$). Ctl: control, P: poly(vinyl alcohol), C: Chitosan, M: Montmorillonite, Av: thyme extract

شکل ۴- اثر پوشش بر شمارش کلی باکتریایی پوسته تخم‌مرغ طی نگهداری

بحث

بررسی نتایج خصوصیات مکانیکی و فیزیکی فیلم‌ها

ضخامت یک فراسنجه مهم در هنگام مطالعه خواص مکانیکی و ممانعتی در برابر بخار آب فیلم‌هاست. هنگامی که حجم محلول ریخته شده روی صفحه یکسان است، تفاوت در ضخامت، ناشی از تفاوت در غلظت کل جامدات در سوسپانسیون‌های تشکیل دهنده فیلم است (Aisyah *et al.*, 2018). همسو با نتایج این تحقیق، تفاوت معنی‌داری بین ضخامت فیلم‌های کنترل صمغ دانه ریحان و فیلم‌های ترکیب شده با نانوامولسیون آویشن شیرازی وجود نداشت (Hashemi Gahruie *et al.*, 2017).

خواص مکانیکی زیست‌پلیمرها مانند استحکام کششی و ازدیاد طول در هنگام شکست به عوامل زیادی از جمله نوع و غلظت ماتریس پلیمری و مواد افزودنی (نرم کننده، عامل اتصال عرضی، پرکننده) بستگی دارد. استحکام کششی حداکثر کششی است که می‌توان تا زمانی که فیلم شکسته شود به دست آورد. هر چه استحکام کششی بیشتر باشد، فیلم خوراکی بهتر می‌تواند آسیب مکانیکی را تحمل کند [۴]. نتایج آزمون استحکام کششی (TS) نشان داد که افزودن نانو مونت‌موریلونیت و متعاقباً عصاره باعث افزایش

TS فیلم‌های خوراکی شد. این نشان می‌دهد که عصاره‌ها می‌توانند به عنوان عوامل پیوند متقابل عمل کنند. پیوند متقاطع به این دلیل ایجاد شد که مولکول‌هایی که وزن مولکولی پایینی دارند می‌توانند راحت‌تر وارد بافت زمینه‌ای شوند. فعل و انفعالات بین مولکولی منجر به پیوندهای عرضی بین زنجیره‌ها می‌شود که منجر به بهبود خواص فیلم می‌شود (Azizah *et al.*, 2023). گزارش شد که گنجاندن ۳ درصد نانوامولسیون آویشن شیرازی در فیلم‌های خوراکی مبتنی بر صمغ دانه ریحان، مقدار TS را افزایش داد (Hossain *et al.*, 2018). علاوه بر این، TS فیلم‌های بر پایه متیل سلولز که با نانوامولسیون گیاهی (پونه کوهی و آویشن) ترکیب شدند، تقریباً ۳۰٪ افزایش یافت (Ma *et al.*, 2008). این پدیده را می‌توان با تقویت شبکه ناشی از پیوندهای هیدروژنی گسترده (برهم‌کنش‌های دوقطبی-دوقطبی) بین گروه‌های قطبی توضیح داد (Hashemi Gahruie *et al.*, 2017).

ازدیاد طول در هنگام شکست (EB) حداکثر تغییر طولی است که فیلم تا زمانی که شکسته شود تجربه می‌کند. در این تحقیق گنجاندن نانو مونت‌موریلونیت موجب کاهش EB فیلم‌ها شد. در عین حال در فیلم‌های سه‌جزیی PCM، افزودن ۲ و ۴ درصد عصاره موجب افزایش EB این دسته از فیلم‌ها شد. ممکن است عصاره به‌عنوان یک نرم‌کننده

عمل کرده و باعث پلاستیکی‌تر شدن فیلم‌ها شود که با تحقیق Azizah و همکاران (۲۰۲۳) مطابقت دارد. به‌طور کلی، مواد با استحکام کششی بالا و مدول یانگ، اما درصد کرنش کم، بدون در نظر گرفتن ضخامت ماده، دارای پیوند متقاطع بالاتری هستند (Kaur et al., 2024). نتایج نشان می‌دهد که مواد زمینه‌ای و افزودنی‌ها در فیلم‌های کامپوزیت و فعال تأثیر قابل‌توجهی بر خواص مکانیکی فیلم‌های خوراکی دارند.

نفوذپذیری به بخار آب (WVP) به‌صورت آزاد شدن رطوبت از طریق بخش آبدوست ماتریس فیلم تعریف می‌شود و یکی از مهم‌ترین عواملی است که باید در هنگام انتخاب بسته‌بندی برای نگهداری مواد غذایی در نظر گرفته شود (Ghani et al., 2018). فیلم‌هایی که به‌عنوان بسته‌بندی یا پوشش استفاده می‌شوند باید انتقال رطوبت از محصول به محیط را کنترل کنند تا مانع از دهیدراته شدن مواد غذایی شده یا آن را کاهش دهند، بنابراین WVP فیلم‌های خوراکی باید تا حد امکان پایین باشد (Ma et al., 2008). در این تحقیق، گنجاندن غلظت‌های ۲ و ۴ درصد عصاره آویشن شیرازی به فیلم سه‌جزیی تأثیر معنی‌داری بر WVP فیلم نداشت. افزایش غلظت امولسیون‌های گیاهی تا یک غلظت مشخص، WVP فیلم‌ها را کاهش می‌دهد، به احتمال زیاد به این دلیل که گنجاندن امولسیون خاصیت آبریز محلول‌های فیلم را افزایش می‌دهد (Acevedo-Fani et al., 2015). نتیجه تحقیق نشان داد در حالی‌که ادغام ۰/۲ درصد اسانس دارچین در فیلم‌های خوراکی تأثیر قابل‌توجهی بر WVP نداشت، هنگامی‌که غلظت اسانس از ۰/۴ به ۰/۸ درصد افزایش یافت، WVP فیلم‌های خوراکی به‌طور قابل‌توجهی کاهش یافت (Ghani et al., 2018). علاوه بر این، WVP در فیلم‌های نانوکامپوزیت برپایه متیل سلولز/نانوبلور سلولز حاوی ترکیبی از نانوامولسیون‌های آویشن و پونه کوهی در مقایسه با فیلم کنترل برپایه متیل سلولز حدود ۹ درصد کاهش یافت (Hossain et al., 2018). این کاهش قابل توجه در WVP در تطابق با یافته‌های تحقیق حاضر هنگام افزودن نانو مونت‌موریلونیت به ترکیب فیلم دوجزبی PC، به پراکندگی نانو بلور سلولز در ماتریس نسبت داده شد، که منجر به طول مسیر طولانی‌تر برای مولکول‌های پخش‌کننده بخار آب به دلیل اثر

پیچ‌خوردگی شد (Kong et al., 2022). از طرف دیگر می‌توان کاهش نفوذپذیری به بخار آب را به ایجاد برهم‌کنش قوی بین نانوذرات خاک رس و زیست‌پلیمرها نسبت داد. در واقع، این برهم‌کنش‌ها فراسنجه انتشارپذیری را که در تعیین مقدار نفوذپذیری بسیار مؤثرند، تحت تأثیر قرار می‌دهد. زیرا با قرارگیری لایه‌های نانوذرات خاک رس در بین زنجیره‌ها و کاهش فضای آزاد مقدار انتشارپذیری مولکول‌های آب کنترل می‌شود (Zahed Karkaj & Peighamardoust, 2018).

شفافیت از ویژگی‌های نوری فیلم‌ها هستند که بر ظاهر، قابلیت‌های بازار و مناسب بودن آن‌ها برای کاربردهای مختلف تأثیر می‌گذارند. کدورت فیلم نشان دهنده ممانعت فیلم در برابر عبور نور است که می‌تواند به محصول آسیب برساند. در این تحقیق بیشترین کدورت با افزودن عصاره به ترکیب فیلم دیده شد. انتقال نور به توزیع عصاره در ماتریس فیلم و فعل و انفعالات بین عصاره، و سایر اجزای فیلم بستگی دارد که باعث تفاوت در مورفولوژی ماتریس فیلم با انتقال نور می‌شود. عصاره می‌تواند از انتقال نور از طریق فیلم‌ها جلوگیری کند. این کاهش در انتقال نور احتمالاً ناشی از پراکندگی نور در سطح مشترک قطرات عصاره تعبیه شده در ماتریس فیلم است. در مواد شفاف، عدم یکنواختی در ترکیب مواد باعث تغییرات قابل توجهی در خواص نوری می‌شود. بنابراین، ادغام عصاره در فیلم‌ها به‌طور مستقیم بر انتقال نور و شفافیت فیلم‌های حاصل تأثیر می‌گذارد (Azizah et al., 2023).

- بررسی نتایج خصوصیات ضد میکروبی فیلم‌ها

اثر ضد میکروبی عصاره آویشن شیرازی در این تحقیق وابسته به غلظت بود. نشان داده شد فیلم‌های حاوی ۰/۸ درصد اسانس دارچین، هر دو باکتری گرم مثبت و گرم منفی را مهار کرد، در حالی‌که در غلظت‌های ۰/۴ و ۰/۶ درصد هیچ اثر بازدارنده‌ای نداشتند یا فقط باکتری‌های گرم مثبت را مهار کردند (Ghani et al., 2018). حضور مولکول‌های تیمول، که ترکیب اصلی در آویشن است، احتمالاً مسئول اثر مهار قوی گزارش شده در فیلم‌های حاوی آن است. این ترکیب می‌تواند از طریق فعل و انفعالات آبریز به پروتئین‌های غشایی سلول‌های میکروبی

بچسبد و بر نفوذپذیری غشاء تأثیر بگذارد (Acevedo- Fani et al., 2015). از طرفی، بالاتر بودن کارایی ضد میکروبی فیلم‌های حاوی کیتوزان ممکن است به دلیل فعالیت ضد میکروبی ذاتی آن باشد. متداول‌ترین مکانیسم اثر ضد میکروبی کیتوزان مبتنی بر حضور گروه‌های آمینه با بار مثبت است که به تعامل کیتوزان با بار منفی کمک می‌کند. اجزای دیواره سلولی میکروارگانیسم‌ها حساس هستند و در نهایت باعث اختلال در سلول می‌شوند (Nagy et al., 2011). در مورد هر دو باکتری، تهیه فیلم‌های مرکب صرفنظر از وجود عصاره، توانست کارایی ضد میکروبی فیلم‌ها را افزایش دهد. این نتیجه ممکن است به دلیل تجمع بیش از حد مواد ضد میکروبی ناشی از تشکیل لایه‌های متعدد باشد که ممکن است از انتشار ماده ضد میکروبی جلوگیری کند (Choi et al., 2022).

قطر بیش از ۲۰ میلی‌متر ناحیه بازدارنده رشد باکتری به‌عنوان اثر قوی ضد باکتری، ۶ تا ۱۰ میلی‌متر به‌عنوان اثر ضد باکتریایی متوسط و کمتر از ۵ میلی‌متر به‌عنوان اثر ضد باکتری ضعیف طبقه‌بندی می‌شوند (Naseri et al., 2020). بر این اساس می‌توان گفت غلظت‌های ۲ و ۴ درصد عصاره آویشن شیرازی در برابر استافیلوکوکوس اثر ضدباکتریایی قوی (۲۴/۵ - ۱۹/۳ میلی‌متر) و در برابر اشیریشیا کلی اقر ضد باکتریایی متوسط تا قوی (۱۸/۰۰ - ۱۴/۵۰ میلی‌متر) داشته است.

بررسی نتایج فراسنجه‌های کیفیت داخلی تخم‌مرغ - یکی از روش‌های مستقیم در ارزیابی کیفیت تخم‌مرغ، کاهش وزن از طریق تبخیر آب است. کاهش وزن در طول دوره ذخیره‌سازی را می‌توان با از دست دادن آب از آلبومین به محیط به دلیل نفوذپذیری پوسته تخم‌مرغ به بخار و گازها مرتبط دانست. از دست دادن جرم به‌طور مستقیم با فراسنجه‌های دیگری مانند درصد، ضخامت، استحکام و چگالی پوسته تخم‌مرغ نیز مرتبط است. بنابراین، می‌توان کیفیت تخم‌مرغ‌ها را با پایش افت وزنی ارزیابی کرد (Almeida e Silva et al., 2020). مطابق جدول ۳ پوشش‌دهی تخم‌مرغ‌ها توانست مانع از توسعه فرآیند افت وزنی در طول دوره ذخیره‌سازی شود. کاهش حدود ۶۰ درصدی افت وزنی در طول دوره نگهداری که در تخم‌های پوشش‌داده شده با PCM مشاهده شد، می‌تواند با افزایش

کیفیت تخم‌مرغ در ارتباط باشد، زیرا کاهش ارتفاع آلبومین را کاهش می‌دهد و فعالیت ضد میکروبی پروتئین‌ها را حفظ می‌کند (Pires et al., 2020). پوشش زیست تخریب‌پذیر توسعه یافته مورد استفاده توانست از تخم‌مرغ‌ها در برابر از دست دادن رطوبت از طریق تبخیر محافظت کند. پوشش‌ها به‌عنوان یک لایه روی سطح تخم‌مرغ‌ها، عمدتاً روی ریزش‌کستگی‌ها و منافذ عمل می‌کند. عملکرد آنها باعث افزایش ماندگاری محصول می‌شود، زیرا به‌عنوان یک سد فیزیکی و/یا از نظر بیولوژیکی فعال در برابر میکروارگانیسم‌ها و از دست دادن جرم عمل می‌کند (Almeida e Silva et al., 2020).

هر چه زمان نگهداری طولانی‌تر شود، تبخیر بخار آب و دی‌اکسید کربن افزایش می‌یابد که باعث نازک‌تر شدن سفیده تخم‌مرغ غلیظ و کاهش ویسکوزیته سفیده تخم‌مرغ می‌شود. رقیق شدن سفیده تخم‌مرغ به دلیل تغییر در ساختار ژل آن، به دلیل آسیب فیزیکی‌شیمیایی به الیاف اوموسین که باعث آزاد شدن آب از شبکه‌های تشکیل شده آن می‌شود، رخ می‌دهد (Pires et al., 2020). از طرفی، نفوذ مداوم و پیش‌رونده آب از سفیده به زرده از طریق غشا ویتلینی ناشی از فشار اسمزی موجب آبکی شدن و مسطح شدن زرده و در نتیجه کاهش شاخص زرده طی دوره نگهداری می‌شود (Caner & Yuceer, 2015). در برخی کشورها از واحد هاو (از کمتر از ۳۱ تا بیشتر از ۷۲) برای درجه‌بندی تخم‌مرغ استفاده می‌شود. مطابق جدول ۳ در پایان دوره نگهداری، درجه تخم‌مرغ‌های فاقد پوشش به تدریج از AA (بیش از ۷۲) در شروع به C (کمتر از ۳۱) در پایان دوره نگهداری تغییر یافت در حالی که تخم‌مرغ‌های حاوی پوشش نانو مرکب سه سازه‌ای در پایان هفته چهارم درجه A (بیش از ۶۰) داشتند. اندیس زرده تخم‌مرغ‌های پوشش‌دار تا پایان دوره نگهداری در محدوده استاندارد (۰/۴۵ - ۰/۳۰) بودند در حالی که اندیس زرده تخم‌مرغ‌های فاقد پوشش در پایان هفته سوم خارج از محدوده استاندارد قرار گرفت. بنابراین بکارگیری پوشش، موجب کاهش از دست دادن دی‌اکسید کربن و رطوبت و کند شدن تغییرات ساختاری سفیده ناشی از افزایش فشار اسمزی بین سفیده و زرده و در نتیجه بهبود کیفیت زرده می‌شود (Xu et al., 2018). در تطابق با یافته‌های تحقیق حاضر، نشان داده شد استفاده از پوشش کامپوزیت فعال

موجب حفظ و بهبود شاخص‌های کیفیت داخلی تخم‌مرغ شد (Ehsan & Khademi, 2021; Ehsan & Khademi, 2022; Khademi *et al.*, 2023; Roudashtian *et al.*, 2021).

آویشن شیرازی حاوی ترکیبات فنلی به‌ویژه کارواکرول و تیمول است. اتم‌های هیدروژن از گروه هیدروکسیل در ترکیبات فنلی الکترونی‌هایی را برای اتصال به رادیکال‌های آزاد اهدا می‌کنند و از اکسید شدن سایر اجزا جلوگیری می‌کنند (Azizah *et al.*, 2023). از ارزیابی TBA می‌توان به‌عنوان شاخصی جهت تعیین محصولات ثانویه اکسیداسیون لیپید زرده تخم‌مرغ استفاده کرد. در شکل ۲ نشان داده شد که TBA در تمامی گروه‌ها با افزایش تدریجی همراه بود اما پوشش‌دهی تخم‌مرغ با نانوکامپوزیت فعال حاوی ۴ درصد عصاره، موجب کاهش روند اکسیداسیون لیپید طبق معادله درجه اول با $R^2 = 0.9897$ شد که با خواص آنتی‌اکسیدانی محتوای ترکیبات فنلی آویشن شیرازی مرتبط است. در عین حال روند افزایش TBA در تخم‌مرغ‌های فاقد پوشش با سرعت بیشتر و طبق معادله درجه اول با $R^2 = 0.9646$ (y = 0.038x - 0.005) به ۰/۱۹۵ میلی‌گرم مالون‌دی‌آلدئید در کیلوگرم رسید. مطالعات نشان داد که کنترل تبادلات گازها با محیط منجر به کمبود اکسیژن موجود جهت تنفس و در نتیجه مهار فرآیندهای متابولیک و در نهایت تأخیر در اکسیداسیون چربی می‌شود (Bonilla *et al.*, 2012). نتایج این تحقیق در تطابق با مطالعه قبلی با استفاده از پوشش نانوکامپوزیت کربوکسی‌متیل سلولز حاوی عصاره مرزنجوش بود (Ehsan & Khademi, 2021).

- بررسی نتایج فراسنجه‌های فیزیکی و میکروبی پوسته تخم‌مرغ

کیفیت فیزیکی پوسته از اهمیت اقتصادی زیادی برخوردار است. چراکه پوسته ضخیم و البته مستحکم، با کاهش نسبت تخم‌مرغ‌های حذفی به دلیل ترک خوردگی یا شکستگی، موجب افزایش ماندگاری و در نهایت منافع اقتصادی می‌گردد (Caner & Yuceer, 2015). گنجاندن نانو رس و عصاره به ترکیب پوشش موجب افزایش تدریجی ضخامت پوسته شد. ضخامت پوسته تخم‌مرغ‌های

حاوی پوشش نانومرکب فعال حدود ۱۱ درصد بیشتر از پوسته فاقد پوشش بود (۰/۴۰۰ در برابر ۰/۳۶۰ میلی‌متر). استحکام پوسته نیز از روند مشابهی پیروی کرد. استحکام پوسته تخم‌مرغ‌های حاوی پوشش نانومرکب فعال حدود ۸/۵ درصد بیشتر از پوسته فاقد پوشش بود (۳/۱۰۰ در برابر ۲/۸۵۵ کیلوگرم). همچنین داده‌ها نشان داد بین ضخامت و استحکام پوسته همبستگی مثبت شدیدی (۰/۹۲۹) وجود داشت. لذا تخم‌مرغ‌های ضخیم‌تر حاوی پوشش نانومرکب فعال، استحکام و قدرت بیشتری داشتند. در تحقیقات مشابهی نشان داده شد؛ بکارگیری پوشش نانو مرکب موجب افزایش قدرت و استحکام پوسته تخم‌مرغ شد (Roudashtian *et al.*, 2022; Ehsan & Khademi, 2022).

عمر مفید تخم‌مرغ معمولاً بین ۲۱ تا ۳۵ روز متغیر است. ماندگاری با کیفیت تخم‌مرغ مرتبط است که می‌تواند تحت تأثیر شرایط محیطی مانند دما و رطوبت نسبی باشد. باکتری‌ها می‌توانند بیوفیلم‌هایی را روی سطوح پوسته تخم‌مرغ تشکیل دهند که موجب تسهیل بقای طولانی مدت‌تر آن می‌شود و معمولاً در دماهای بالاتر رخ می‌دهد (Chousalkar *et al.*, 2021). تعداد باکتریایی کل (TVC) روی پوسته تخم‌مرغ تحت تأثیر عوامل مدیریت مزرعه و شیوه‌های نگهداری تخم‌مرغ بوده و از اهمیت قابل توجهی برخوردار است زیرا با ایمنی تخم‌مرغ و ماندگاری محصول مرتبط است (Chousalkar *et al.*, 2021). مطابق شکل ۴ پوشش‌دهی به‌طور معنی‌داری بر کاهش روند آلودگی پوسته تأثیر مثبت داشت. به دلیل ماهیت ذاتی ضد میکروبی کیتوزان و نیز نقش نانو مونت‌موریلونیت در تشکیل لایه‌های متعدد که ممکن است از انتشار ماده ضد میکروبی عصاره آویشن شیرازی از سوی دیگر، شمارش باکتریایی کل در پوسته تخم‌مرغ‌های حاوی پوشش نانومرکب فعال کمتر بود.

مونت‌موریلونیت، پس از پراکنش در آب به باکتری‌هایی با بار منفی حمله کرده و آنها را جذب و خواص ضد میکروبی مواد را تقویت میکند. نشان داده شد که نمونه‌های فیلم کربوکسی‌متیل سلولز دارای انواع نانوذرات خاک‌رس دارای اثر ضد میکروبی علیه باکتری‌های استافیلوکوکوس اورئوس و اشریشیا کلی بود (Zahed

starch-based edible film incorporated with nutmeg oil nanoemulsion. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 352, 012050.

Almeida e Silva, T., Fernando Gorup, L., Pires de Araújo, R., Graciano Fonseca, G., Martelli, S.M., Pires de Oliveira, K.M. & Faraoni, L.H. (2020). Synergy of biodegradable polymer coatings with quaternary ammonium salts mediating barrier function against bacterial contamination and dehydration of eggs. Food and Bioprocess Technology, 13, 2065-2081. <https://doi.org/10.1007/s11947-020-02545-3>

Ansarifar, E. & Moradinezhad, F. (2022). Encapsulation of thyme essential oil using electrospun zein fiber for strawberry preservation. Chemical and Biological Technologies in Agriculture, 9, 1-11. <https://doi.org/10.1186/s40538-021-00267-y>

Azizah, F., Nursakti, H., Ningrum, A. & Supriyadi, S. (2023). Development of edible composite film from fish gelatin-pectin incorporated with lemongrass essential oil and its application in chicken meat. Polymers, 15, 2075. <https://doi.org/10.3390/polym15092075>

Bonilla, J., Atares, L., Vargas, M. & Chiralt, A. (2012). Edible films and coatings to prevent the detrimental effect of oxygen on food quality: possibilities and limitations. Journal of Food Engineering, 110(2), 208-213. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.05.034>

Burt, S. (2004). Essential oil: their antibacterial properties and potential applications in foods e a review. International Journal of Food Microbiology, 94, 223-253.

Caner, C. & Yuceer, M. (2015). Efficacy of various proteinbased coating on enhancing the shelf life of fresh eggs during storage. Poultry Science, 94, 1665-1677.

Choi, H.J., Choi, S.W., Lee, N. & Chang, H.J. (2022). Antimicrobial activity of chitosan/gelatin/ Poly (vinyl alcohol) ternary blend film incorporated with *Duchesnea indica* extract in strawberry applications. Foods, 11, 3963. <https://doi.org/10.3390/foods11243963>

Chousalkar, K.K., Khan, S. & McWhorter, A.R. (2021). Microbial quality, safety and storage of eggs. Current Opinion in Food Science, 38, 91-95. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.10.022>

Dehghan, H. & Roomiani, L. (2020). Antimicrobial activity of nanoclay films enriched with citrus aurantium essential oil against indicator food borne pathogens in

تیمول و کارواکرول موجود در آویشن نقش مهمی در خاصیت ضدباکتریایی عصاره دارند. افزوده شدن عصاره به ترکیب پوشش مرکب، به دلیل اثر همکوشی افزودنی‌ها، منجر به مقاومت بیشتر تخم‌مرغ‌ها در برابر فساد میکروبی و اکسیداتیو شد. یکی از سازو کارهای پیشنهادی عمل ضد میکروبی عصاره‌های گیاهی، تماس مستقیم بین اجزای عصاره و غشاهای باکتریایی است که منجر به نفوذپذیری یونی و متعاقباً نشت اجزای حیاتی داخل سلولی می‌شود (Burt, 2004).

نتیجه‌گیری

یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد فیلم‌های سه‌جزیی (پلی‌وینیل‌الکل/کیتوزان/مونت‌موریلونیت) فعال با دارا بودن برخی خصوصیات فیزیکی و مکانیکی به‌ویژه WVP پایین‌تر، استحکام کششی بالاتر و در عین حال خصوصیات ضد میکروبی بهتر می‌توانند به راحتی جایگزین فیلم‌های پلاستیکی مانند پلی‌اتیلن شوند. پوشش‌دهی تخم‌مرغ با محلول سه‌سازه‌ای فعال به دلیل خواص ضد میکروبی و ضد اکسیداتیو عصاره آویشن شیرازی و خواص ضد میکروبی و تقویت‌کنندگی نانو مونت‌موریلونیت با انسداد منافذ پوسته و جلوگیری از تبادل گاز، رطوبت و میکروارگانیسم‌ها، ضمن ایجاد پوسته ضخیم‌تر و مستحکم‌تر، موجب کاهش افت وزنی، کاهش تغییرات TBA، واحد‌ها و اندیس زرده بالاتر و شمارش باکتریایی کل پایین‌تر طی دوره نگهداری شده و در نهایت منجر به افزایش زمان ماندگاری تخم‌مرغ حداقل به مدت ۲-۳ هفته شد. لذا استفاده از پوشش نانومرکب سه‌سازه‌ای فعال حاوی ۴ درصد عصاره آویشن شیرازی به عنوان بسته‌بندی زیست تخریب‌پذیر تخم‌مرغ طی دوره نگهداری در دمای محیط توصیه می‌شود.

منابع

Acevedo-Fani, A., Salvia-Trujillo, L., Rojas-Graü, M.A. & Martín-Belloso, O. (2015). Edible films from essential-oil-loaded nanoemulsions: Physicochemical characterization and antimicrobial properties. Food Hydrocoll., 47, 168-177.

Aisyah, Y., Irwanda, L.P., Haryani, S. & Safriani, N. (2018). Characterization of corn

fishery products. Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology, 14(4), 103-111. [In Persian].

Draper, H.H. & Hadeley, M. (1990). Malondialdehyde determination as index of lipid peroxidation. Methods Enzym, 186, 421-431. [https://doi.org/10.1016/0076-6879\(90\)86135-i](https://doi.org/10.1016/0076-6879(90)86135-i)

Ehsan, M. & Khademi Shurmasti, D. (2021). Effect of washing and active nanocomposite coating of carboxymethyl cellulose-nanoclay containing marjoram extract (*Origanum vulgare* L) on egg quality during storage at ambient temperature. Iranian Journal of Food Science and Technology, 118(18), 107-118. <https://doi.org/10.52547/fsct.18.09.09> [In Persian].

Ehsan, M. & Khademi Shurmasti, D. (2022). Effects of washing and nanocomposite active coating of carboxymethyl cellulose containing nanoclay and marjoram extract (*Origanum vulgare* L) on the internal quality and eggshell during cold storage. Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology, 16(4), 111-120 (In Persian).

Fu, B., Mei, S., Su, X., Chen, H., Zhu, J., Zheng, Z., Lin, H., Dai, C., Luque, R. & Yang, D.P. (2021). Integrating waste fish scale-derived gelatin and chitosan into edible nanocomposite film for perishable fruits. International Journal of Biological Macromolecules, 191, 1164-1174. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.09.171>

Ghani, S., Barzegar, H., Noshad, M. & Hojjati, M. (2018). The preparation, characterization and in vitro application evaluation of soluble soybean polysaccharide films incorporated with cinnamon essential oil nanoemulsions. International Journal of Biological Macromolecules, 112, 197-202.

Haghighi, H., De Leo, R., Bedin, E., Pfeifer, F., Siesler, H.W. & Pulvirenti, A. (2019). Comparative analysis of blend and bilayer films based on chitosan and gelatin enriched with LAE (lauroyl arginate ethyl) with antimicrobial activity for food packaging applications. Food Packaging and Shelf Life, 19, 31-39. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2018.11.015>

Hashemi Gahrui, H., Ziaee, E., Eskandari, M.H. & Hosseini, S.M.H. (2017). Characterization of basil seed gum-based edible films incorporated with Zataria

multiflora essential oil nanoemulsion. Carbohydrate Polymers, 166, 93-103.

Haugh, R.R. (1937). A new method for determining the quality of an egg. US Egg Poultry, 39, 27-49.

Hossain, F., Follett, P., Vu, K.D., Salmieri, S., Frascini, C., Jamshidian, M. & Lacroix, M. (2018). Antifungal activity of combined treatments of active methylcellulose-based films containing encapsulated nanoemulsion of essential oils and γ -irradiation: In vitro and in situ evaluations. Cellulose, 26, 1335-1354.

Kaur, N., Somasundram, C., Razali, Z., Mourad, A.H.I., Hamed, F. & Ahmed, Z.F.R. (2024). Aloe vera/chitosan-based edible film with enhanced antioxidant, antimicrobial, thermal, and barrier properties for sustainable food preservation. Polymers, 16, 242. <https://doi.org/10.3390/polym16020242>

Khademi Shurmasti, D., Riazi Kermani, P., Sarvarian, M. & Godswill Awuchi, CH. (2023). Egg shelf life can be extended using varied proportions of polyvinyl alcohol/chitosan composite coatings. Food Science & Nutrition, 11, 5041-5049. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3394>

Kong, I., Degraeve, P. & Pui, L.P. (2022). Polysaccharide-based edible films incorporated with essential oil nanoemulsions: physico-chemical, mechanical properties and its application in food preservation- a review. Foods, 11, 555. <https://doi.org/10.3390/foods11040555>

Liu, L., Wang, S. & Lan, W. (2017). Fabrication of antibacterial chitosan-PVA blended film using electrospray technique for food packaging applications. International Journal of Biological Macromolecules, 107, 848-854. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.09.044>

Ma, X., Chang, P.R. & Yu, J. (2008). Properties of biodegradable thermoplastic pea starch/carboxymethyl cellulose and pea starch/microcrystalline cellulose composites. Carbohydrate Polymers, 72, 369-375.

Mallmann, W.L., Dawsan, L.E., Sultzer, B.M. & Wright, H.L. (1953). Studies on microbiological methods for predicting self-life of dressed poultry. Food Technology, 7, 122-125.

Mardani Kiasari, M. & Khademi Shurmasti, D. (2020). Effect of lemon grass (*Cymbopogon citratus*) extract and nanoclay in nanocomposite coating on the physicochemical and microbial properties of chicken fillets

during refrigerated storage. *Journal of Food Science and Technology*, 106(17), 13-21. [In Persian].

Nagy, A., Harrison, A., Sabbani, S., Munson, R.S., Dutta, P.K. & Waldman, W.J. (2011). Silver nanoparticles embedded in zeolite membranes: Release of silver ions and mechanism of antibacterial action. *International Journal of Nanomedicine*, 6, 1833.

Naseri, H.R., Beigmohammadi, F., Mohammadi, R. & Sadeghi, E. (2020). Production and characterization of edible film based on gelatin - chitosan containing *Ferulago angulate* essential oil and its application in the prolongation of the shelf life of turkey meat. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44, e14558. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14558>

Oliveira, G.S, dos Santos, V.M, Rodrigues, J.C. & Santana, A.P. (2020). Conservation of the internal quality of eggs using a biodegradable coating. *Poultry Science*, 99, 7207-7213. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.09.057>

Pires, P. G. S., Leuven, A. F. R., Franceschi, C. H., Machado, G. S., Pires, P. D. S., Moraes, P. O., Kindlein, L. & Andretta, I. (2020). Effects of rice protein coating enriched with essential oils on internal quality and shelf life of eggs during room temperature storage. *Poultry Science*, 99(1), 604–611. <https://doi.org/10.3382/ps/pez546>

Rachtanapun, P., Homsaard, N., Kodsangma, A., Phongthai, S., Leksawasdi, N., Phimolsiripol, Y. & Seesuriyachan, P. (2022). Effects of storage temperature on the quality of eggs coated by cassava starch blended with carboxymethyl cellulose and paraffin wax. *Poultry Science*, 101, 101509. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101509>

Roudashtian, R., Shabani, Sh. & Asadi, GH. (2021). Effect of active coating with carboxymethyl cellulose and tragacanth containing cloves extract on some quality and shelf life of eggs during storage. *Food Technology & Nutrition*, 18(2), 121-132 [In Persian].

Sharma, Sh., Barkauskaite, S., Duffy, B., Jaiswal, A.K. & Jaiswal, S. (2020).

Characterization and antimicrobial activity of biodegradable active packaging enriched with clove and thyme essential oil for food packaging application. *Foods*, 9, 1117. <https://doi.org/10.3390/foods9081117>

Suppakul, P., Jutakorn, K. & Bangchokedee, Y. (2010). Efficacy of cellulose-based coating on enhancing the shelf life of fresh eggs. *Journal of Food Engineering*, 98, 207-213. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.12.027>

Suresh, P.V, Raj, K.R, Nidheesh, T., Pal, G.K, & Sakhare, P.Z. (2015). Application of chitosan for improvement of quality and shelf life of table eggs under tropical room conditions. *Journal of Food Science and Technology*, 52, 6345–6354. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1721-7>

Xu, D., Wang, J., Ren, D. & Wu, X. (2018). Effects of chitosan coating structure and changes during storage on their egg preservation performance. *Coatings*, 8, 317. <https://doi.org/10.3390/coatings8090317>

Yaghoubi, M., Ayaseh, A., Alirezalu, K., Nemati, Z., Pateiro, M. & Lorenzo, J.M. (2021). Effect of chitosan coating incorporated with *Artemisia fragrans* essential oil on fresh chicken meat during refrigerated storage. *Polymers*, 13, 716. <https://doi.org/10.3390/polym13050716>

Yun, D., Cai, H., Liu, Y., Xiao, L., Song, J. & Liu, J. (2019). Development of active and intelligent films based on cassava starch and Chinese bayberry (*Myrica rubra*) anthocyanins. *RSC Advances*, 9, 30905-30916.

Zafarmand Kashani, F. & Khademi Shurmasti, D. (2021). Antioxidant and antimicrobial effects of *Zataria multiflora* Boiss. and *Cuminum cyminum* L. alcoholic extracts in bioactive coatings on chicken meat shelf life. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 73(3), 424-433. [In Persian].

Zahed Karkaj, S. & Peighambardoust, S.J. (2018). Physical, mechanical and antibacterial properties of nanobiocomposite films based on carboxymethyl cellulose/nanoclay. *Iranian Journal of Polymer Science and Technology*, 30(6), 557-572. <https://doi.org/10.22063/JIPST.2018.1536>

بررسی ویژگی‌های کیفی، فیزیکوشیمیایی و ماندگاری قارچ تکمه‌ای (*Agaricus bisporus*) با کاربرد اسید سیتریک و کلرید کلسیم

محمد قندالی^a، الهام دانائی^{b*}

^a دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی، واحد گرمسار، دانشگاه آزاد اسلامی، گرمسار، ایران
^b دانشیار، گروه علوم باغبانی، واحد گرمسار، دانشگاه آزاد اسلامی، گرمسار، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۰۶/۱۱

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۰۸/۰۲

۶۵

چکیده

مقدمه: قارچ تکمه‌ای (*Agaricus bisporus*) دارای ارزش غذایی بالایی است اما به دلیل نداشتن پوشش محافظ طبیعی به سرعت کیفیت خوراکی خود را از دست می‌دهد، کاربرد تیمارهای پس از برداشت نظیر اسید سیتریک به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان ضد پیری و کلرید کلسیم به دلیل نقش یون کلسیم در استحکام دیواره سلولی می‌تواند موجب حفظ کیفیت و ماندگاری قارچ تکمه‌ای گردد، هدف از این پژوهش بررسی اثر اسید سیتریک و کلرید کلسیم بر ویژگی‌های کیفی، فیزیکوشیمیایی و ماندگاری قارچ تکمه‌ای می‌باشد.

مواد و روش‌ها: آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی شامل دو عامل غوطه‌وری با اسید سیتریک (صفر، ۱/۵ و ۳ میلی‌مولار) و کلرید کلسیم (صفر، ۱ و ۲ درصد) و ماندگاری پس از برداشت (شروع آزمایش، ۴، ۸ و ۱۲ روز) در ۳ تکرار انجام شد. جهت اعمال تیمارها قارچ‌ها به مدت ۲ دقیقه در غلظت‌های مختلف اسید سیتریک و کلرید کلسیم غوطه‌ور شده و سپس در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند و در روزهای مشخص جهت ارزیابی صفات مورد نظر به آزمایشگاه منتقل شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که تیمارها اثر معنی‌داری بر متغیرهای اندازه‌گیری شده داشتند، بطوریکه پس از ۱۲ روز انبارداری میزان کاهش وزن، نشت یونی و درجه قهوه‌ای شدن در شاهد بیشتر از سایر تیمارها بود. همچنین بیشترین درجه بسته بودن کلاهک، میزان مواد جامد محلول، فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز در تیمار اسید سیتریک ۱/۵ میلی‌مولار + کلرید کلسیم ۲ درصد، بدست آمد. بیشترین فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز نیز در تیمار اسید سیتریک ۱/۵ میلی‌مولار + کلرید کلسیم ۱ درصد بود. بیشترین میزان اسید آسکوربیک و اسیدیته قابل تیتراسیون نیز در تیمار اسید سیتریک ۳ میلی‌مولار + کلرید کلسیم ۲ درصد و بیشترین میزان فنول در تیمار اسید سیتریک ۳ میلی‌مولار + کلرید کلسیم ۱ درصد مشاهده شد. همچنین عمر انبارمانی با ۱۲/۶ روز در تیمار اسید سیتریک ۱/۵ میلی‌مولار + کلرید کلسیم ۲ درصد بیشترین و شاهد با ۶/۳ روز کمترین بود.

نتیجه‌گیری: نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد پس از برداشت اسید سیتریک ۱/۵ میلی‌مولار به همراه کلرید کلسیم ۲ درصد جهت حفظ کیفیت، بازارپسندی و عمر انبارمانی قارچ تکمه‌ای (*Agaricus bisporus*) پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اسید سیتریک، انبارمانی، فعالیت آنزیم، کلرید کلسیم

مقدمه

قارچ تکمهای (*Agaricus bisporus*) یکی از محصولات پروتئینی مهم است که مصرف آن در رژیم غذایی انسان رو به افزایش است، زیرا منبع غنی از چندین اسیدآمینو ضروری، ویتامین‌های B₂، نیاسین، فولات و مواد معدنی هستند (Izanloo and Sadeghi Mahoonak, 2023). عمر انبارمانی قارچ تازه در دمای معمولی بین ۱ الی ۳ روز و در دمای ۴ درجه ۴ تا ۷ روز است، زیرا قارچ‌ها به دلیل ساختار اپیدرمی نازک و متخلخل و سرعت تنفس بالا به سرعت دچار فساد می‌شود و کیفیت خوراکی خود را از دست می‌دهند و همچنین به دلیل داشتن آنزیم تیروزیناز و وجود ترکیبات فنولی، مستعد قهوه‌ای شدن آنزیمی هستند (Ramezani et al., 2018) از سویی دیگر فعالیت باکتری *Pseudomonas tolasii* نیز با ایجاد لکه‌های قهوه‌ای موجب کاهش بازاریپسندی این محصول می‌شود. داشتن کلاهک گرد، سفید، بدون لکه و ساقه راست از مهم‌ترین شاخص‌های کیفیت قارچ تکمهای است که امروزه با استفاده از ترکیبات مختلف می‌توان کیفیت و ماندگاری قارچ تکمهای را افزایش داد (Shamlou et al., 2019).

اسید سیتریک یک اسید آلی ضعیف است که به‌عنوان نگهدارنده طبیعی در صنایع غذایی کاربرد دارد، زیرا این ترکیب با کاهش pH و اسیدی کردن محیط مانع رشد و توسعه میکروارگانیسم‌ها و همچنین موجب کاهش فعالیت پلی فنول اکسیداز می‌شود و در نتیجه از قهوه‌ای شدن محصولات باغبانی جلوگیری می‌کند و از سویی دیگر به دلیل نقش آنتی‌اکسیدانی آن مانع از فساد و افزایش عمر انبارداری محصولات می‌شود (Jalili Marandi and Javan Shafai Abbas Abad, 2014). نتایج تحقیق Jebelli و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد، غوطه‌ور کردن قارچ تکمهای در اسید سیتریک ۵ درصد، میزان فنول کل را افزایش داد درحالی‌که فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل را کاهش داد. در پژوهشی دیگر غوطه‌ور کردن قارچ تکمهای در اسید سیتریک ۵۰ گرم در لیتر به مدت ۳۰ دقیقه موجب افزایش پارامتر سفیدی، کاهش تغییرات کلی رنگ، اندیس قهوه‌ای شدن و کاهش pH گردید (Pasban et al., 2013). همچنین Soroori و همکاران (۲۰۲۱) گزارش نمودند محلول‌پاشی اسید سیتریک ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر کربوهیدرات کل، فنول، فلاونوئید، درصد آنتی‌اکسیدان کل،

پروتئین و عمر انبارداری را در گل خوراکی همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) افزایش داد. در میوه هلو (*Prunus persica* L.) نیز کاربرد اسید سیتریک ۳ میلی‌مولار درصد افت وزن را کاهش و استحکام، اسیدیته قابل تیتراژ، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، میزان فنول کل و عمر انبارمانی را افزایش داد (Alhaj Alali et al., 2023).

یکی از مهم‌ترین عناصر در افزایش و حفظ کیفیت محصولات باغبانی کلسیم است. کلسیم موجب استحکام دیواره سلولی و تنظیم تراوایی غشای سلولی می‌گردد که از این طریق در به تأخیر انداختن پیری نقش مؤثری دارد، همچنین کلسیم از طریق کلاته نمودن فنول از اکسیداسیون آن ممانعت می‌کند (Sarlak et al., 2016). Öz و Eker (۲۰۲۲) کاهش از دست دادن وزن، درجه باز شدن کلاهک و همچنین افزایش مواد جامد محلول و استحکام قارچ تکمهای را با کاربرد کلسیم کلراید ۱ درصد گزارش نمودند. در پژوهشی دیگر کلرید کلسیم ۰/۴۵ درصد موجب کاهش درجه قهوه‌ای شدن قارچ تکمهای (*Agaricus bisporus*) شد، درحالی‌که درجه باز شدن کلاهک، سفتی بافت و اسیدیته قابل تیتراسیون را افزایش داد (Sarlak et al., 2016). در گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) نیز کاربرد کلرید کلسیم ۲ درصد موجب افزایش استحکام، محتوای فنول کل و فعالیت آنزیم‌های پلی فنول اکسیداز، پراکسیداز و فنیل آلانین آمولینیز و عمر انبارمانی شد (Mazumder et al., 2021).

لذا هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر اسید سیتریک و کلرید کلسیم بر بهبود ویژگی‌های کیفی، فیزیکوشیمیایی و ماندگاری قارچ تکمهای (*Agaricus bisporus*) می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر اسید سیتریک و کلرید کلسیم بر بهبود ویژگی‌های کیفی، فیزیکوشیمیایی و ماندگاری قارچ تکمهای (*Agaricus bisporus*) آزمایشی در سال ۱۴۰۲ در آزمایشگاه دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرمسار انجام شد. در این پژوهش ابتدا قارچ‌های خوراکی تکمهای سفید سالم و با اندازه تقریبی یکسان، تهیه شد. تیمارها شامل دو عامل غوطه‌وری با اسید سیتریک (صفر، ۱/۵ و ۳ میلی‌مولار) و

برحسب درصد اسید سیتریک اندازه‌گیری شد (Hosseinzadeh Rostam Kalaei *et al.*, 2022).

- درجه بسته بودن کلاهِک

درجه بسته بودن کلاهِک قارچ‌ها در محدوده عدد ۱ تا ۳ نمره دهی شد که عدد ۱ برای بیشترین باز شدن کلاهِک، ۲ برای نیمه باز بودن کلاهِک و ۳ برای بسته بودن کامل کلاهِک منظور گردید (Sarlak *et al.*, 2016).

- درجه قهوه‌ای شدن

درجه قهوه‌ای شدن قارچ‌ها به‌وسیله پنج نفر به‌صورت ظاهری از ۱ تا ۵ نمره دهی شد که عدد ۱ بیشترین درجه قهوه‌ای شدن و کمترین بازارپسندی، عدد ۵ کمترین درجه قهوه‌ای شدن و بیشترین بازارپسندی را نشان می‌دهد (Ramezani *et al.*, 2018).

- میزان اسید آسکوربیک

میزان اسید آسکوربیک موجود در قارچ‌ها به روش تیترا با ۲ و ۶ دی کلروفنول اندوفنول برحسب میلی‌گرم (اسید آسکوربیک) در ۱۰۰ گرم وزن تر نمونه محاسبه شد (Soroori *et al.*, 2021).

- میزان فنول

میزان فنول با استفاده از معرف فولین سیکالتیو و با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر (UV Visible مدل Spectro Flex 6600) در طول موج ۲۶۰ نانومتر اندازه‌گیری و برحسب میلی‌گرم اسید گالیک بر گرم وزن تر بیان شد (Asefi and Jafarian, 2018).

- آنزیم کاتالاز

جهت سنجش آنزیم کاتالاز از روش Liu و همکاران (۲۰۱۳) استفاده شد و جذب نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر در طول موج ۲۴۰ نانومتر قرائت و برحسب واحد آنزیم در میلی‌گرم پروتئین بیان شد.

- آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز

آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز با استفاده از روش شرح داده‌شده توسط Shekari و همکاران (۲۰۲۲) و در

کلرید کلسیم (صفر، ۱ و ۲ درصد) و ماندگاری پس از برداشت (شروع آزمایش، ۴، ۸ و ۱۲ روز) بود. برای تهیه غلظت‌های مورد نظر اسید سیتریک و کلرید کلسیم از آب مقطر به‌عنوان حلال استفاده شد. قارچ‌ها به مدت ۲ دقیقه در غلظت‌های مختلف اسید سیتریک و کلرید کلسیم غوطه‌ور شده و به مدت ۲۰ دقیقه در محیط آزمایشگاه برای خشک شدن باقی ماندند. پس از اعمال تیمارها در هر ظرف ۵ قارچ چیده شد و ظروف حاوی قارچ‌های تیمار شده به سردخانه با دمای 4 ± 1 درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی 80 ± 5 درصد، منتقل شدند و در روز شروع آزمایش، چهارمین، هشتمین و دوازدهمین روز پس از برداشت ارزیابی انجام شد.

- درصد کاهش وزن

درصد کاهش وزن نمونه‌ها از طریق اختلاف وزن نمونه‌ها پیش و پس از انبارداری با استفاده از معادله ۱ زیر محاسبه شد (Dareini *et al.*, 2014).

$$(1) \quad 100 \times \left[\frac{\text{وزن تر اولیه}}{\text{وزن تر ثانویه}} - 1 \right] = \text{درصد کاهش وزن}$$

- نشت یونی

جهت اندازه‌گیری نشت یونی غشاء سلول ابتدا نمونه‌ها در بن‌ماری با دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت قرار داده شدند و پس از خروج نمونه‌ها از بن‌ماری میزان EC_1 با دستگاه EC متر، بدست آمد. سپس فالكون‌ها را به مدت ۲۰ دقیقه در اتوکلاو ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده و پس از سرد شدن، میزان EC_2 یادداشت شد. در نهایت درصد نشت یونی غشاء سلول با استفاده از معادله ۲ زیر محاسبه شد (Abdossi and Danaee, 2023).

$$(2) \quad 100 \times \left(\frac{EC_1}{EC_2} \right) = \text{درصد نشت یونی غشاء سلول}$$

- مواد جامد محلول

میزان مواد جامد محلول با استفاده از دستگاه رفاکتومتر (RA-620/RA-600، KEM) اندازه‌گیری و برحسب بریکس بیان شد (Shahi *et al.*, 2019).

- اسیدیته قابل تیتراسیون

میزان اسیدیته با روش تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال

بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و ماندگاری قارچ تکمهای با کاربرد اسید سیتریک و کلرید کلسیم

طول موج ۵۶۰ نانومتر اندازه‌گیری شد و برحسب واحد آنزیم در میلی‌گرم پروتئین بیان شد.

- آنزیم پراکسیداز

فعالیت آنزیم پراکسیداز به روش Putter (۱۹۷۴) در طول موج ۵۳۰ نانومتر اندازه‌گیری و در نهایت برحسب واحد آنزیم در میلی‌گرم پروتئین بیان گردید.

- عمر انبارمانی

قارچ‌های تیمار شده در سردخانه با دمای 4 ± 1 درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی 80 ± 5 درصد، قرار داده شدند و عمر انبارمانی آن‌ها با توجه علائمی مانند باز شدن و قهوه‌ای شدن کلاهک و پلاسیدگی، برحسب روز یادداشت شد (Noorbakhsh and Danaee, 2021).

- تجزیه و تحلیل آماری

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی با ۳۶ تیمار و ۳ تکرار و هر تکرار حاوی ۵ قارچ تکمهای انجام شد. آنالیز داده‌ها توسط نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۳ صورت گرفت. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای Duncan در سطح ۱ و ۵ درصد انجام شد. نمودارها با نرم‌افزار Excel رسم گردید.

یافته‌ها

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، اثر ساده تیمار بر کلیه صفات در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. اثر ساده زمان بر میزان نشست یونی، مواد جامد محلول، درجه بسته بودن

کلاهک و قهوه‌ای شدن، فنول و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، سوپر اکسید دیسموتاز در سطح ۱ درصد و بر درصد کاهش وزن، اسیدیته قابل تیتراسیون، ویتامین ث و فعالیت آنزیم پراکسیداز در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. همچنین اثر متقابل تیمار در زمان بر درصد کاهش وزن، میزان اسیدیته قابل تیتراسیون، ویتامین ث، درجه بسته بودن کلاهک و قهوه‌ای شدن، فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، سوپر اکسید دیسموتاز و پراکسیداز در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد درحالی‌که بر میزان نشست یونی، مواد جامد محلول و فنول در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱).

همان‌طور که از شکل ۱ نمایان است کاربرد تیمارهای محلول‌پاشی موجب کاهش درصد افت وزن قارچ تکمهای نسبت به شاهد گردید، بطوریکه بیشترین درصد کاهش وزن با $36/39$ درصد در شاهد دوازدهمین روز آزمایش و کمترین با $1/85$ درصد در تیمار اسید سیتریک $1/5$ میلی‌مولار + کلرید کلسیم ۲ درصد در چهارمین روز آزمایش بود که با تیمار اسید سیتریک ۳ میلی‌مولار + کلرید کلسیم ۲ درصد چهارمین روز آزمایش اختلاف معنی‌داری نداشت.

نتایج نشان داد که نشست یونی در طول دوره پس از برداشت افزایش یافت و کاربرد اسید سیتریک و کلرید پتاسیم موجب بهبود نشست یون نسبت به شاهد گردید بطوریکه شاهد در دوازدهمین روز آزمایش بیشترین ($52/43$ درصد) و تیمار اسید سیتریک $1/5$ میلی‌مولار + کلرید کلسیم ۲ درصد در روز چهارم آزمایش کمترین ($17/64$ درصد) نشست یونی را نشان داد (شکل ۲).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر اسید سیتریک و کلرید کلسیم بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی، کیفیت و ماندگاری قارچ تکمهای (*Agaricus bisporus*)

Table 1- Variance analysis of the effect of citric acid and calcium chloride on the physicochemical properties, quality and shelf life of *Agaricus bisporus*

Source of variation	DF ^a	Means of Square											
		Weight loss	Ion leakage	Soluble solids	Titrateable acidity	Cap closure degree	Browning index	Ascorbic acid	Phenol	Peroxidase	Catalase	Super oxide dismutase	Shelf life
Treatment	8	**19.269	**11.211	**3.917	**2.117	**7.528	**2.846	**5.107	**11.385	**8.025	**6.043	**5.946	**11.458
Time	3	*47.256	**27.149	**7.026	*5.467	**19.286	**8.129	*15.834	*26.043	*16.493	*15.285	**19.157	---
Treatment × Time	24	**5.175	*6.032	*1.482	**0.518	**1.341	**0.187	**2.974	*6.582	**3.565	**1.921	**0.753	---
Error	---	0.014	0.067	0.29	0.007	0.006	0.010	0.008	0.137	0.038	0.023	0.011	0.037
CV (%)	----	10.37	11.59	11.64	10.83	10.74	11.41	9.42	11.32	10.45	12.71	10.53	9.35

a) Degrees of freedom

* و ** به ترتیب معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد

* and ** are significant at the 5% and 1% levels, Respectively

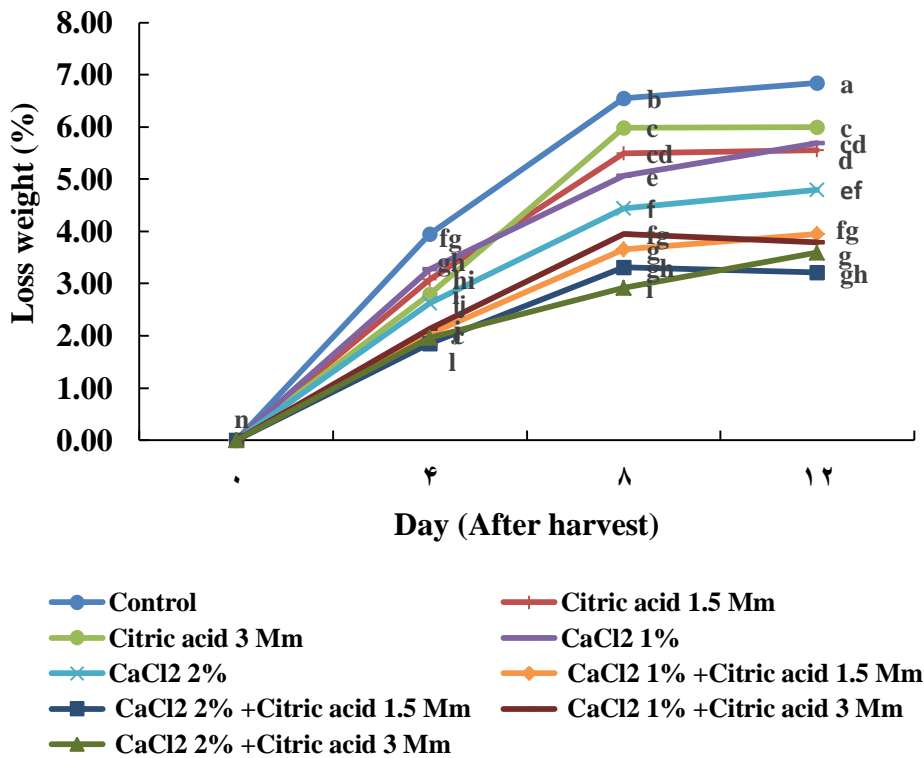


Figure 1- The effect of citric acid and calcium chloride on the weight loss of *Agaricus bisporus* after harvesting
 شکل ۱- اثر اسید سیتریک و کلرید کلسیم بر کاهش وزن قارچ تکمه ای (*Agaricus bisporus*) پس از برداشت

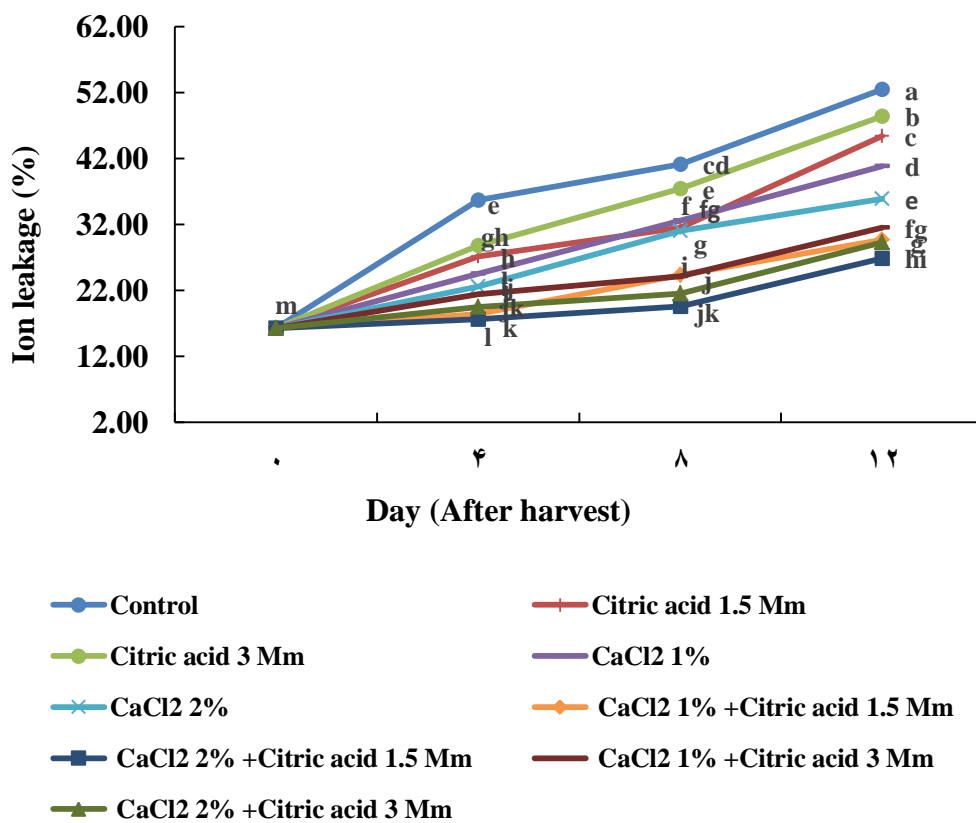


Figure 2- The effect of citric acid and calcium chloride on ion leakage of *Agaricus bisporus* after harvesting
 شکل ۲- اثر اسید سیتریک و کلرید کلسیم بر نشت یونی قارچ تکمه ای (*Agaricus bisporus*) پس از برداشت

بررسی ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی و ماندگاری قارچ تکمه‌ای با کاربرد اسید سیتریک و کلرید کلسیم

آزمایش و کمترین (۱/۴۸ درصد) در شاهد روز دوازدهم
آزمایش مشاهده شد (شکل ۴).

نتایج به دست آمده نشان داد، در اکثر تیمارهایی که
تحت کاربرد اسید سیتریک و کلرید کلسیم قرار گرفتند
درجه بسته بودن کلاهک اختلاف معنی‌داری نداشت، اما
بسته بودن کامل کلاهک قارچ با درجه ۳ در دوازدهمین
روز آزمایش در تیمار اسید سیتریک ۱/۵ میلی‌مولار + کلرید
کلسیم ۲ درصد و باز شدن کلاهک با درجه ۱ نیز در شاهد
هشتمین و دوازدهمین روز آزمایش و تیمار اسید سیتریک
۱/۵ میلی‌مولار دوازدهمین روز آزمایش مشاهده شد (شکل
۵).

شکل ۳ بیانگر کاهش نزولی مواد جامد محلول پس از
برداشت می‌باشد در حالیکه کاربرد اسید سیتریک و کلرید
کلسیم موجب افزایش مواد جامد محلول گردید، بیشترین
مواد جامد محلول با ۷/۴۴ بریکس در تیمار اسید سیتریک
۱/۵ میلی‌مولار + کلرید کلسیم ۲ درصد در روز چهارم
آزمایش و کمترین با ۳/۵۰ بریکس در شاهد دوازدهمین
روز آزمایش بدست آمد.

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد، میزان اسیدیته
قابل تیتراسیون پس از برداشت کاهش یافت، بیشترین
اسیدیته قابل تیتر (۲/۹۹ درصد) در تیمار اسید سیتریک ۳
میلی‌مولار + کلرید کلسیم ۲ درصد در چهارمین روز

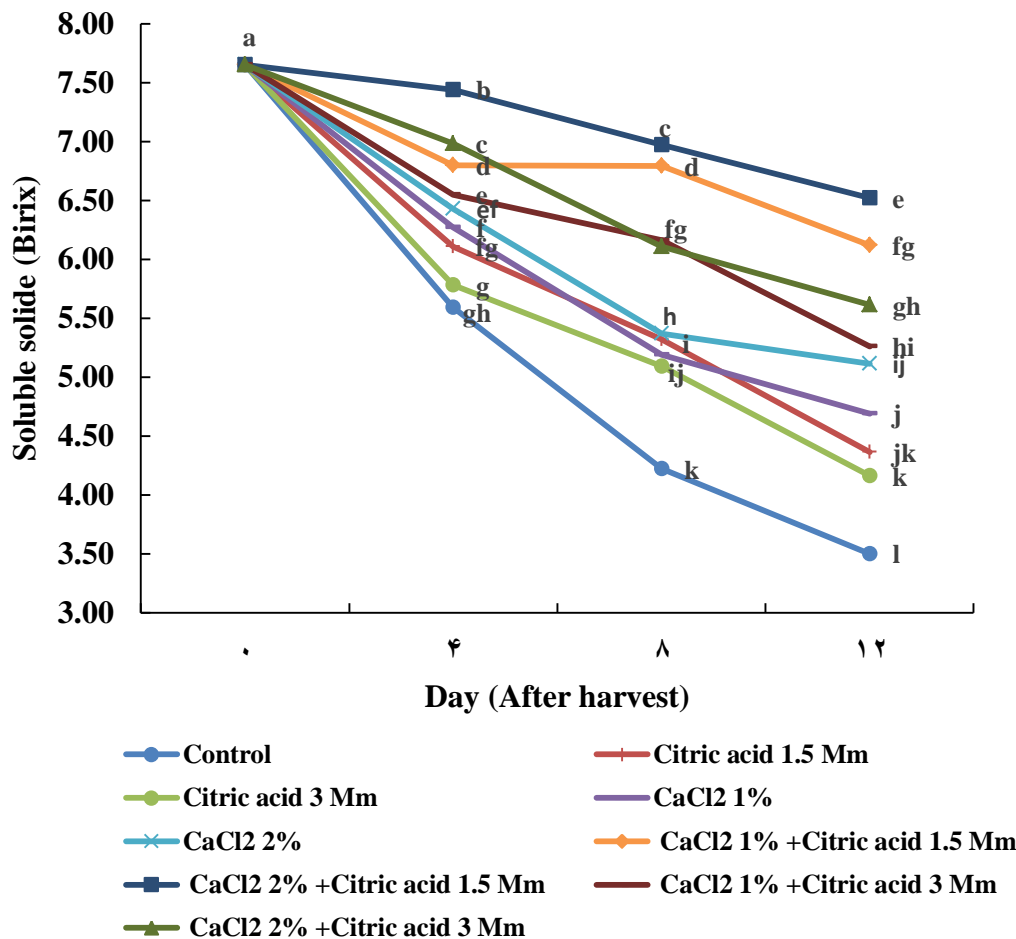


Figure 3- The effect of citric acid and calcium chloride on soluble solids of *Agaricus bisporus* after harvesting
شکل ۳- اثر اسید سیتریک و کلرید کلسیم بر مواد جامد محلول قارچ تکمه‌ای (*Agaricus bisporus*) پس از برداشت

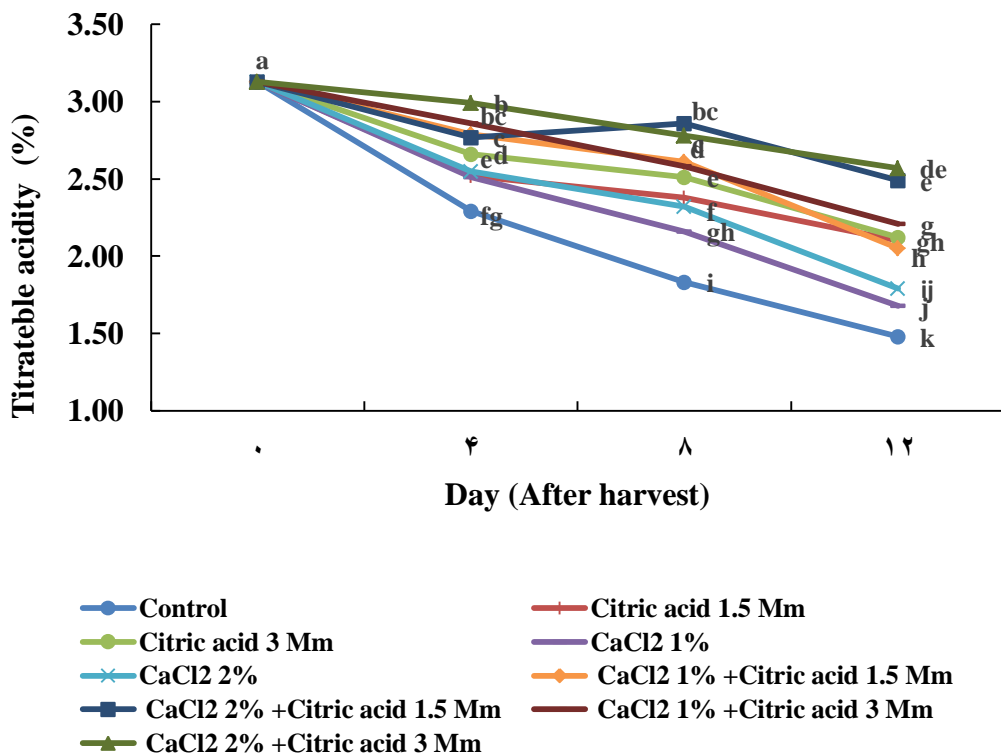


Figure 4- The effect of citric acid and calcium chloride on titratable acidity of *Agaricus bisporus* after harvesting
 شکل ۴- اثر اسید سیتریک و کلرید کلسیم بر اسیدیته قابل تیتراسیون قارچ تکمه ای (*Agaricus bisporus*) پس از برداشت

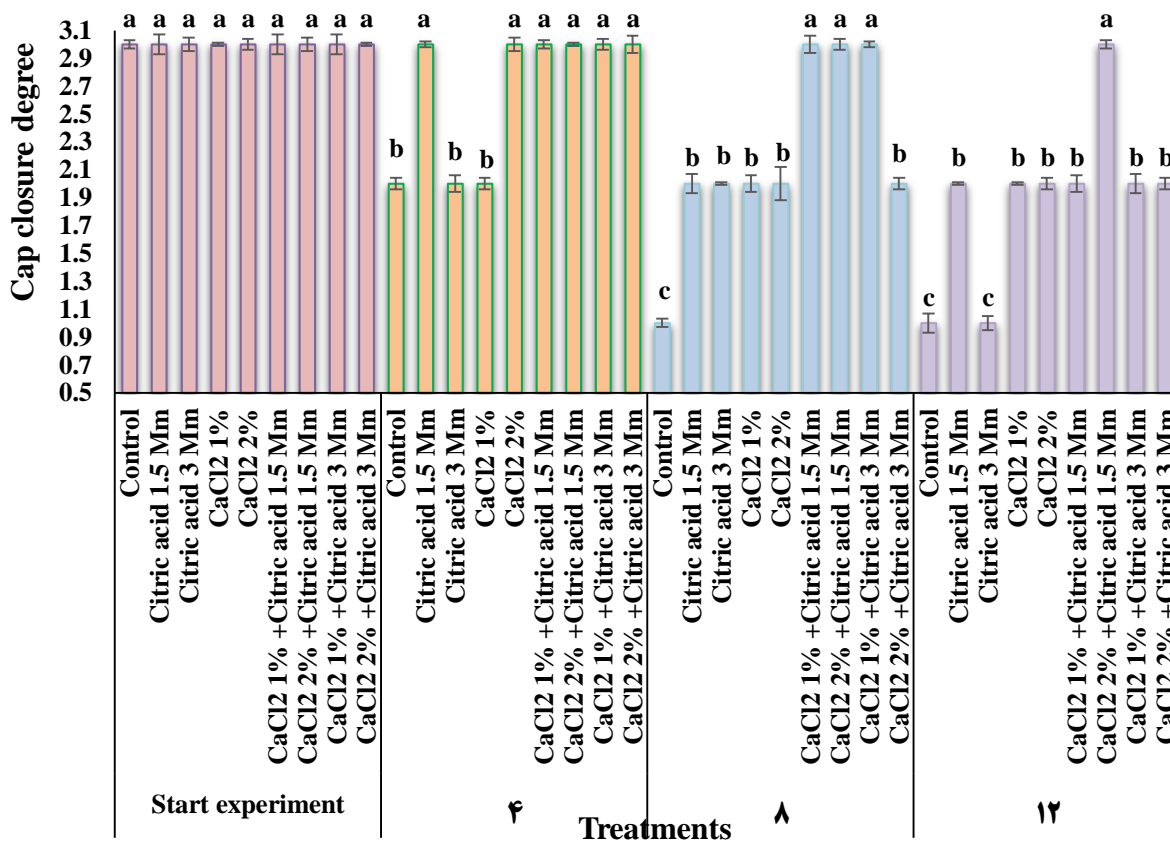


Figure 5- The effect of citric acid and calcium chloride on the closure cap of *Agaricus bisporus* after harvesting
 شکل ۵- اثر اسید سیتریک و کلرید کلسیم بر درجه بسته بودن کلاهک قارچ تکمه ای (*Agaricus bisporus*) پس از برداشت

همان‌طور که از شکل ۸ نمایان است، میزان فنول پس از برداشت روند نزولی داشت و کاربرد اسید سیتریک و کلرید کلسیم میزان فنول قارچ تکم‌ای را افزایش داد. بیشترین میزان فنول کل (۴۴/۷۷ میلی‌گرم در گرم) در تیمار اسید سیتریک ۳ میلی‌مولار + کلرید کلسیم ۱ درصد در روز چهارم آزمایش بود و کمترین (۱۴/۶۸ میلی‌گرم در گرم) در شاهد دوازدهمین روز آزمایش مشاهده شد. نتایج نشان داد، کاربرد اسید سیتریک و کلرید کلسیم فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی قارچ تکم‌ای را افزایش داد بیشترین فعالیت آنزیم کاتالاز (۷/۶۴ واحد آنزیم در میلی‌گرم پروتئین) در تیمار اسید سیتریک ۱/۵ میلی‌مولار + کلرید کلسیم ۲ درصد در چهارمین روز آزمایش و کمترین (۲/۸۸ واحد آنزیم در میلی‌گرم پروتئین) در شاهد دوازدهمین روز آزمایش بود (شکل ۹).

شکل ۶ نمایانگر این است که بیشترین درجه قهوه‌ای شدن با درجه ۱ در تیمار شاهد دوازدهمین روز آزمایش و کمترین با درجه ۵ در تیمارهای اسید سیتریک ۱/۵ میلی‌مولار + کلرید کلسیم ۲ درصد در دوازدهمین و هشتمین روز آزمایش و تیمار اسید سیتریک ۱/۵ میلی‌مولار + کلرید کلسیم ۱ درصد در چهارمین روز آزمایش مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. نتایج نشان داد، میزان اسید آسکوربیک در طی روزهای انبارداری روند نزولی داشت، بیشترین اسید آسکوربیک با ۳/۷۱ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر در تیمار اسید سیتریک ۳ میلی‌مولار + کلرید کلسیم ۲ درصد در چهارمین روز آزمایش و کمترین با ۱/۱۶ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر در شاهد دوازدهمین روز آزمایش بود (شکل ۷).

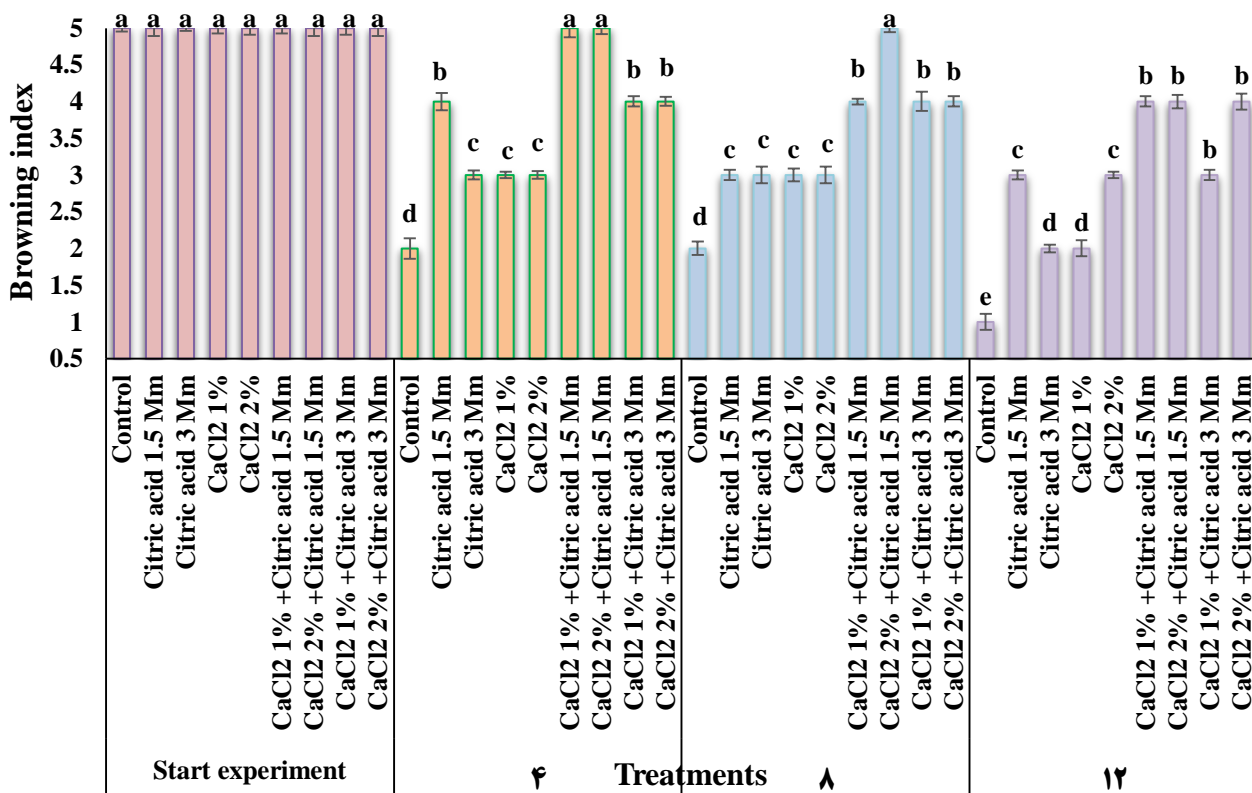


Figure 6- The effect of citric acid and calcium chloride on the browning index of *Agaricus bisporus* after harvesting
شکل ۶- اثر اسید سیتریک و کلرید کلسیم بر شاخص قهوه‌ای شدن قارچ تکم‌ای (*Agaricus bisporus*) پس از برداشت

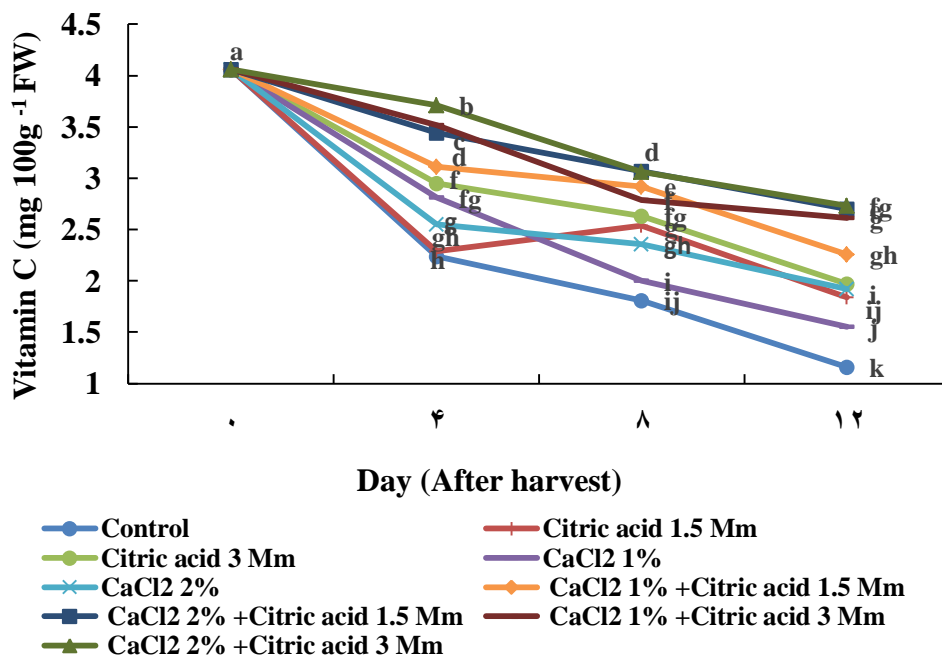


Figure 7- The effect of citric acid and calcium chloride on ascorbic acid of *Agaricus bisporus* after harvesting
 شکل ۷- اثر اسید سیتریک و کلرید کلسیم بر اسید آسکوربیک قارچ تکمه ای (*Agaricus bisporus*) پس از برداشت

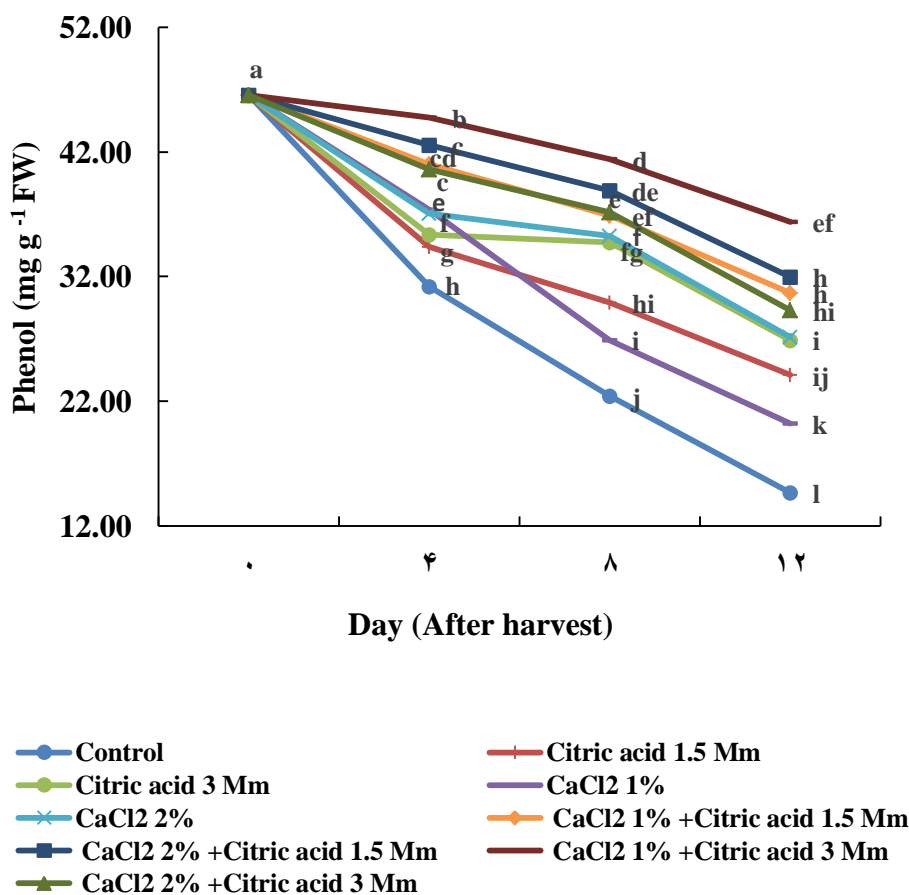


Figure 8- The effect of citric acid and calcium chloride on phenol of *Agaricus bisporus* after harvesting
 شکل ۸- اثر اسید سیتریک و کلرید کلسیم بر فنول قارچ تکمه ای (*Agaricus bisporus*) پس از برداشت

بررسی ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی و ماندگاری قارچ تکمه‌ای با کاربرد اسید سیتریک و کلرید کلسیم

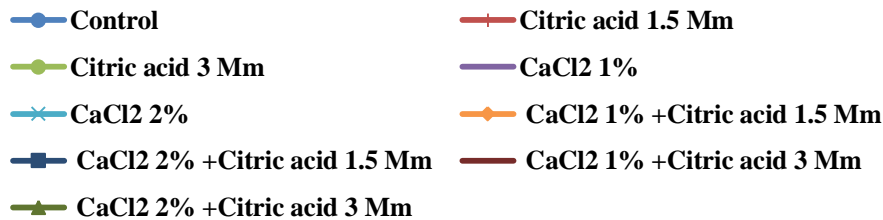
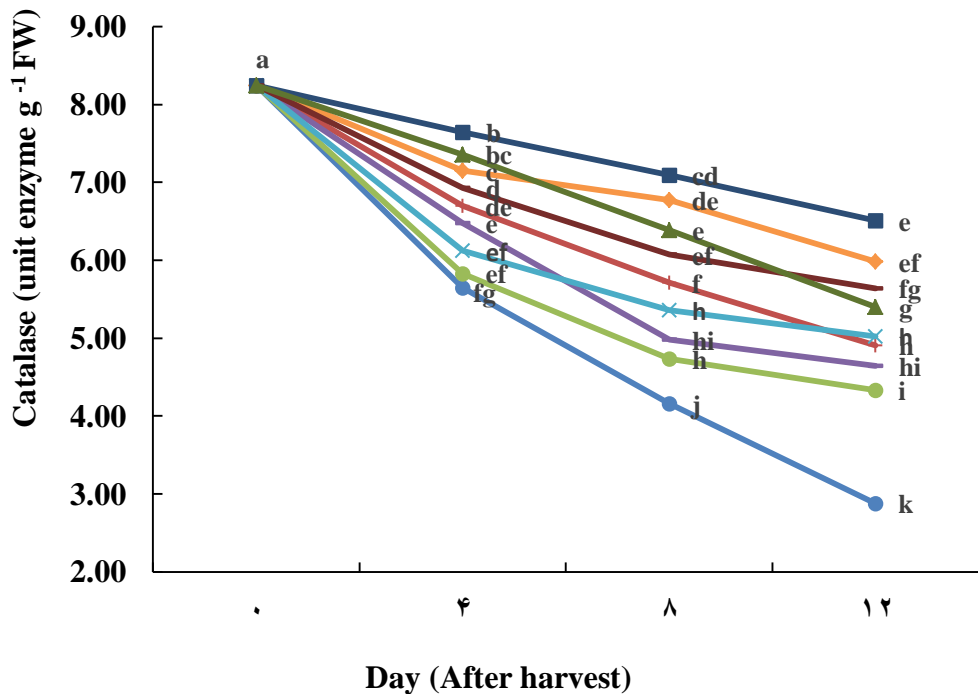


Figure 9- The effect of citric acid and calcium chloride on catalase enzyme activity of *Agaricus bisporus* after harvesting.

شکل ۹- اثر اسید سیتریک و کلرید کلسیم بر فعالیت آنزیم کاتالاز قارچ تکمه‌ای (*Agaricus bisporus*) پس از برداشت.

آنزیم در میلی‌گرم پروتئین) در شاهد دوازدهمین روز آزمایش مشاهده شد.

نتایج نشان داد کاربرد اسید سیتریک ۱/۵ میلی‌مولار و کلرید کلسیم ۲ درصد (۱۳/۶۷ روز) عمر انبارمانی را افزایش داد که با تیمار اسید سیتریک ۱/۵ میلی‌مولار + کلرید کلسیم ۱ درصد اختلاف معنی‌داری نداشت و در شاهد (۶/۳۳ روز) نیز کمترین عمر انبارمانی بدست آمد (شکل ۱۲).

در این پژوهش بیشترین فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز (۴/۸۰ واحد آنزیم در میلی‌گرم پروتئین) در تیمار اسید سیتریک ۱/۵ میلی‌مولار + کلرید کلسیم ۱ درصد در چهارمین روز آزمایش و کمترین (۲/۴۴) واحد آنزیم در میلی‌گرم پروتئین) در شاهد دوازدهمین روز آزمایش بود (شکل ۱۰).

شکل ۱۱ بیانگر این است که بیشترین فعالیت آنزیم پراکسیداز (۱۰/۳۷ واحد آنزیم در میلی‌گرم پروتئین) در تیمار اسید سیتریک ۱/۵ میلی‌مولار + کلرید کلسیم ۲ درصد در چهارمین روز آزمایش و کمترین (۴/۷۳) واحد

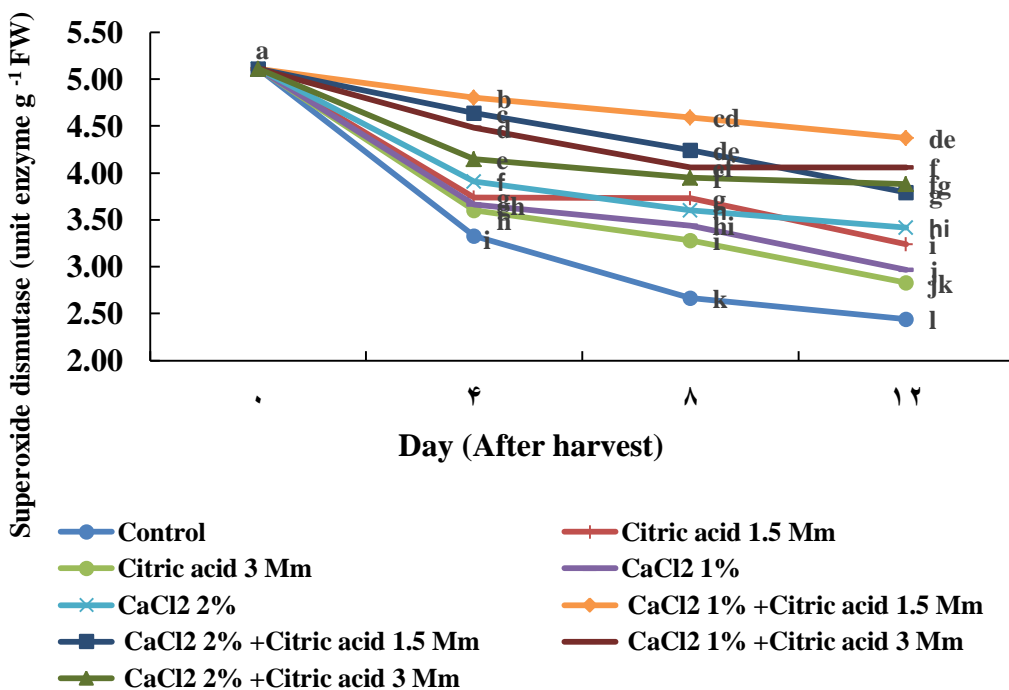


Figure 10- The effect of citric acid and calcium chloride on superoxide dismutase enzyme activity of *Agaricus bisporus* after harvesting

شکل ۱۰- اثر اسید سیتریک و کلرید کلسیم بر فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز قارچ تکمه ای (*Agaricus bisporus*) پس از برداشت

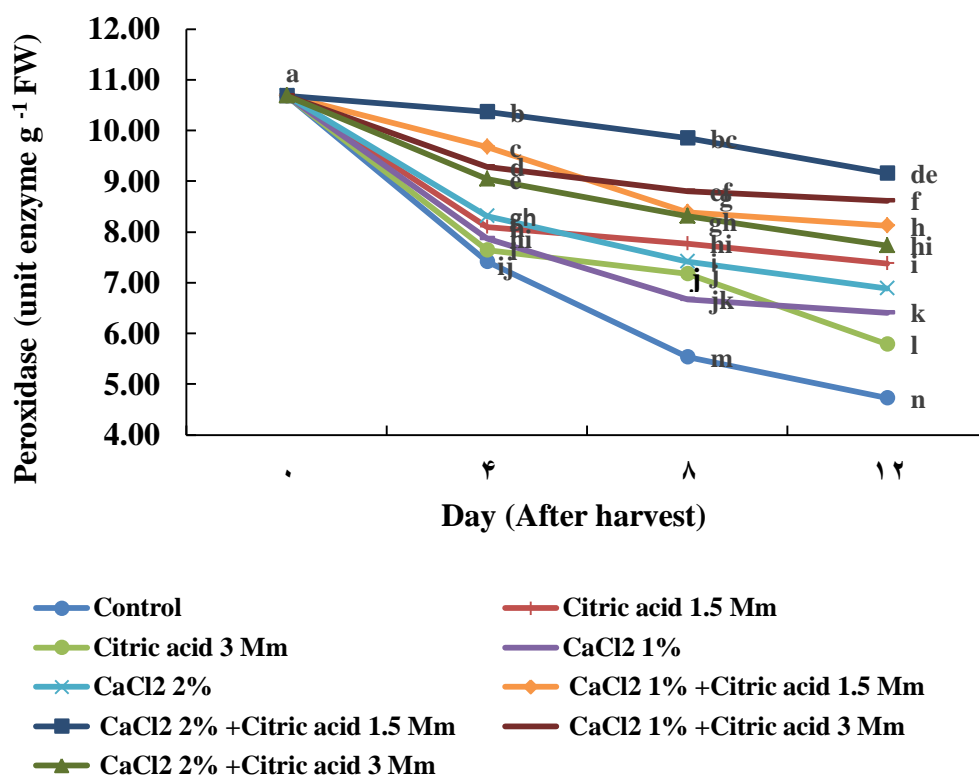


Figure 11- The effect of citric acid and calcium chloride on peroxidase enzyme activity of *Agaricus bisporus* after harvesting

شکل ۱۱- اثر اسید سیتریک و کلرید کلسیم بر فعالیت آنزیم پراکسیداز قارچ تکمه ای (*Agaricus bisporus*) پس از برداشت

بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و ماندگاری قارچ تکمه‌ای با کاربرد اسید سیتریک و کلرید کلسیم

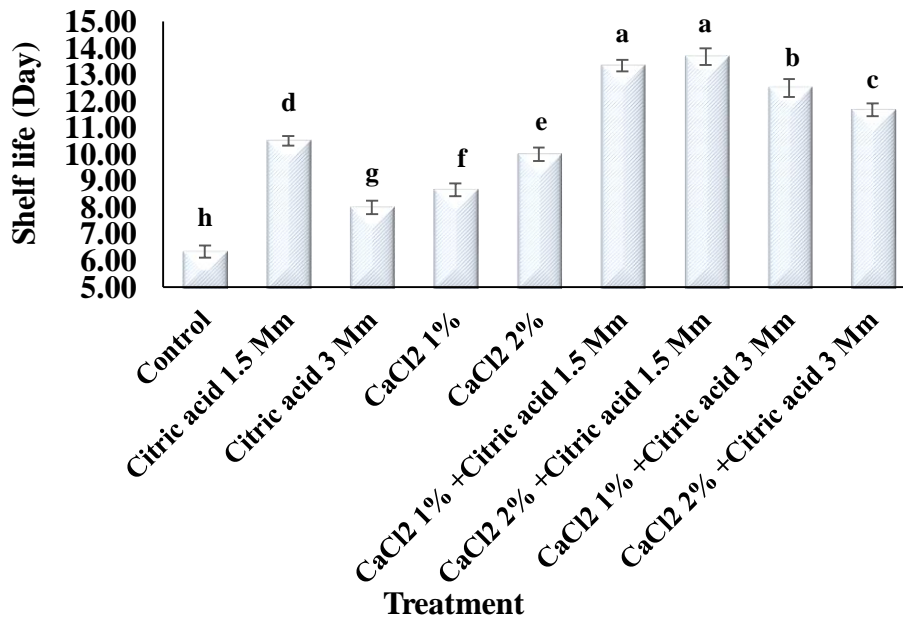


Figure 12- The effect of citric acid and calcium chloride on shelf life of *Agaricus bisporus*
 شکل ۱۲- اثر اسید سیتریک و کلرید کلسیم بر ماندگاری پس از برداشت قارچ تکمه ای (*Agaricus bisporus*)

بحث

دادن آب و نشست یون می‌شود (Khan *et al.*, 2014) مطابق با یافته‌های این پژوهش Shamlou و همکاران (۲۰۲۳) و Sarlak و همکاران (۲۰۱۶) نیز به ترتیب کاهش درصد افت وزن قارچ تکمه‌ای با کاربرد اسید سیتریک و کلرید کلسیم را گزارش نمودند. همچنین نتایج ÖZ و Eker (۲۰۲۲) نیز نشان داد کاربرد کلرید کلسیم تأثیر مثبتی بر کاهش درصد افت وزن و نشست یونی قارچ تکمه‌ای داشت.

با افزایش زمان نگهداری میزان مواد جامد محلول و اسیدیته قابل تیتر کاهش یافت که می‌توان دلیل آن را به افزایش تنفس نسبت داد (Fartash Naeimi *et al.*, 2021)، همچنین میزان مواد جامد محلول و اسیدیته با تولید اتیلن در ارتباط است تیمار قارچ‌های خوراکی با اسید سیتریک موجب می‌شود تا اسید سیتریک خارجی وارد چرخه تری کربوکسیلیک اسید شود و سنتز سیترات سنتتاز را مهار کند و در نتیجه سرعت تولید اتیلن کاهش می‌یابد (Hussain *et al.*, 2017). نتایج Alhaj Alali و همکاران (۲۰۲۳) نشان داد کاربرد اسید سیتریک مواد جامد محلول و اسیدیته قابل تیتراسیون میوه هلو را در طول دوره انبارمانی افزایش داد. همچنین کلسیم نیز با کاهش واکنش‌های اکسیداسیونی موجب تأخیر در افزایش مقدار مواد جامد محلول گردید (Wanga *et al.*, 2014) که مطابق با نتایج

کاهش وزن در محصولات تازه عمدتاً به دلیل کاهش رطوبت و املاح ناشی از تبخیر و تنفس می‌باشد (Cosme *et al.*, 2017). در این پژوهش با گذشت زمان کاهش وزن و نشست یون در قارچ‌های خوراکی مشاهده شد، زیرا قارچ تکمه‌ای به دلیل عدم وجود کوتیکول ضخیم، طی فرآیند تعرق آب خود را از دست می‌دهد و در نتیجه انبارمانی این محصول به شدت پایین می‌آید (Li *et al.*, 2021). همچنین زخم یا برش در بافت‌ها نیز موجب افزایش تنفس و افزایش سرعت کاهش وزن محصول می‌شود (Khan *et al.*, 2014) و از سویی دیگر واکنش‌های اکسیداسیون و پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء نشست یونی را در قارچ تکمه‌ای افزایش می‌دهد (Wanga *et al.*, 2014). در حالی که تیمار قارچ‌های خوراکی توسط اسید سیتریک و کلرید کلسیم درصد کاهش وزن و نشست یونی را به‌طور قابل توجهی کاهش دادند، زیرا اسید سیتریک به دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی و نقش آن در مهار رادیکال‌های آزاد و همچنین به‌عنوان ترکیب اسمزی با بستن روزه‌ها موجب کنترل کاهش وزن و نشست یون می‌گردد (Hussain *et al.*, 2017) و یون کلسیم نیز به دلیل ورود به ماتریکس دیواره سلولی و غشاء موجب افزایش پایداری غشاء سلولی و حفظ فشار تورژسانس و کاهش از دست

Soroori *et al.*,) می‌گردد (مصرف اسید آسکوربیک (2021) و کلسیم نیز از طریق اتصال به غشاء موجب پایداری اسید آسکوربیک می‌شود و از اتصال رادیکال‌های آزاد و گونه‌های فعال اکسیژن به غشاء جلوگیری و مانع از تجزیه اسید آسکوربیک می‌شود (Karamnezhad *et al.*, 2015). نتایج این تحقیق با نتایج Safa و همکاران (2015) در گیلاس تکدانه و Jakhar و Pathak (2018) در انبه مطابقت دارد.

فنول‌ها ترکیبات آنتی‌اکسیدانی هستند که در طول دوره انبارمانی به دلیل اینکه سوبسترای آنزیم پلی فنول اکسیداز هستند کاهش می‌یابند (Zarbaksh and Rastegar, 2018). دلیل افزایش ترکیبات فنولی با کاربرد سیتریک اسید می‌تواند مربوط به نقش آن در افزایش فعالیت فنیل آلانین آمونیلایز (PAL) که آنزیم کلیدی مسئول بیوسنتز فنولی است، باشد (Alhaj Alali *et al.*, 2023). Javani و همکاران (2015) نیز تأثیر اسید سیتریک بر افزایش فنول قارچ تکمه‌ای را گزارش نمودند. همچنین کلسیم نیز با اثر بر آنزیم‌های مؤثر در سنتز و اکسیداسیون فنول‌ها نظیر فنیل آلانین آمونیلایز، پراکسیداز، پلی فنول اکسیداز در چرخه متابولیسم اسیدهای فنولیک نقش مؤثری دارد (Najafi and Barzegar, 2022). مطابق با یافته‌های این پژوهش Mazumder و همکاران (2021) گزارش نمودند که کاربرد کلرید کلسیم میزان فنول را در گوجه‌فرنگی افزایش داد.

گیاهان از طریق آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان بر تنش اکسیداتیو غلبه می‌کنند و میزان گونه‌های فعال اکسیژن را کاهش می‌دهند. آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز نقش مهمی در دفاع آنتی‌اکسیدانی طی فرآیندهای رسیدن و انبارمانی محصولات باغبانی ایفا می‌کنند و اولین خط مهار گونه‌های فعال اکسیژن را تشکیل می‌دهد که سوپر اکسید را به پراکسید هیدروژن تبدیل می‌کند. سپس پراکسید هیدروژن توسط آنزیم‌های آسکوربات پراکسیداز و کاتالاز به اکسیژن و آب تجزیه می‌شود (Bal, 2020). اسید سیتریک از طریق اسیدی کردن محیط و کلرید کلسیم نیز با تأثیر بر فعالیت رسیدگی محصولات، کاهش سرعت تنفس و عمر پس از برداشت شرایط بهینه را برای فعالیت این آنزیم‌ها فراهم می‌کند و از این طریق موجب مهار رادیکال‌های آزاد اکسیژن و آسیب به پروتئین‌ها را کاهش می‌دهد (Kou *et al.*, 2021).

این آزمایش در میوه کیوی نیز کاربرد اسید سیتریک و کلرید کلسیم میزان مواد جامد را افزایش داد (Rodriguez *et al.*, 2021).

بروز علائم پیری در قارچ تکمه‌ای با باز شدن کلاهک همراه است که می‌تواند مربوط به کاهش وزن، آماس سلولی و محتوای فسفولیپیدها باشد که در نتیجه کیفیت و بازاریابی قارچ‌های خوراکی را کاهش می‌دهد (Sarlak *et al.*, 2016). تیمار قارچ‌های خوراکی توسط اسید سیتریک و کلرید کلسیم به‌طور مؤثری موجب کاهش درجه باز شدن کلاهک قارچ تکمه‌ای گردید، زیرا تیمار اسید سیتریک به‌عنوان ترکیب آنتی‌اکسیدان و ضد پیری (Soroori *et al.*, 2021) و کلرید کلسیم نیز به دلیل کاهش سرعت تنفس سلولی باز شدن کلاهک را به تعویق می‌اندازد (Khan *et al.*, 2014). نتایج این آزمایش با نتایج Sarlak و همکاران (2016) مطابقت داشت.

یکی از شاخص‌های مؤثر در بازاریابی قارچ تکمه‌ای، شاخص قهوه‌ای شدن می‌باشد که در این پژوهش با افزایش زمان انبارمانی شاخص قهوه‌ای شدن در قارچ تکمه‌ای افزایش یافت، درحالی‌که کاربرد تیمارها پس از برداشت نظیر اسید سیتریک و کلرید کلسیم موجب کاهش شاخص قهوه‌ای شدن گردید. Pasban و همکاران (2013) دلیل کاهش شاخص قهوه‌ای شدن در قارچ تکمه‌ای را با کاربرد اسید سیتریک به کاهش pH محیط و واکنش قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی نسبت دادند. همچنین کاربرد کلرید کلسیم در قارچ تکمه‌ای نیز موجب افزایش پایداری غشا گردید و از فعالیت آنزیم پلی فنول اکسیداز و در نهایت قهوه‌ای شدن کاسته می‌شود (Sarlak *et al.*, 2016). مطابق با یافته‌های این پژوهش در گیاه لوفاف نیز کاربرد کلرید کلسیم موجب کاهش شاخص قهوه‌ای شدن گردید (Feng *et al.*, 2022).

میزان اسید آسکوربیک قارچ تکمه‌ای با افزایش زمان نگهداری کاهش یافت، اسید آسکوربیک برای ساخته شدن اتیلن به‌عنوان کوفاکتور برای ACC اکسیداز عمل می‌کند، در نتیجه در طول دوره انبارمانی میزان اسید آسکوربیک کاهش می‌یابد کاربرد اسید سیتریک با کاهش pH و اسیدی کردن محیط، مانع فعالیت آنزیم سنتاز می‌شود در نتیجه از ساخته شدن اتیلن جلوگیری به عمل آورده و مانع

منابع

- Abdossi, V. & Danee, E. (2019). Effects of Some Amino Acids and Organic Acids on Enzymatic Activity and Longevity of *Dianthus caryophyllus* cv. Tessino on at Pre-Harvest Stage. *Journal of Ornamental Plants*, 9(2), 93-104. <https://doi.org/20.1001.1.22516433.2019.9.2.2.7>
- Alhaj Alali, F., Askari Sarcheshmeh, M. A. & Bababalar, M. (2023). Evaluating the effects of citric acid application on reducing decay, maintaining edibility and shelf life of peach fruits in cold storage. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 10(2), 149-160. <https://doi.org/10.22059/ijhst.2022.328720.490>.
- Allahveran, A., Farokhzad, A., Asghari, M. & Sarkhosh A. (2018). Foliar application of ascorbic and citric acids enhanced 'Red Spur' apple fruit quality, bioactive compounds and antioxidant activity. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 24(3), 433-440. <https://doi.org/10.1007/s12298-018-0514-7>.
- Asefi, N. & Jafarian, P. (2018). Evaluation of the effect of different heat pretreatment on chemical properties of grape juice. *Journal of Food Technology and Nutrition*, 15(3), 65-72. [In Persian]
- Bal, E. (2020). Effect of melatonin treatments on biochemical quality and postharvest life of nectarines. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(1), 1-8. <https://doi.org/10.1007/s11694-020-00636-5>.
- Cosme Silva, G. M., Silva, W. B., Medeiros, D. B., Salvador, A. R., Cordeiro, M. H. M., Silva, N. M. & Mizobutsi, G. P. (2017). The chitosan affects severely the carbon metabolism in mango (*Mangifera indica* L. cv. Palmer) fruit during storage. *Food Chemistry*, 237, 378-372. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.05.12>.
- Dareini, H., Abdossi, V. & Danaee, E. (2014). Effect of some essential oils on postharvest quality and vase life of gerbera cut flowers (*Gerbera Jamesonii* cv. Sorbet). *European Journal of Experimental Biology*, 4(3), 276-280.
- Fahmideh, L., Tavakoli, M., Omranipour S. & Rajabi A. (2018). Investigating the effect of post-harvest treatments of Spermidine, Calcium chloride and temperature on quality and storage characteristics of Chico fruit (*Manilkara zapota* L.) in Minab city. *Iranian Journal of Neutral Science and Food Technology*, 13 (2), 89-98 [In Persian]
- Fartash Naeimi, E., Khoshtaghaza, M. H. & Abbasi, S. (2021). Effect of gamma irradiation and different packagings on the shelf life of

نتایج این پژوهش با (al., 2015; Soroori et al., 2021). نتایج Allahveran و همکاران (۲۰۱۸) در میوه سیب و Feng و همکاران (۲۰۲۲) در میوه گیاه لوفی مشابهت دارد. نتایج نشان داد کاربرد اسید سیتریک و کلرید کلسیم عمر انبارمانی را افزایش داد. اسید سیتریک با کاهش pH و اسیدی کردن محیط و در نتیجه ممانعت از فعالیت آنزیم سنتاز که در محیط قلیایی فعالیت می‌کند، از ساخت اتیلن جلوگیری می‌کند در نتیجه از طریق کاهش تنفس عمر انبارمانی قارچ تکمهای را افزایش می‌دهد (Spinardi, 2005). همچنین کلسیم نیز بر پایدارسازی غشاء و تشکیل پکتات کلسیم که بر استحکام تیغه میانی دیواره سلولی مؤثر است، در ارتباط است و با کاهش سرعت تنفس عمر انباری آن را افزایش می‌دهد (Fahmideh et al., 2018). مطابق با نتایج این پژوهش Alhaj Ala و همکاران (۲۰۲۳) افزایش عمر انبارمانی میوه هلو را در شرایط کاربرد اسید سیتریک و Jakhar و Pathak (۲۰۱۸) افزایش عمر انبارمانی میوه انبه با کاربرد کلرید کلسیم گزارش نمودند.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش کاربرد پس از برداشت اسید سیتریک و کلرید کلسیم سبب بهبود کیفیت، خصوصیات فیزیکوشیمیایی و ماندگاری قارچ تکمهای گردید بطوریکه در تیمار اسید سیتریک ۱/۵ میلی‌مولار + کلرید کلسیم ۲ درصد کمترین درصد کاهش وزن، نشت یونی و درجه قهوه‌ای شدن و بیشترین درجه بسته بودن کلاهک، میزان مواد جامد محلول، فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز بدست آمد و بیشترین فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز نیز در تیمار اسید سیتریک ۱/۵ میلی‌مولار + کلرید کلسیم ۱ درصد بود. همچنین میزان ویتامین ث و اسیدیته قابل تیتراسیون در تیمار اسید سیتریک ۳ میلی‌مولار + کلرید کلسیم ۲ درصد و میزان فنول نیز در تیمار اسید سیتریک ۳ میلی‌مولار + کلرید کلسیم ۱ درصد افزایش یافت. بیشترین عمر انبارمانی نیز در تیمار اسید سیتریک ۱/۵ میلی‌مولار + کلرید کلسیم ۲ درصد بدست آمد. به‌طور کلی کاربرد اسید سیتریک با غلظت ۱/۵ میلی‌مولار به همراه کلرید کلسیم ۲ درصد در جهت حفظ کیفیت، بازاریپسندی و ماندگاری قارچ تکمهای (*Agaricus bisporus*) پیشنهاد می‌شود.

edible Mushrooms (*Agaricus bisporus*). *innovative food technologies*, 9(1), 47-61. <https://doi.org/10.22104/jift.2021.5049.2054> [In Persian]

Feng, Y., Feng, C., Wang, Y., Gao, S., Sun, P., Yan, Z., Su, X., Sun, Y. & Zhu, Q. (2022). Effect of CaCl₂ treatment on enzymatic browning of fresh-cut Luffa (*Luffa cylindrica*). *Horticulturae*, 8, 473. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8060473>.

Hussain, S.B., Shi, C.Y., Guo, L.X., Kamran, H.M., Sadka, A. & Liu, Y.Z. (2017). Recent advances in the regulation of Citric acid metabolism in Citrus fruit. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 36(4), 241-256. <https://doi.org/10.1080/07352689.2017.1402850>.

Hosseinzadeh Rostam Kalaei, M., Vahid Abdossi, V & Danaee, E. (2022). Evaluation of foliar application of selenium and flowering stages on selected properties of Iranian Borage as a medicinal plant. *Journal of Scientific Reports*, 12, 1-10. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-16241-z>.

Izanloo, I. & Sadeghi Mahoonak, A. (2023). The effect of ultrasound pretreatment on hydrolysis time by pepsin enzyme to produce antioxidant peptides from edible mushroom (*Agaricus bisporus*) protein. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 20(3), 29-44. <https://doi.org/10.22067/ifstrj.2023.78786.1203> [In Persian]

Jakhar, M. & Pathak, S. (2016). Effect of pre-harvest nutrients application and bagging on quality and shelf life of Mango (*Mangifera indica* L.) fruits cv. Amrapali. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 18 (3), 717-729. <https://doi.org/20.1001.1.16807073.2016.18.3.23.5>.

Jalili Marandi, R. & Shafai Abbas Abad, Z. (2014). The effect of post-harvest treatments of citric acid and salicylic acid on the quality characteristics of Sardroud pear fruit during the storage period. *Plant Production (Journal of Agricultural Sciences)*, 38(1), 131-143. [In Persian]

Jebelli Javan, A., Nikmanesh, A., Keykhosravy, K., Maftoon, S., Aminzare, M., Bayani, M., Parsaiemehr, M. & Raehsi, M. (2015). Effect of Citric acid dipping treatment on bioactive components and antioxidant properties of sliced Button Mushroom (*Agaricus bisporus*). *Journal of Food Quality and Hazards Control*, 2, 20-25.

Karamnezhad, F., Hajilou, J. & Tabatabaei, S. J. (2015). Effect of postharvest treatments of

CaCl₂ at different temperatures on fruit quality and storage life of peach cv. Kousari. *Plant production technology*, 7(2), 191-202. [In Persian]

Khan, ZU., Aisikaer, G., Khan, RU., Bu, J., Jiang, Z., Ni, Z. & Ying, T. (2014). Effects of composite chemical pretreatment on maintaining quality in button mushrooms (*Agaricus bisporus*) during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology*, 95, 36-41. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.04.001>.

Kou, X., M. Wu, L. Li, S. Wang, Z. Xue, B. Liu and Y. Fei. 2015. Effects of CaCl₂ dipping and pullulan coating on the development of brown spot on 'Huangguan' pears during cold storage. *Postharvest Biology and Technology*, 99, 72-63. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.08.001>.

Li, L., Kitazawa, H., Zhang, X., Zhang, L., Sun, Y., Wang, X. & Yu, S. (2021). Melatonin retards senescence via regulation of the electron leakage of postharvest white mushroom (*Agaricus bisporus*). *Food Chemistry*, 340, 127833. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127833>.

Liu, W., Zou, L., Liu, J., Zhang, Z., Liu, Ch. & Liang, R. (2013). The effect of citric acid on the activity thermodynamics and conformation of mushroom polyphenol oxidase. *Food Chemistry*, 140, 289-295. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.02.028>.

Mazumder, M.N.N., Misran, A., Ding, P., Wahab, P.E.M. & Mohamad, A. (2021). Effect of harvesting stages and Calcium Chloride application on postharvest quality of Tomato fruits. *Coatings*, 11, 1445. <https://doi.org/10.3390/coatings11121445>.

Najafi, R. & Barzegar, T. (2022). The effect of foliar spray of different Calcium sources on antioxidant properties and quality of Cauliflower (*Brassica oleracea* cv. botrytis 'Romanesco'). *Journal of Horticultural Science*, 36(3), 589-577. <https://doi.org/10.22067/jhs.2021.70150.1047> [In Persian]

Noorbakhsh, Sh. & Danaee, E. (2021). Effect of Chitosan and Aloe vera application on oxidative stability and nutritional value of Strawberry fruit (*Fragaria ananassa*) cv. Camarosa. *Journal of Human Environment and Health Promotion*, 7(4), 189-196. <https://doi.org/189-96.10.52547/jhehp.7.4.189>.

Öz, A. T., Eker, T. (2022). Evaluating the effect of Calcium Chloride plus Sodium Alginate treatments on Button Mushroom shelf life quality. *Hacettepe Journal of Biology and*

- Chemistry, 50(4), 387-396. <https://doi.org/10.15671/hjbc.1031433>.
- Pasban, A., Mohebbi, M., Pourazerang, H. & Varidi, M. (2013). The Effect of Ascorbic Acid, Citric acids and Sodium Metabisulphite on colour and foaming properties of Mushroom Purees (*Agaricus bisporus*). *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 9(2), 139-145. <https://doi.org/10.22067/ifstrj.v9i2.25674> [In Persian]
- Putter, j. (1974). In: Methods of enzymatic analysis 2(Ed Bergemeyer, A.) Academic press. New York. p. 685.
- Ramezani, E., Olfati, J. & Razavipoor, T. (2018). The Effect of different treatments on storage life and postharvest quality of Button Mushroom (*Agaricus bisporus*). *Journal of Crop Production and Processing*, 7 (4), 135-147. <https://doi.org/10.29252/jcpp.7.4.135> [In Persian]
- Safa, M., Hajilou, J., Nagshiband Hasani, R. & Ganbari Najar, M. (2015). Effect of postharvest xalic Acid and Calcium Chloride on quality attributes of Sweet Cherry (*Prunus avium* L.). *Journal of Horticultural Science*, 29(2), 196-206. <https://doi.org/10.22067/jhorts4.v0i0.29791> [In Persian]
- Sarlak F, Khademi O, Erfani Moghadam J. (2016). Assessment the effects of some postharvest treatments on increasing storability of bottom mushroom. *Journal of food science and technology*, 14 (64), 50-43 [In Persian]
- Shahi, P., Abdossi, V. & Poornamdari, E. (2019). Investigating the effect of various forms of Zinc on Pomegranate and Pomegranate juice characteristics. *Journal of Food Technology and Nutrition*, 16(4), 81-90. [In Persian]
- Shamlou, S., Vaziri, A., Shekarabi, A. & Safekordi, A.A. (2019). Extending the shelf life of edible button mushroom (*Agaricus bisporus*) by edible coatings on the basis of natural polymers. *Iranian Journal of food science and technology*, 16(91), 243-256. [In Persian]
- Shekari, A., Naghsiband Hassani, R., Soleimani Aghdam, M., Rezaii, M. & Janatizadeh, A. (2022). The effect of postharvest treatments of melatonin and γ -aminobutyric acid on improving antioxidant activity and reducing browning of fresh cut button mushroom (*Agaricus bisporus*) during cold storage. *Journal of Plant Production Research*, 29(4), 45-61. <https://doi.org/10.22069/jopp.2022.19347.2859> [In Persian]
- Soroori, S., Danaee, E., Hemmati, K., Ladan Moghadam, A. (2021). The metabolic response and enzymatic activity of *Calendula officinalis* L. to foliar application of spermidine, citric acid and proline under drought stress and in a postharvest condition. *Journal of Agriculture Science and Technology*, 23 (6), 1339-1353. <https://doi.org/20.1001.1.16807073.2021.23.6.6.9>.
- Spinardi, A. M. (2005). Effect of harvest date and storage on antioxidant systems in pears. *Acta Horticulturae*, 682, 655-662. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.682.11>.
- Tapia-Rodriguez, M. R., Bernal-Mercado, A. T., Palomares-Navarro, J. J., Sugich-Miranda, R., Enciso-Martinez, Y., Cruz-Valenzuela, M. R., de Siqueira Oliveira, L., Ayala-Zavala, F. & Ayala-Zavala, J. F. (2021). Citric acid and CaCl₂ extended the shelf life, maintained antioxidant capacity, and improved sensory attributes of fresh-cut kiwifruit. *Journal of Horticulture and Postharvest Research*, 4, 67-80. <https://doi.org/10.22077/jhpr.2021.4725.1243>.
- Wanga, Y., Xie, X. & Long, L. E. (2014). The effect of postharvest calcium application in hydro-cooling water on tissue calcium content, biochemical changes and quality attributes of sweet cherry fruit. *Food Chemistry*, 160, 22-30. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.03.073>.
- Zarbaksh, S. & Rastegar, S. (2018). Assessment of physicochemical properties and bioactive compound of date fruit (*Phoenix dactylifera*) in two cultivars, "Piarom" and "Zahedi". *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 14(1), 177-186. <https://doi.org/10.22067/ifstrj.v14i1.60214> [In Persian]

استفاده از مایکروویو برای بهبود کیفیت و کاهش زمان سرخ شدن برش‌های کدوخورشتی

فخرالدین صالحی^{a*}، مصطفی امیری^b، سارا قزوینه^b

^a دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.
^b دانشجوی کارشناسی گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۰۶/۰۶

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۰۴/۱۹

چکیده

مقدمه: خشک کردن برش‌های سیب‌زمینی قبل از سرخ کردن، جذب روغن توسط محصول را به مقدار قابل توجهی کاهش می‌دهد. در این پژوهش اثر پیش‌تیمار مایکروویو بر زمان سرخ شدن، جذب روغن، مؤلفه‌های رنگی و ویژگی‌های حسی برش‌های کدوخورشتی سرخ شده بررسی شد.

مواد و روش‌ها: برای اعمال پیش‌تیمار، برش‌های کدوخورشتی با ضخامت ۱ سانتی‌متر به مدت ۰، ۱، ۲ و ۳ دقیقه داخل دستگاه مایکروویو (۴۴۰ وات) قرار گرفتند. برش‌های تیمار شده توسط سرخ‌کن با دمای ۱۶۰ درجه سلسیوس سرخ شدند. در این پژوهش، زمان سرخ شدن، مقدار رطوبت، جذب روغن، سختی، پارامترهای رنگی، شاخص تغییرات رنگ، تغییرات مساحت سطح و خصوصیات حسی نمونه‌ها اندازه‌گیری شدند.

یافته‌ها: استفاده از پیش‌تیمار مایکروویو باعث کاهش زمان سرخ شدن، مقدار رطوبت و جذب روغن برش‌های کدوخورشتی شد. زمان سرخ شدن برش‌های کدوخورشتی تیمار شده توسط مایکروویو به مدت ۰، ۱، ۲ و ۳ دقیقه به ترتیب برابر ۱۴۷/۳، ۱۲۵/۰، ۱۱۲/۰ و ۹۱/۳ ثانیه بود. سختی بافت برش‌های کدوخورشتی سرخ شده با افزایش زمان تیماردهی با مایکروویو کاهش یافت. اعمال تیمار مایکروویو به مدت ۳ دقیقه باعث کاهش شاخص‌های روشنائی و سبزی به ترتیب از ۷۷/۴۶ به ۷۵/۰۳ و از ۳/۷۲- به ۱/۰۷- ($p > 0.05$) و همچنین به صورت معنی‌دار باعث افزایش شاخص زردی از ۳۳/۰۹ به ۴۱/۱۳ شد ($p < 0.05$). از نظر امتیاز پذیرش ظاهر، بو، بافت و طعم و همچنین پذیرش کلی، محصول پیش‌تیمار شده با مایکروویو به مدت ۳ دقیقه بالاترین امتیاز را داشت.

نتیجه‌گیری: تیماردهی برش‌های کدوخورشتی با مایکروویو به مدت ۳ دقیقه باعث کوتاه شدن زمان سرخ کردن، کاهش جذب روغن و افزایش پذیرش حسی محصول شد.

واژه‌های کلیدی: جذب روغن، خصوصیات حسی، سختی، کدو خورشتی، مساحت سطح، مقدار رطوبت

مقدمه

محصولات کشاورزی در صورت عدم فرآوری و نگهداری در شرایط مناسب به سرعت فاسد می‌شوند. با فرآوری این محصولات، مواد غذایی متنوعی ایجاد می‌شود که مصرف‌کنندگان تمایل بیشتری برای خرید و مصرف آنها دارند. سرخ کردن یکی از رایج‌ترین روش‌های فرآوری محصولات کشاورزی است و برای تولید محصولات غذایی سرخ‌شده جدید در بسیاری از صنایع غذایی استفاده می‌شود. ویژگی‌های منحصربه‌فرد حسی شامل رنگ، عطر، بافت و طعم، مصرف‌کنندگان را به سمت غذاهای سرخ‌شده جذب می‌کند (Juvvi et al., 2024).

از آنجایی که امروزه مصرف‌کنندگان به دنبال محصولات غذایی سالم و کم‌چرب هستند، کاهش جذب روغن در غذاهای سرخ‌شده اهمیت پیدا کرده است (Salehi, 2020; Neethu et al., 2024). روغن خوراکی به‌عنوان یک محیط گرمایشی در دمای بین ۱۵۰ تا ۲۰۰ درجه سلسیوس در سرخ کردن معمولی استفاده می‌شود و تغییرات قابل توجهی را در غذاهای سرخ‌شده پس از قرار گرفتن در معرض روغن داغ ایجاد می‌کند (Verma et al., 2023). طی فرآیند سرخ کردن گرما از روغن به ماده غذایی منتقل می‌شود و منجر به انتقال جرم می‌گردد و این فرآیند هم‌زمان با خروج رطوبت محصول و جذب روغن است (Lumanlan et al., 2020). همان‌طور که خواص ساختار مواد در طول سرخ کردن تغییر می‌کند، منافذ ایجاد می‌شود و ساختار منافذ نقش حیاتی در جذب روغن بازی می‌کند. بیشتر مکانیسم‌های جذب روغن بر روی این منافذ، اثرات مویرگی و تراکم رطوبت آزاد شده از محصول سرخ‌شده متمرکز است. برای به حداقل رساندن جذب روغن در حین سرخ کردن، درک مکانیسم‌ها و مسیر مهاجرت روغن به ریزساختار غذاها ضروری است (Neethu et al., 2024).

چندین روش برای کاهش جذب روغن هنگام سرخ کردن مواد غذایی پیشنهاد شده است (Gallegos- Marin et al., 2020; Lumanlan et al., 2020; Salehi, 2020; Salehi et al., 2022; Faloye et al., 2024). یکی از این روش‌ها استفاده از مایکروویو به‌عنوان پیش‌تیمار و کاهش رطوبت محصول قبل از فرآیند سرخ کردن است. دستگاه مایکروویو امروزه یکی از تجهیزات متداول خانگی است و حرارت دادن یا گرم کردن

مجدد غذاها با مایکروویو به یک بخش ضروری از تهیه غذا در خانه تبدیل شده است. گرمایش با مایکروویو در مقایسه با روش حرارتی معمولی مزایای زیادی مانند صرفه‌جویی در انرژی، زمان پخت و گرم شدن کوتاه‌تر، بهبود یکنواختی محصول و ایجاد ریزساختارها و خواص منحصربه‌فرد دارد. گرمایش با انرژی مایکروویو (فرکانس مایکروویو، در این موارد، شامل فرکانس‌های رادیویی و محدوده‌ای از ۳/۰ مگاهرتز تا ۳۰۰ گیگاهرتز است) تا حد زیادی تحت تأثیر وجود آب در غذاها قرار می‌گیرد (Clark et al., 2000; Salehi et al., 2024). در خشک کردن مواد غذایی در مایکروویو، کاهش زمان خشک شدن تا ۹۰-۲۵ درصد و افزایش سرعت خشک شدن ۴ تا ۸ برابر در مقایسه با خشک کردن همرفتی گزارش شده است (Omidiran et al., 2023). از روش تیماردهی با مایکروویو قبل از سرخ کردن محصولات مختلف استفاده شده است (Adedeji et al., 2009; Ngadi et al., 2009; Jia et al., 2018; Dehghannya and Ngadi, 2023; Omidiran et al., 2023; Zhang et al., 2023). برهمکنش امواج مایکروویو با مولکول‌های آب قطبی داخل محصول، انرژی مایکروویو را جذب کرده و گرمایش سریع ایجاد می‌کند. به دلیل فشار داخلی بخار، این گرما یک انتقال جرم سریع ایجاد می‌کند و محصول را بدون گرم کردن بیش از حد، خشک می‌کند (Verma et al., 2023). این کاهش رطوبت باعث کاهش جذب روغن هنگام سرخ کردن می‌شود. نتایج گزارش شده نشان می‌دهد که استفاده از پیش‌تیمار مایکروویو قبل از فرآیند سرخ کردن می‌تواند باعث کاهش جذب روغن توسط محصول می‌شود (Adedeji et al., 2009; Karacabey et al., 2017; Dehghannya and Ngadi, 2023; Zhang et al., 2023). Ngadi و همکاران (۲۰۰۹) تأثیر پیش‌تیمار مایکروویو به مدت ۱ تا ۲ دقیقه بر سرعت انتقال جرم در طی سرخ کردن ناگت مرغ در دمای ۱۶۰ درجه سلسیوس به مدت ۰ تا ۳۰۰ ثانیه را بررسی کردند. نتایج آنها نشان می‌دهد که پیش‌تیمار با مایکروویو تأثیر قابل توجهی بر کاهش رطوبت و جذب روغن ناگت‌های مرغ طی سرخ کردن عمیق دارد (Ngadi et al., 2009).

کدوخورشتی خشک و سرخ‌شده یک غذای لذیذ است که به‌عنوان میان وعده و یا غذای اصلی در کشورهای مختلف مصرف می‌شود (Andreou et al., 2021;)

استفاده از آون (شیماز، ایران) با دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس و در مدت زمان ۵ ساعت اندازه‌گیری شد (Hosseini, 2006). درصد روغن جذب‌شده^۲ توسط نمونه‌های سرخ‌شده، از کسر ماده جامد برش‌های تازه کدوخورشتی از مقدار ماده جامد برش‌های سرخ‌شده، تقسیم بر وزن محصول سرخ‌شده ضرب در ۱۰۰ به دست آمد (Salehi et al., 2022).

– آزمون نفوذ

بلافاصله پس از سرخ کردن برش‌ها، نمونه‌ها خنک شدند و بعد از حذف روغن باقی‌مانده روی سطح، سختی آن‌ها اندازه‌گیری شد. آزمون نفوذ با استفاده از دستگاه بافت سنج (Santam, STM-5, Iran) و پروب استوانه‌ای با قطر ۲/۵ میلی‌متر انجام شد. سرعت نفوذ پروب به داخل نمونه ۱ میلی‌متر بر ثانیه در نظر گرفته شد (Li et al., 2022).

– مؤلفه‌های رنگی کدوخورشتی سرخ‌شده

در این پژوهش ابتدا توسط یک اسکنر (اچ‌پی، Scanjet 300، چین) از برش‌های تازه و سرخ‌شده کدوخورشتی عکس در فرمت JPG تهیه و بعد از تبدیل به فرمت $L^*a^*b^*$ توسط نرم‌افزار Image J (ویرایش 1.42e، آمریکا)، مؤلفه‌های رنگی در مقیاس L^* ، a^* و b^* محاسبه و گزارش شد. مقادیر تغییر رنگ کلی (ΔE) برش‌های کدوخورشتی سرخ‌شده، در مقایسه با نمونه تازه محاسبه شد. مساحت سطح^۳ نمونه‌های تازه و سرخ‌شده به‌طور مستقیم از روی عکس‌ها با نرم‌افزار ImageJ اندازه‌گیری و درصد تغییرات مساحت سطح برش‌های سرخ‌شده نسبت به برش‌های تازه محاسبه و گزارش شد (Salehi et al., 2021).

– ارزیابی حسی برش‌های سرخ‌شده

برای ارزیابی خصوصیات حسی برش‌های کدوخورشتی سرخ‌شده از ۱۷ ارزیاب و روش امتیازدهی استفاده شد. در جدول ارزیابی حسی، شاخص‌ها شامل پذیرش ظاهر، پذیرش بو، پذیرش بافت، پذیرش طعم و پذیرش کلی برش‌های کدوخورشتی سرخ‌شده بود.

(Salehi et al., 2022). هدف از این پژوهش بررسی اثر پیش‌تیمار مایکروویو بر زمان سرخ شدن، مقدار رطوبت، جذب روغن، سختی، پارامترهای رنگی، شاخص تغییرات رنگ، تغییرات سطح و خصوصیات حسی برش‌های کدوخورشتی سرخ‌شده است.

مواد و روش‌ها

– تهیه و برش کدوخورشتی

کدوخورشتی تازه (*Cucurbita pepo var. cylindrica*) با اندازه متوسط از شهرستان ورامین (استان تهران، ایران) تهیه شد. کدوخورشتی‌ها توسط اسلایسر صنعتی (جرمی، مدل AF-23، ایتالیا) به قطعاتی با ضخامت ۱ سانتی‌متر برش داده شدند.

– اعمال پیش‌تیمار مایکروویو

برش‌های کدوخورشتی قبل از فرآیند سرخ کردن به مدت ۰ (نمونه شاهد)، ۱، ۲ و ۳ دقیقه توسط دستگاه مایکروویو خانگی (جی‌پلاس، مدل GMW-M425S.MIS00، شرکت گل‌دیران، ایران) با توان ۴۴۰ وات تیماردهی شدند.

– سرخ کردن برش‌های کدوخورشتی

برش‌های کدوخورشتی بعد از تیماردهی توسط مایکروویو، توسط سرخ‌کن دلونگی (F18، ۱۸۰۰ وات، ایتالیا) با دمای ۱۶۰ درجه سلسیوس سرخ‌شده و زمان سرخ شدن هر نمونه یادداشت و گزارش شد. جهت سرخ کردن عمیق از روغن مایع مخصوص سرخ کردن بدون پالم (آفتابگردان-سویا، ورامین، ایران) استفاده شد. جهت کنترل دمای سرخ‌کن از دماسنج دیجیتالی تماسی^۱ ($\pm 0.1^\circ\text{C}$) استفاده گردید.

– درصد رطوبت و جذب روغن برش‌های کدوخورشتی

برش‌های کدوخورشتی بعد از سرخ شدن، از سرخ‌کن خارج و پس از حذف روغن سطحی توسط دستمال کاغذی، بلافاصله تغییرات وزن، مقدار رطوبت و درصد روغن آنها اندازه‌گیری شد. تغییرات وزن نمونه‌ها توسط ترازوی دیجیتالی (GM-300p، لوترون، تایوان) با دقت ± 0.01 گرم، ثبت گردید. مقدار رطوبت برش‌های کدوخورشتی با

¹ Lutron, TM-916, Taiwan

² Oil uptake (OU)

³ Surface area

تجزیه و تحلیل آماری - تمام آزمون‌ها در سه تکرار انجام شد. این پژوهش بر پایه طرح کاملاً تصادفی انجام و با استفاده از نرم‌افزار SPSS 21 تجزیه و تحلیل شد. برای مقایسه میانگین پاسخ‌های مشاهده‌شده، از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد.

یافته‌ها

اثر مایکروویو بر زمان سرخ‌شدن

شکل ۱ اثر تیماردهی با مایکروویو بر زمان سرخ شدن برش‌های کدوخورشتی را نشان می‌دهد. نتایج گزارش شده در این شکل حاکی از این است که قرار گرفتن در معرض امواج مایکروویو باعث کاهش زمان سرخ شدن برش‌های کدوخورشتی می‌شود. از نظر آماری اختلاف معناداری بین زمان سرخ شدن برش‌های کدوخورشتی تیمار شده با نمونه شاهد وجود داشت ($p < 0.05$) و کمترین زمان سرخ شدن (۹۱/۳ ثانیه) هم مربوط به نمونه تیمار شده توسط مایکروویو به مدت ۳ دقیقه بود.

درصد رطوبت

خشک‌کردن فرآیندی است که در آن رطوبت محصول تا حد معینی از طریق تبخیر کاهش می‌یابد (Ozkan *et al.*,

جذب روغن

شکل ۳ اثر تیماردهی با مایکروویو بر جذب روغن برش‌های کدوخورشتی سرخ‌شده را نشان می‌دهد. استفاده از پیش‌تیمار مایکروویو و قرار گرفتن در معرض امواج مایکروویو به صورت معنی‌داری باعث کاهش جذب روغن توسط برش‌های کدوخورشتی هنگام سرخ‌کردن شد ($p < 0.05$). با توجه به اینکه پیش‌تیمار مایکروویو باعث کاهش رطوبت و خشک شدن محصول می‌شود (Salehi *et al.*, 2024)، لذا جذب روغن برش‌های کدوخورشتی کاهش یافت. جذب روغن برش‌های کدوخورشتی تیمار شده توسط مایکروویو به مدت ۰، ۱، ۲ و ۳ دقیقه و سرخ‌شده در دمای ۱۶۰ درجه سلسیوس به ترتیب برابر ۱۶/۱۷، ۱۵/۴۱، ۱۴/۵۶ و ۱۳/۸۹ درصد بود.

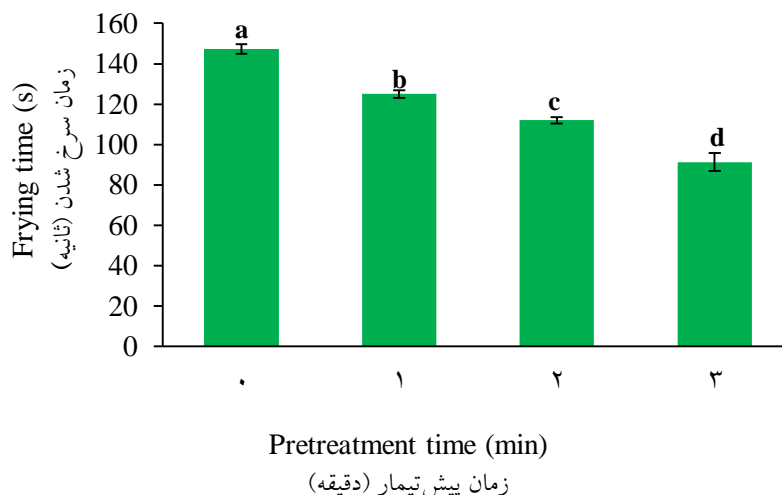


Figure 1- Effect of microwave treatment on frying time of zucchini slices. Different letters above the columns indicate significant difference ($p < 0.05$)

شکل ۱- تأثیر تیماردهی با مایکروویو بر زمان سرخ شدن برش‌های کدوخورشتی
حروف مختلف بالای ستون‌ها نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار است ($p < 0.05$).

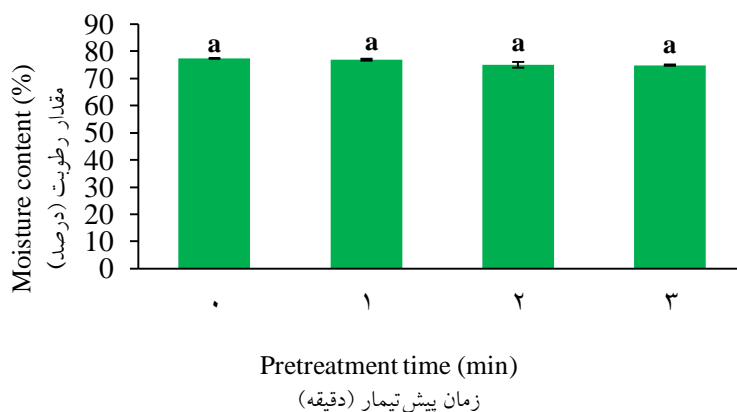


Figure 2- Effect of microwave pretreatment on moisture content of fried zucchini slices.

Same letters above the columns indicate no significant difference ($p > 0.05$)

شکل ۲- اثر پیش تیمار مایکروویو بر مقدار رطوبت برش‌های کدوخورشتی سرخ‌شده

حروف یکسان بالای ستون‌ها نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار است ($p > 0.05$).

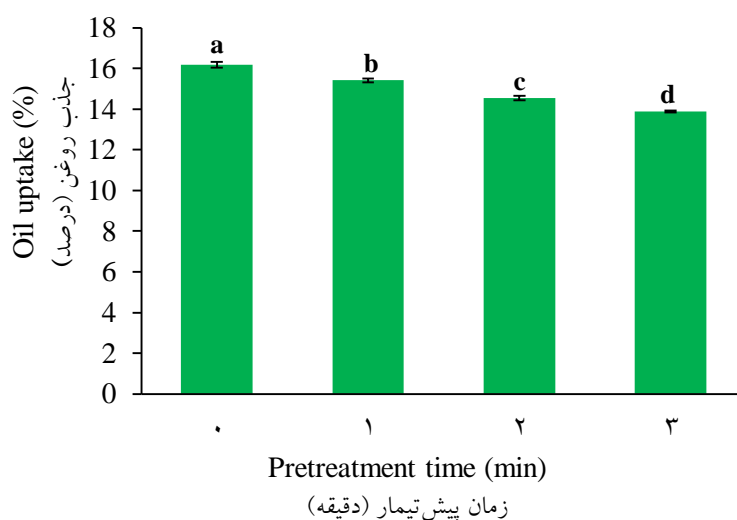


Figure 3- Effect of microwave pretreatment on oil uptake of fried zucchini slices.

Different letters above the columns indicate significant difference ($p < 0.05$)

شکل ۳- اثر پیش تیمار مایکروویو بر جذب روغن برش‌های کدوخورشتی سرخ‌شده

حروف مختلف بالای ستون‌ها نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار است ($p < 0.05$).

- سختی بافت

سختی (نیروی شکست) نشانگر تردی است و این ویژگی بافتی یک پارامتر مهم برای مواد غذایی سرخ‌شده است. مقادیر سختی کمتر به معنای تردی بیشتر است. شکل ۴ اثر تیماردهی با مایکروویو بر سختی بافت برش‌های کدوخورشتی سرخ‌شده را نشان می‌دهد. استفاده از پیش‌تیمار مایکروویو باعث کاهش سختی بافت برش‌های کدوخورشتی سرخ‌شده شد. سختی بافت برش‌های

کدوخورشتی تیمار شده توسط مایکروویو به مدت ۰، ۱، ۲ و ۳ دقیقه و سرخ‌شده در دمای ۱۶۰ درجه سلسیوس به ترتیب برابر ۰/۸۳، ۰/۷۳، ۰/۷۱ و ۰/۵۱ نیوتن بود. این کاهش سختی نشان می‌دهد که برش‌های کدوخورشتی تیمار شده و سرخ‌شده در این مطالعه ممکن است به تلاش کمتری برای جویدن نیاز داشته باشند و در نتیجه قابلیت هضم را تقویت کنند (Omidiran et al., 2023).

استفاده از مایکروویو برای بهبود کیفیت و کاهش زمان سرخ شدن برش‌های کدوخورشتی

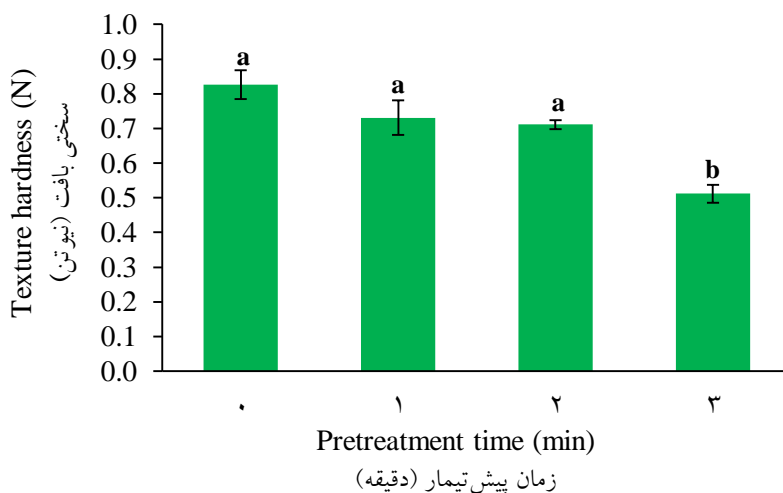


Figure 4- Effect of microwave pretreatment on texture hardness of fried zucchini slices.
Different letters above the columns indicate significant difference ($p < 0.05$)

شکل ۴- اثر پیش تیمار مایکروویو بر سختی بافت برش‌های کدوخورشتی سرخ‌شده
حروف مختلف بالای ستون‌ها نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار است ($p < 0.05$)

در شکل ۵ نتایج مربوط به شاخص تغییر رنگ کلی نیز گزارش شده است. این نتایج نشان می‌دهد که افزایش زمان اعمال پیش تیمار مایکروویو باعث افزایش تغییرات رنگ در برش‌های کدوخورشتی سرخ‌شده گردیده و در نتیجه مقادیر این شاخص افزایش یافت. اعمال تیمار مایکروویو به مدت ۳ دقیقه به صورت معنی‌دار باعث افزایش شاخص تغییر رنگ کلی برش‌های کدوخورشتی سرخ‌شده از ۹/۵۴ به ۱۸/۵۵ شد ($p < 0.05$).

- تغییر اندازه برش‌های سرخ‌شده

شکل ۶ اثر تیماردهی با مایکروویو بر درصد تغییرات مساحت سطح برش‌های کدوخورشتی سرخ‌شده را نشان می‌دهد. استفاده از پیش تیمار مایکروویو باعث کاهش اندازه برش‌های کدوخورشتی سرخ‌شده گردید و در نتیجه باعث افزایش شاخص تغییر مساحت سطح شد. از نظر آماری اختلاف معناداری بین مقدار شاخص تغییر مساحت سطح برش‌های کدوخورشتی سرخ‌شده پیش تیمار شده به مدت ۲ و ۳ دقیقه با نمونه شاهد وجود داشت ($p < 0.05$) و بیشترین مقدار تغییر اندازه هم مربوط به نمونه تیمار شده توسط مایکروویو به مدت ۳ دقیقه بود. مقدار شاخص تغییر مساحت سطح برش‌های کدوخورشتی تیمار شده توسط مایکروویو به مدت ۰، ۱، ۲ و ۳ دقیقه و سرخ‌شده در دمای ۱۶۰ درجه سلسیوس به ترتیب برابر ۱۲/۶۸، ۱۳/۹۳، ۲۱/۳۶ و ۲۲/۳۸ درصد بود.

- مؤلفه‌های رنگی برش‌های سرخ‌شده

در این مطالعه متوسط مقدار عددی شاخص‌های زردی، قرمزی و روشنایی برای برش‌های تازه کدوخورشتی به ترتیب برابر ۳۰/۷۳، ۸/۹۶- و ۸۶/۰۷ بود. در شکل ۵ اثر تیماردهی با مایکروویو بر مؤلفه‌های رنگی (روشنایی، سبزی (قرمزی)، زردی و شاخص تغییر رنگ کلی) برش‌های کدوخورشتی سرخ‌شده نشان داده شده است. شاخص روشنایی یک پارامتر مهم در صنعت سرخ کردن است و معمولاً به عنوان یک عامل کنترل کیفیت استفاده می‌شود (Teruel et al., 2014). اعمال تیمار مایکروویو باعث کاهش شاخص روشنایی از ۷۷/۴۶ به ۷۵/۳۰ شد، اما این کاهش معنی‌دار نبود ($p > 0.05$). البته کاهش روشنایی طی فرآیند سرخ کردن یک تغییر معمولی است که برای بسیاری از محصولات سرخ‌شده گزارش شده است (Teruel et al., 2014).

نتایج گزارش شده در شکل ۵ نشان می‌دهد که اعمال تیمار مایکروویو باعث کاهش شاخص سبزی (افزایش شاخص قرمزی) برش‌های کدوخورشتی سرخ‌شده شد، اما این کاهش معنی‌دار نبود ($p > 0.05$)؛ اما اعمال تیمار مایکروویو اثر معنی‌داری بر تغییر شاخص زردی برش‌های کدوخورشتی سرخ‌شده داشت ($p < 0.05$) و با افزایش زمان تیماردهی به ۳ دقیقه، مقدار زردی سطح نمونه‌ها به صورت معنی‌داری از ۳۳/۰۹ به ۴۱/۱۳ افزایش یافت.

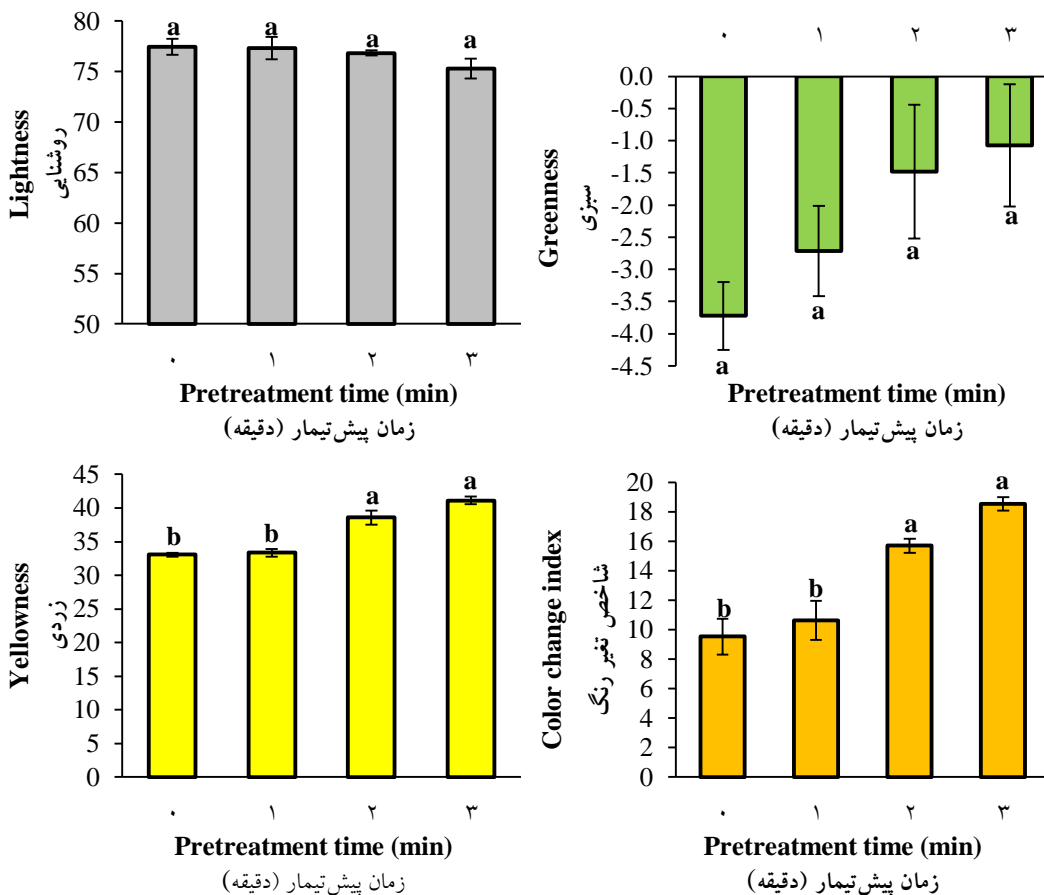


Figure 5- Effect of microwave pretreatment on color indexes of fried zucchini slices.

Different letters above the columns indicate significant difference ($p < 0.05$)

شکل ۵- اثر پیش تیمار مایکروویو بر مؤلفه‌های رنگی برش‌های کدوخورشتی سرخ‌شده

حروف مختلف بالای ستون‌ها نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار است ($p < 0.05$)

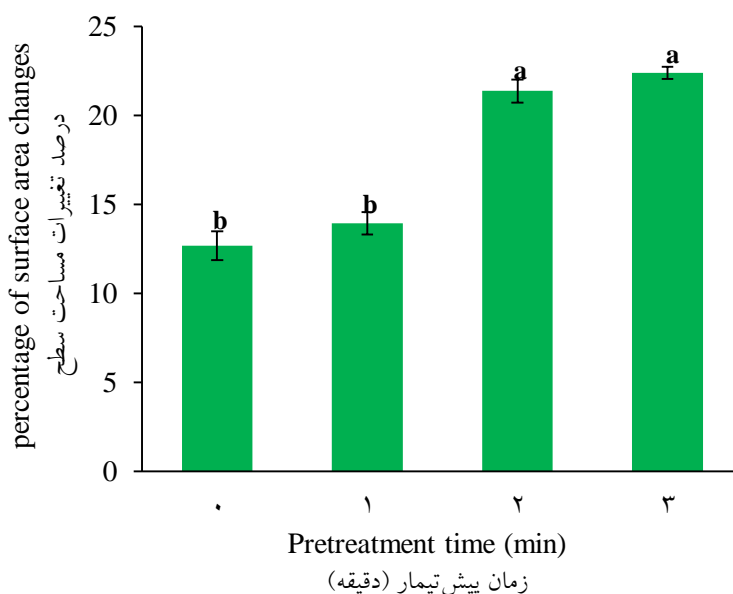


Figure 6- Effect of microwave treatment on percentage of surface area changes of fried zucchini slices.

Different letters above the columns indicate significant difference ($p < 0.05$)

شکل ۶- اثر تیماردهی با مایکروویو بر درصد تغییرات مساحت سطح برش‌های کدوخورشتی سرخ‌شده

حروف مختلف بالای ستون‌ها نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار است ($p < 0.05$)

استفاده از مایکروویو برای بهبود کیفیت و کاهش زمان سرخ شدن برش‌های کدوخورشتی

– ارزیابی حسی

در جدول ۱ میانگین نتایج ارزیابی حسی برش‌های کدوخورشتی سرخ‌شده تیمار نشده و تیمار شده با امواج مایکروویو گزارش شده است. نتایج ارزیابی حسی نشان می‌دهد که اعمال پیش‌تیمار مایکروویو به مدت ۳ دقیقه باعث افزایش امتیازهای مربوط به ویژگی‌های حسی محصول سرخ‌شده می‌شود، البته برای پارامترهای پذیرش ظاهر، بو و بافت این تغییر معنی‌دار نبود ($p > 0.05$). از نظر امتیاز پذیرش ظاهر، بو، بافت و طعم و همچنین پذیرش کلی، برش‌های کدوخورشتی سرخ‌شده پیش‌تیمار شده با مایکروویو به مدت ۳ دقیقه بالاترین امتیاز را داشتند.

بحث

سرخ‌کردن عمیق فرآیندی برای پختن غذا با غوطه‌ور کردن آن در روغن خوراکی داغ است (Andreou et al., 2021). سرخ‌کردن به‌طور کلی شامل یک سری تغییرات فیزیکی و شیمیایی شامل تبخیر آب، جذب روغن، دناتوره شدن پروتئین، ژلاتینه شدن نشاسته تا تشکیل پوست ترد است (Juvvi et al., 2024). با توجه به رواج فست فودها و غذاهای آماده، پژوهشگران علاقه‌مند به تحقیق در مورد کاهش جذب روغن طی فرآیند سرخ‌کردن هستند (Salehi, 2020; Verma et al., 2023). نتایج این پژوهش نشان داد که با پیش‌تیمار مایکروویو نه‌تنها زمان سرخ‌کردن، بلکه می‌توان مقدار جذب روغن توسط برش‌های کدوخورشتی کاهش داد. این موضوع ممکن است به دلیل کاهش رطوبت محصول و تغییر ساختاری با توزیع رطوبت اصلاح شده در طول پیش‌تیمار مایکروویو نسبت داده شود که متعاقباً بر جذب روغن تأثیر گذاشته است (Ngadi et al., 2009). در این پژوهش زمان سرخ شدن برش‌های

کدوخورشتی تیمار شده توسط مایکروویو به مدت ۰، ۱، ۲ و ۳ دقیقه به ترتیب برابر ۱۴۷/۳، ۱۲۵/۰، ۱۱۲/۰ و ۹۱/۳ ثانیه بود که نشان دهنده کاهش زمان سرخ‌کردن با افزایش زمان تیماردهی است. همچنین درصد روغن جذب شده توسط برش‌های کدوخورشتی تیمار شده توسط مایکروویو به مدت ۰، ۱، ۲ و ۳ دقیقه به ترتیب برابر ۱۶/۱۷، ۱۵/۴۱، ۱۴/۵۶ و ۱۳/۸۹ درصد بود که این پارامتر هم نشان می‌دهد با افزایش زمان تیماردهی، درصد روغن جذب شده توسط محصول کاهش یافته است. Zhang و همکاران (۲۰۲۳) گزارش کردند که پیش‌تیمار مایکروویو باعث می‌شود هنگام سرخ‌کردن ماده غذایی یک پوسته محافظ ضخیم در سطح محصول تشکیل شود که در کاهش جذب روغن در طول سرخ‌کردن و بهبود بافت بسیار تأثیرگذار است (Zhang et al., 2023).

در هنگام سرخ‌کردن برش‌های کدوخورشتی، پدیده‌های انتقال آب تا حدی شبیه به پدیده‌های خشک‌کردن در هوا است. آب از داخل بافت کدوخورشتی به بیرون منتقل شده و به سطح محصول می‌رسد و سپس توسط روغن داغ تبخیر می‌شود. هرچه بتوان آب را راحت‌تر از داخل به سطح بافت کدوخورشتی منتقل کرد، درصد آب خارج شده هنگام سرخ‌کردن، بیشتر می‌شود (Andreou et al., 2021). پیش‌تیمار مایکروویو مقدار رطوبت آزاد موجود برای حذف در طول سرخ‌کردن را کاهش داد و با افزایش زمان پیش‌تیمار، رطوبت نهایی پس از سرخ‌کردن کاهش یافت. نتایج این پژوهش نشان داد که اعمال پیش‌تیمار مایکروویو باعث کاهش مقدار رطوبت برش‌های کدوخورشتی سرخ‌شده می‌شود، اما این کاهش معنی‌داری نبود ($p > 0.05$). Krokida و همکاران (۲۰۰۱) تأثیر پیش خشک‌کردن را بر از دست دادن رطوبت و جذب روغن در

جدول ۱- اثر تیماردهی با مایکروویو بر ویژگی‌های حسی برش‌های کدوخورشتی سرخ‌شده

Table 1- Effect of microwave treatment on sensory properties of fried zucchini slices.

زمان تیماردهی (دقیقه)	ظاهر	بو	بافت	طعم	پذیرش کلی
Treatment time (min)	Appearance	Odor	Texture	Flavor	Overall acceptance
0	6.06±1.80 ^a	6.12±1.78 ^a	5.94±1.89 ^a	5.12±2.08 ^b	5.59±1.37 ^b
1	6.24±1.21 ^a	6.53±1.24 ^a	6.06±1.06 ^a	5.59±1.24 ^b	6.24±0.94 ^{ab}
2	6.29±1.32 ^a	5.88±1.41 ^a	6.29±1.23 ^a	5.82±1.38 ^{ab}	6.18±1.10 ^{ab}
3	7.00±1.41 ^a	6.94±1.43 ^a	6.88±1.08 ^a	6.88±1.37 ^a	6.71±1.27 ^a

Different letters within each column represent significance difference ($p < 0.05$)

حروف مختلف در هر ستون نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار است ($p < 0.05$)

طول سرخ کردن سیب‌زمینی سرخ کرده مطالعه کردند. در این پژوهش نمونه‌ها قبل از سرخ شدن، ابتدا طی زمان‌های مختلف خشک شدند. این پژوهشگران دریافتند که پیش‌تیمار خشک کردن به میزان زیادی بر میزان رطوبت و جذب روغن سیب‌زمینی سرخ کرده تأثیر می‌گذارد. در مجموع خشک کردن هوا باعث کاهش روغن و رطوبت سیب‌زمینی سرخ شده شد، در حالی که تخلخل افزایش یافت (Krokida et al., 2001).

مصرف‌کنندگان مواد غذایی در سال‌های اخیر بیشتر مراقب سلامتی خود شده‌اند و مصرف غذاهای کم‌چرب را بدون از بین بردن بافت غذا ترجیح می‌دهند (Millin et al., 2016). تجزیه و تحلیل بافت در درجه اول به اندازه‌گیری خواص مکانیکی یک محصول مربوط می‌شود، زیرا آنها به ویژگی‌های حسی که توسط انسان شناسایی می‌شوند، ارتباط پیدا می‌کنند (Omidiran et al., 2023). در این پژوهش آزمون نفوذ برای نشان دادن سختی بافت برش‌های کدوخورشتی که بعد از فرآیندهای میکروویو و سرخ کردن رخ داده است، انتخاب شدند. از نظر آماری اختلاف معناداری بین مقدار سختی برش‌های کدوخورشتی سرخ شده پیش‌تیمار شده به مدت ۳ دقیقه با نمونه شاهد وجود داشت ($p < 0.05$) و بیشترین مقدار سختی هم مربوط به نمونه شاهد بود.

رنگ یک معیار ارزشمند برای تشخیص تغییرات هنگام فرآوری ماده غذایی خام است و در انتخاب محصول نهایی توسط مصرف‌کننده تأثیرگذار است. همچنین، یک شاخص تضمین کیفیت قابل توجه است که در مواجهه با شرایط مختلف فرآوری تغییر می‌کند (Omidiran et al., 2023). مصرف‌کنندگانی که طرفدار غذاهای سرخ شده با رنگ روشن هستند، تحت تأثیر خرید غذاهای سرخ شده با چنین ویژگی‌هایی قرار می‌گیرند (Teruel et al., 2014). در این پژوهش، پیش‌تیمار میکروویو باعث کاهش روشنایی و سبزی برش‌های کدوخورشتی سرخ شده شد. البته کاهش روشنایی و سبزی محصول نهایی سرخ شده معنی‌دار نبود ($p > 0.05$). گزارش شده است که خشک کردن در میکروویو باعث ایجاد حداقل تغییر رنگ در محصول می‌شود و رنگ محصول را بدون ایجاد پدیده گرمای بیش از حد، حفظ می‌کند (Ozkan et al., 2007). لذا تغییرات رنگ ایجاد شده در این پژوهش حداقل بود و روشنایی و

سبزی نمونه‌های سرخ شده تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند ($p > 0.05$). کاهش روشنایی را می‌توان به واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی نسبت داد. پس از سرخ کردن، کاهش روشنایی با مقدار آب آزاد موجود در سطح نمونه ارتباط دارد که به انعکاس نور کمک می‌کند (Faloye et al., 2024). همچنین زردی محصول افزایش یافت که به افزایش مشتری پسندی محصول کمک می‌کند. با افزایش زمان تیماردهی هم تغییرات رنگ کلی محصول بیشتر شد. گروهی از پژوهشگران گزارش کرده‌اند که افزایش دمای خشک کردن و زمان خشک شدن می‌تواند باعث افزایش سرعت و مقدار واکنش مایلارد شود که منجر به رنگ تیره‌تر و قهوه‌ای‌تر در محصول سرخ شده می‌شود و می‌تواند باعث افزایش شدت تغییرات رنگ کلی شود (Faloye et al., 2024). Piwinska و همکاران (۲۰۱۵) مشاهده کردند که قدرت بسیار بالای استفاده شده در طول پیش خشک کردن در میکروویو باعث کاهش مقدار روشنایی و افزایش مقدار قرمزی محصول می‌شود که به قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی در طول فرآیند خشک کردن مربوط می‌شود (Piwińska et al., 2015).

به نظر می‌رسد کاهش قابل توجه زمان خشک کردن، بهبود کیفیت و سایر مزایای خشک کردن در میکروویو راه را برای کاربردهای گسترده بالقوه این فناوری هموار کرده است. مزایای خشک کردن میکروویو از گرمایش حجمی و تولید بخار داخلی ناشی می‌شود. حرارت دادن از داخل یک محصول غذایی منجر به ایجاد فشار بخار داخلی می‌شود که رطوبت را از محصول خارج می‌کند. این پدیده منجر به کاهش قابل توجهی در زمان خشک شدن می‌شود که منجر به بهبود قابل توجه کیفیت محصول می‌شود (Omidiran et al., 2023). تغییرات فیزیکوشیمیایی و جذب روغن به طعم و بافت منحصربه‌فرد غذای سرخ شده کمک می‌کند (Lumanlan et al., 2020). نتایج ارزیابی حسی برش‌های کدوخورشتی سرخ شده نشان داد که استفاده از پیش‌تیمار میکروویو به مدت ۳ دقیقه نه تنها جذب روغن محصول را کاهش می‌دهد، بلکه امتیاز و مقبولیت مربوط به خصوصیات حسی محصول مانند رنگ، بافت و طعم را افزایش می‌دهد.

نتیجه‌گیری

محتوای مواد جامد اولیه در محصولی که قرار است سرخ شود، عامل مهمی است که بر جذب روغن در طول سرخ کردن تأثیر می‌گذارد. یکی از این راه‌ها برای افزایش محتوای جامد و کاهش رطوبت، خشک کردن قبل از سرخ کردن با استفاده از تکنیک‌های مختلف است. در این پژوهش اثر پیش‌ تیمار مایکروویو بر زمان سرخ شدن، مقدار رطوبت، جذب روغن، سختی، پارامترهای رنگی، شاخص تغییرات رنگ، تغییرات سطح و خصوصیات حسی برش‌های کدوخورشتی سرخ شده بررسی شد. استفاده از پیش‌ تیمار مایکروویو و قرار گرفتن در معرض امواج مایکروویو باعث کوتاه‌تر شدن زمان سرخ کردن و کاهش جذب روغن توسط برش‌های کدوخورشتی شد. اعمال پیش‌ تیمار مایکروویو باعث کاهش مقدار رطوبت برش‌های کدوخورشتی سرخ شده شد اما این کاهش معنی‌داری نبود ($p > 0.05$). کمترین مقدار سختی هم مربوط به نمونه تیمار شده توسط مایکروویو به مدت ۳ دقیقه بود. اعمال پیش‌ تیمار مایکروویو باعث کاهش مؤلفه‌های روشنایی و سبزی برش‌های کدوخورشتی سرخ شده شد، اما شاخص زردی افزایش یافت. با اعمال پیش‌ تیمار مایکروویو، پارامترهای تغییر رنگ کلی و تغییر مساحت سطح برش‌های کدوخورشتی تیمار شده و سرخ شده افزایش یافت و بیشترین تغییر رنگ و اندازه مربوط به نمونه تیمار شده توسط مایکروویو به مدت ۳ دقیقه بود که اختلاف معنادار با نمونه شاهد داشتند ($p < 0.05$). از نظر پارامترهای ارزیابی حسی (ظاهر، بو، بافت، طعم و پذیرش کلی)، برش‌های کدوخورشتی سرخ شده پیش‌ تیمار شده با مایکروویو به مدت ۳ دقیقه بالاترین امتیاز را داشتند.

۹۰

سپاسگزاری

هزینه‌های انجام این پژوهش از محل پژوهانه به شماره ۴۰۲۱۷۴، تأمین شده از سوی معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه بوعلی سینا، پرداخت شده است. لذا از معاونت محترم پژوهش و فناوری دانشگاه بوعلی سینا بابت حمایت مالی و معنوی از این پژوهش، قدردانی می‌کنیم.

منابع

- Adedeji, A.A., Ngadi, M.O. & Raghavan, G.S.V. (2009). Kinetics of mass transfer in microwave precooked and deep-fat fried chicken nuggets. *Journal of Food Engineering*, 91(1), 146-153. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.08.018>.
- Andreou, V., Dimopoulos, G., Tsonas, T., Katsimichas, A., Limnaios, A., Katsaros, G. & Taoukis, P. (2021). Pulsed electric fields-assisted drying and frying of fresh zucchini. *Food and Bioprocess Technology*, 14(11), 2091-2106. <https://doi.org/10.1007/s11947-021-02705-z>.
- Clark, D.E., Folz, D.C. & West, J.K. (2000). Processing materials with microwave energy. *Materials Science and Engineering: A*, 287(2), 153-158. [https://doi.org/10.1016/S0921-5093\(00\)00768-1](https://doi.org/10.1016/S0921-5093(00)00768-1).
- Dehghannya, J. & Ngadi, M. (2023). The application of pretreatments for producing low-fat fried foods: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 140, 104150. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.104150>.
- Faloye, O.R., Sobukola, O.P., Shittu, T.A., Bakare, H.A., Omidiran, A.T., Akinlade, F.A. & Bamidele, O.P. (2024). Effect of assisted drying methods on the microstructure and related quality attributes of fried chicken nuggets. *Journal of Agriculture and Food Research*, 16, 101196. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101196>.
- Gallegos-Marin, I., Méndez-Lagunas, L.L., Rodríguez-Ramírez, J. & Martínez-Sánchez, C.E. (2020). Influence of osmotic pretreatments on the quality properties of deep-fat fried green plantain. *Journal of Food Science and Technology*, 57(7), 2619-2628. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04298-5>.
- Hosseini, Z., (2006). *Common Methods in Food Analysis*. Shiraz University Pub.
- Jia, B., Fan, D., Yu, L., Li, J., Duan, Z. & Fan, L. (2018). Oil absorption of potato slices pre-dried by three kinds of methods. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 120(6), 1700382. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201700382>.

- Juvvi, P., Kumar, R. & Semwal, A.D. (2024). Recent studies on alternative technologies for deep-fat frying. *Journal of Food Science and Technology*, 61(8), 1417-1427. <https://doi.org/10.1007/s13197-023-05911-z>.
- Karacabey, E., Özçelik, Ş.G., Turan, M.S., Baltacıoğlu, C. & Küçüköner, E. (2017). Optimization of microwave-assisted predrying and deep-fat-frying conditions to produce fried carrot slices. *Journal of Food Process Engineering*, 40(2), e12381. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12381>.
- Krokida, M.K., Oreopoulou, V., Maroulis, Z.B. & Marinou-Kouris, D. (2001). Effect of pre-drying on quality of french fries. *Journal of Food Engineering*, 49(4), 347-354. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00233-8](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00233-8).
- Li, Y., Li, Z., Guo, Q., Kong, B., Liu, Q. & Xia, X. (2022). Inhibitory effect of chitosan coating on oil absorption in French fries based on starch structure and morphology stability. *International Journal of Biological Macromolecules*, 219, 1297-1307. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.08.176>.
- Lumanlan, J.C., Fernando, W.M.A.D.B. & Jayasena, V. (2020). Mechanisms of oil uptake during deep frying and applications of predrying and hydrocolloids in reducing fat content of chips. *International Journal of Food Science & Technology*, 55(4), 1661-1670. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14435>.
- Millin, T.M., Medina-Meza, I.G., Walters, B.C., Huber, K.C., Rasco, B.A. & Ganjyal, G.M. (2016). Frying oil temperature: impact on physical and structural properties of french fries during the par and finish frying processes. *Food and Bioprocess Technology*, 9(12), 2080-2091. <https://doi.org/10.1007/s11947-016-1790-2>.
- Neethu, K.C., Pushpadass, H.A., Franklin, M.E.E. & Krishnamurthy, H. (2024). Exploring oil absorption and distribution in immersion-fried pantoa (Indian dairy dessert): effects of frying media. *Journal of Food Science and Technology*. <https://doi.org/10.1007/s13197-024-06018-9>.
- Ngadi, M.O., Wang, Y., Adedeji, A.A. & Raghavan, G.S.V. (2009). Effect of microwave pretreatment on mass transfer during deep-fat frying of chicken nugget. *LWT - Food Science and Technology*, 42(1), 438-440. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.06.006>.
- Omidiran, A.T., Odukoya, O.J., Akinbule, O.O. & Sobukola, O.P. (2023). Effect of microwave-assisted pre-drying and deep-fat-frying conditions on some quality attributes of orange fleshed sweetpotato chips. *Food Chemistry Advances*, 3, 100534. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100534>.
- Ozkan, I.A., Akbudak, B. & Akbudak, N. (2007). Microwave drying characteristics of spinach. *Journal of Food Engineering*, 78(2), 577-583. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.10.026>.
- Piwińska, M., Wyrwicz, J., Kurek, M. & Wierzbicka, A. (2015). Hydration and physical properties of vacuum-dried durum wheat semolina pasta with high-fiber oat powder. *LWT - Food Science and Technology*, 63(1), 647-653. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.022>.
- Salehi, F. (2020). Effect of coatings made by new hydrocolloids on the oil uptake during deep-fat frying: A review. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(11), e14879. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14879>.
- Salehi, F., Goharpour, K. & Razavi Kamran, H. (2024). Effects of different pretreatment techniques on the color indexes, drying characteristics and rehydration ratio of eggplant slices. *Results in Engineering*, 21, 101690. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101690>.
- Salehi, F., Haseli, A. & Roustaei, A. (2022). Coating of zucchini slices with Balangu, Basil, and Wild sage seeds gums to improve the frying properties. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 124(2), 2100120. <https://doi.org/10.1002/ejlt.202100120>.
- Salehi, F., Roustaei, A. & Haseli, A. (2021). Effect of surface coating with seeds mucilages and xanthan gum on oil uptake and physical properties of fried potato strips. *Food Science & Nutrition*, 9(11), 6245-6251. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2583>.
- Teruel, M.R., García-Segovia, P., Martínez-Monzó, J., Linares, M.B. & Garrido, M.D. (2014). Use of vacuum-frying in chicken nugget processing. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 26, 482-489. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2014.06.005>.
- Verma, V., Singh, V., Chauhan, O.P. & Yadav, N. (2023). Comparative evaluation of conventional and advanced frying methods on hydroxymethylfurfural and acrylamide

formation in French fries. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 83, 103233.

<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103233>.

Zhang, C., Lyu, X., Aadil, R.M., Tong, Y., Zhao, W. & Yang, R. (2023). Microwave

heating instead of blanching to produce low-fat French fries. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 84, 103298.

<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103298>.

The Application of Microwave to Improve the Quality and Reduce the Frying Time of Zucchini Slices

F. Salehi^{a*}, M. Amiri^b, S. Ghazvineh^b

^a Associate Professor of the Department of Food Science and Technology, Faculty of Food Industry, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

^b BSc Student of the Department of Food Science and Technology, Faculty of Food Industry, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

Received: 9 July 2024

Accepted: 27 August 2024

Abstract

10

Introduction: Drying of potato slices before frying significantly reduces the oil uptake by the product. In this research, the effect of microwave pretreatment on the frying time, oil absorption, color indexes, and sensory properties of fried zucchini slices was investigated.

Materials and Methods: In order to apply pretreatment, the zucchini slices with a thickness of 1 cm were placed inside the microwave (power=440 W) for 0, 1, 2 and 3 min. The treated slices were fried by a fryer at a temperature of 160°C. In this research, the frying time, moisture content, oil absorption, hardness, color parameters, color change index, surface area changes, and sensory properties of samples were measured.

Results: The use of microwave pretreatment decreased the frying time, moisture content, and oil absorption of zucchini slices. The frying time of zucchini slices treated by microwave for 0, 1, 2, and 3 min was 147.3, 125.0, 112.0, and 91.3 seconds, respectively. The texture hardness of fried zucchini slices decreased with increasing microwave treatment time. After 3 min of microwave treatment, the lightness and greenness indexes decreased from 77.46 to 75.03, and from -3.72 to -1.07 ($p>0.05$), respectively, and the yellowness index also increased significantly from 33.09 to 41.13 ($p<0.05$). In terms of appearance, odor, texture and taste acceptance scores, as well as overall acceptance, the product pretreated with microwave for 3 min had the highest score.

Conclusion: Treating zucchini slices with the microwaves for 3 min shortened the frying time, reduced oil absorption, and increased sensory acceptability of product.

Keywords: *Hardness, Moisture Content, Oil Absorption, Sensory Properties, Surface Area, Zucchini Slices.*

* Corresponding Author: F.Salehi@Basu.ac.ir

Investigating the Qualitative, Physicochemical Characteristics and Shelf-Life of *Agaricus bisporus* using Citric Acid and Calcium Chloride

M. Ghandali^a, E. Danaee^{b*}

^a MSc Student of the Department of Horticultural Sciences, Garmsar Branch, Islamic Azad University, Garmsar, Iran.

^b Associate Professor of the Department of Horticultural Sciences, Garmsar Branch, Islamic Azad University, Garmsar, Iran.

Received: 23 October 2024

Accepted: 1 September 2024

Abstract

Introduction: Mushroom (*Agaricus bisporus*) has a high nutritional value, but due to the lack of a natural protective coating, this product quickly loses its edible quality. The application of post-harvest treatments such as citric acid as an anti-aging antioxidant and calcium chloride due to the role of calcium ions in the strength of the cell wall, the quality and shelf life of the mushroom can be the aim of this research is to investigate the effect of citric acid and calcium chloride on qualitative, physicochemical characteristics and shelf life of *Agaricus bisporus*.

Materials and Methods: This research was carried out in a completely randomized design including two factors of dipping with citric acid (0, 1.5 and 3 mM) and calcium chloride (0, 1 and 2%) and postharvest shelf life (after of the product, 4, 8 and 12 days) were performed in three replicates. In order to apply the treatments, the mushrooms were dipped in different concentrations of citric acid and calcium chloride for 2 minutes, then they were kept at 4°C and were transferred to the laboratory on certain days to evaluate the desired traits.

Results: The results showed that the treatments had a significant effect on the measured variables, therefore on the twelfth day of storage in the treatment of citric acid 1.5 mM + calcium chloride 2%, the lowest percentage of weight loss, ion leakage and browning index were observed, and the highest degree of cap closure, amount of soluble solid, activity of peroxidase and catalase enzymes were obtained. The highest activity of superoxide dismutase enzyme was in the treatment of citric acid 1.5 mM + calcium chloride 1%. The highest amount of ascorbic acid and titratable acidity was observed in the treatment of citric acid 3 mM + calcium chloride 2% and the highest amount of phenol were observed in the treatment of citric acid 3 mM + calcium chloride 1%. The longest storage life with 13.6 days was in the treatment of citric acid 1.5 mM + calcium chloride 2% and while the lowest storage of 6.3 days was related to the control.

Conclusion: The results of this research indicated that the use of citric acid of 1.5 mM along with calcium chloride of 2% after harvesting is recommended to preserve the quality, marketability and shelf life of *Agaricus bisporus*.

Keywords: Calcium Chloride, Citric Acid, Enzyme Activity, Shelf Life.

* Corresponding Author: dr.edanaee@yahoo.com

The Effect of Polyvinyl Alcohol/Chitosan-Based Active Composite Coating Containing *Zataria multiflora* Boiss. Extract on Internal Quality and Eggshell during Storage

E. Yousefi Zirabi ^a, D. Khademi Shurmasti ^{b*}

^a MSc. Graduated of the Department of Agriculture, Savadkooh Branch, Islamic Azad University, Savadkooh, Iran.

^b Assistant Professor of the Department of Agriculture, Savadkooh Branch, Islamic Azad University, Savadkooh, Iran.

Received: 20 March 2024

Accepted: 26 June 2024

Abstract

Introduction: Eggs are one of the low-cost sources of protein with balanced nutritional quality and at the same time they are perishable. Maintaining its quality during storage period is a challenge that needs to be overcome by using technologies that guarantee the product's safety. The present research was carried out to prepare, describe and evaluate the effectiveness of multi-component nano-coating on the physicochemical and microbial changes of eggs during the storage period of 4 weeks.

Materials and Methods: internal and shell quality indicators of uncoated eggs (control) and eggs treated with two-components polyvinyl alcohol/chitosan (PC) coating, three-components Polyvinyl alcohol/chitosan/montmorillonite (PCM), and PCM films containing at concentrations of 2% and 4% of thyme extract were evaluated in 5 treatments and three replicate orders in a completely randomized design.

Results: Thyme extract at a concentration of 4% had a strong antimicrobial effect against *Staphylococcus aureus* and moderate to strong against *Escherichia coli*. Three-components active PCM films had higher thickness, tensile strength, elasticity modulus, opacity, lower strain, and permeability ($p < 0.05$). At the end of 4 weeks of storage, the eggs coated with three-component active PCM, had thicker (0.400 mm), stronger (3.100 kg) eggshells, less weight loss (about 4%), higher haugh unit (70.00) and yolk index (0.43) and less total viable count (log cfu/ml 4.00).

Conclusion: Therefore, it is possible to use PCM three-components nanofilm and coating containing 4% of thyme extract as a biodegradable packaging of food products including eggs to maintain the quality and extend its storage time in ambient temperature.

Keywords: Egg, Montmorillonite, Nanocomposite, Shelf life, Thyme (*Zataria multiflora* Boiss).

* Corresponding Author: dkhademi@gmail.com

Sodium alginate-chitosan composite film for chicken fillet packaging: investigation of its physicochemical and microbial characteristics

M. Ranjabr^a, M. H. Azizi Tabrizad^{b*}, Gh. Asadi^c, H. Ahari^d

^a PhD Student of the Department of Food Science and Industry, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

^b Professor of the Department of Food Science and Technology, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

^c Assistant Professor of the Department of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

^d Professor of the Department of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Received: 9 August 2023

Accepted: 8 September 2024

Abstract

Introduction: Nowadays, the destructive environmental effects caused by the accumulation of plastic materials from food packaging are considered as one of the most important concerns in the world. Biodegradable packaging based on edible films are of particular importance due to the use of natural materials and the absence of environmental pollution. Chitosan is a natural polymer that can play an important role in the composition of packaging film due to its many properties such as antimicrobial properties. Sodium alginate is a viscous gum compound that is widely used in the food industry due to its emulsifying properties. The purpose of this research is to investigate the characteristics of the produced edible film and then its use in chicken fillet packaging and to investigate the physicochemical and microbial properties of packaged chicken fillet in order to select the appropriate sample.

Materials and Methods: film samples in 5 levels containing sodium alginate (A) and chitosan (Ch) as treatment 1 (alginate 100%), treatment 2 (alginate 75% - chitosan 25%), treatment 3 (alginate 50% - chitosan 50%), treatment 4 (alginate 25% - chitosan 75%), treatment 5 (chitosan 100%) were categorized. The conducted tests included: film tests (solubility, water vapor permeability, thickness) and chicken fillet meat tests (volatile nitrogen, thiobarbituric acid, peroxide, microbial tests and sensory evaluation).

Results: In investigating the properties of sodium alginate and chitosan in the composition of edible film, increasing the percentage of alginate increases the solubility (the highest value is 47.64%) and the permeability to water vapor (the highest value is $\text{g.mm.m}^{-2}.\text{h}^{-1}.\text{Pa}^{-1}$ -14.48) and on the other hand, based on the results of the physicochemical and microbial properties of packaged chicken fillet, it was determined that during the storage period, the lowest peroxide index (0.64-1.80 meq/kg), volatile nitrogen ($\text{mgN}/100\text{g}$ 11/22-6/47), the amount of thiobarbituric acid (4.75-4.0023 mol DA/Kg), the total count of microorganisms (cfu/ml 69/06-2.3), the count of cold-loving bacteria (cfu/ 4.4-11.90 ml), lactic acid bacteria (3.2-55.11 cfu/ml) were observed in the sample packed with 100% chitosan. Also, based on sensory evaluation (smell, taste and overall acceptance), the sample containing 100% alginate scored higher among the panelists.

Conclusion: The use of sodium alginate and chitosan composite in edible film for packaging food such as chicken fillet can increase the shelf life of food; But according to all the results obtained, the sample of 100% chitosan edible film was better than the samples containing allergens in terms of evaluating the properties of the produced film, and also by examining the chemical, microbial and sensory properties of the chicken sample packaged with 100% chitosan edible film, it was more favorable than Other samples were, therefore, it can be introduced and used as a new packaging material.

Keywords: Chitosan, Chicken Fillet, Composite, Edible Film, Sodium Alginate.

* Corresponding Author: azizit_m@modares.ac.ir

The Effect of Using of Ostrich Oil (*Struthio camelus*) to Improve the Oxidative Stability of Soybean Oil

N. Dehghani Shkezari ^a, M. Gharachorloo ^{b*}, P. Ghasemi Afshar ^c

^a MSc Graduated of the Department of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

^b Professor of the Department of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

^c Assistant Professor of the Department of Food Science and Technology, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran.

Received: 8 April 2023

Accepted: 3 April 2024

6

Abstract

Introduction: Ostrich oil is a valuable source for use as edible oil. However, little is known about the use of ostrich oil in the food industry. The aim of this study was to investigate the effect of adding ostrich oil on the oxidative stability of soybean oil.

Materials and Methods: In this study, ostrich oil was extracted from the lower abdominal fat of the Canadian black ostrich by wet rendering process (at 80 °C, 2 hours, under vacuum). GC, HPLC and Rancimat equipment were employed for fatty acid, tocopherol and oxidative stability analysis and measurements. 10-50% of extracted ostrich oil were added to soybean oil and induction periods, peroxide values and acid values were determined at certain temperature and intervals respectively.

Results: The total amount of tocopherol was 6.32 µg/g and the induction period of extracted oil was 11.44 hour. The addition of ostrich oil extracted from the lower abdominal area to soybean oil significantly decreased the acid value and peroxide value as compared to the blank. Therefore, the highest acid value (4.5 mg KOH/g oil) and the highest peroxide value (9.12 meqO₂/ kg oil) were observed in blank in 7th day of storage and the lowest acid value (0.4 mg KOH/g oil) and the lowest peroxide value (2.37 meq O₂/ kg oil) were determined in soy bean oil containing 50% of ostrich oil in the first day of storage. Due to the fatty acid composition, the addition of 50% ostrich oil to soybean oil improved the oxidative stability of the soybean oil.

Conclusion: Blending soybean oil with ostrich oil can be considered as a simple, effective and inexpensive method to produce edible oils with higher oxidative stability.

Keywords: Ostrich Oil, Oxidative stability, Soybean Oil.

* Corresponding Author: m_gharachorloo@srbiau.ac.ir

Extraction of Carotenoids from *Ulva rigida* by Ultrasound-Assisted Method

M. Ahmadi -Sarkhuni^a, M. Jahadi^{b*}

MSc Student of the Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.

^b Associate Professor of the Department of Food Industry Science and Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Isfahan Branch (Khorasgan), Islamic Azad University, Isfahan, Iran.

Received: 12 May 2024

Accepted: 6 September 2024

Abstract

Introduction: *Ulva rigida* is a type of green algae belonging to the *chlorophyta*; which is known as a source of carotenoid pigments and chlorophyll due to its numerous chemical compounds. In this research the extraction of carotenoid pigment was optimized using ultrasound-assisted method by response surface methodology.

Materials and Methods: Fresh green algae *Ulva rigida* from the north of Qeshm Island Direstan coast (Deirestan Gulf) the boundary of the region the long slope up to Nakhzah and Salakh harbors (26°73'23.2"N and 55°84'82.1"E) was taken in May 2022. In order to optimizing the conditions of carotenoid extraction using the response surface methodology with three independent variables; ultrasonic power (5-300 W) ultrasonic time (1.59-18.40 minutes) and biomass-to-solvent ratio (1.63-8.46%).

Results: Optimize carotenoid extraction conditions using ultrasound-assisted method showed that all independent variables had a significant effect on the efficiency of carotenoids extraction ($p < 0.05$). In the optimum condition of carotenoid extraction using ultrasound-assisted method (ratio of biomass to solvent is 5.57% ultrasonic power 177.38 W and ultrasonic time 9.93 min) carotenoid content and extraction efficiency were $0.99 \pm 0.08 \mu\text{g/ml}$ and 18.03% respectively.

Conclusion: The content and the extraction efficiency of carotenoid using ultrasound-assisted technology increased 4 time as compared to the conventional extraction method. Therefore, using ultrasound-assisted method for extraction of carotenoids from *Ulva rigida* were considered as an effective process.

Keywords: Carotenoid, Optimization, Ultrasonic, *Ulva rigida*.

* Corresponding Author: mahshidjahadi@yahoo.com; m.jahadi@khuisf.ac.ir

Figures: Should be in limited numbers, with high quality art work and mounted on separate pages. The captions **should be placed below**. The same data should not be presented in tables, figures and text, simultaneously.

References: All manuscripts should be accompanied by relevant references. The author should ensure reference to locally published studies by doing proper literature search. It may not be possible for the editor and reviewers to check the accuracy of all reference citations. To minimize such errors author should verify references against the original documents.

All publications cited in the text should be presented in a list of references following the text of the manuscript. In the text refer to the author's name (without initials) and year of publication (e.g. "Steventon and Donald (1994) studied the effects..." or "...similar to values reported by others (Anderson et al, 1990)..."). For 2 authors all authors are to be listed. When there are more than 2 authors, first author et al. Should be used throughout the text. The list of references should be arranged alphabetically by authors' names and should be as full as possible, listing all authors, the full title of articles and journals, publisher and year. The manuscript should be carefully checked to ensure that the spelling of authors' names and dates are exactly the same in the text as in the reference list.

References should be given in the following form:

- Gunstone, F. D. (1986). Chemical Properties, in *The lipid Handbook*, edited by Gunstone, F. D., Harwood, J. L. & Padley, F. B. Chapman & Hall, London, pp. 449-484.
- Ahmed, I. A. & Robinson, R. K. (1999). The ability of date extracts to support the production of aflatoxins. *Food Chemistry*, 66(3), 307-312.
- Karnofsky, G. B. & Hansotte, R. J. (1982). Process for Extracting Oleaginous Seed Materials, Particularly Cottonseed, with Aqueous Alcohol, U. S. Patent 4,359,417.
- National Institutes of Health, Menopausal Hormone Therapy, <http://www.nih.gov/PHTindex.htm> (accessed Jan. 2003).
- Noel, S. & Collin, S. (1995). Trans-2-nonenal degradation products during mashing. In *Proceeding of the 25 th European brewery convention congress* (pp. 483-490). Oxford: IRL Press.

Proof Reading: A computer print out is sent to the corresponding author for proof reading before publication in order to avoid any mistakes. Corrections should be marked clearly and sent immediately to the Journal office.

Abbreviations and symbols: Use only standard abbreviations. **Avoid using them in the title and abstract.** The full term for which an abbreviation stands should precede its first use in the text unless it is a standard unit of measurement.

4

Page charges: There are no charges for publication in this Journal.

Copyright: The entire contents of the Journal of Food Technology and Nutrition are protected under international copyrights. This Journal is for your personal noncommercial use. You may not modify copy, distribute, transmit, display, or publish any materials contained on the Journal without the prior written permission of it or the appropriate copyright owner.

Peer review process: All manuscripts are considered to be confidential. They are peer-reviewed by at least 2 anonymous reviewers selected by the Editorial Board. The corresponding author is notified as soon as possible of the editor decision to accept, reject, or require modifications. If the manuscript is completely acceptable according to the criteria set forth in these instructions, it is scheduled for the next available issue.

Disposal of material: Once published, all copies of the manuscript, correspondence and artwork will be held for 6 months before disposal.

The Editor-in-Chief,
Journal of Food Technology and Nutrition
Islamic Azad University, Science and Research Branch
Hesarak, Ashrafi Esfahani, Poonak
Tehran, Iran 1477893855
Tel: +98 21 44868535-60 (40066)
Email: ftn@srbiau.ac.ir
<http://www.jftn.srbiau.ac.ir>

Guide for Authors

Journal of Food Technology and Nutrition

Aims and Scope: The "Journal of Food Technology and Nutrition" is the official scientific quarterly publication of the, Science and Research Branch, Islamic Azad University.

This Journal accepts Original Papers, Topical Review Articles and Short Communications in the fields of Food Science, Food Technology and Nutrition.

Submission: Always submit three copies of the article and two sets of photographs, illustration, diagrams etc to mentioned address. Manuscript must be accompanied by a covering letter to the Editor-in-Chief, including title and author(s) name and undertaking that it has not been published or submitted elsewhere. In case the manuscript was earlier submitted to some other Journal and was rejected, the authors must provide full information for proper analysis. Manuscript should be typed in double space on one side of the A₄ size paper with clear margins on both sides. Good quality printout with a font size 12 pt are required. Each page should be numbered.

The manuscript should include: **Title page; the Abstract; Introduction; Materials and Methods; Results; Discussion; Conclusion; Acknowledgement and References.**

The title page: The complete title of the manuscript, the name of all the authors with their highest qualifications, the department or institution to which they are attached, address for correspondence with telephone numbers, e-mail, and Fax number.

The **Abstract:** All original articles must accompany a structured abstract up to 250 words. It should be structured as **Introduction, Materials and Methods, Results and Conclusion** followed by **list in alphabetical order up to 5 Keywords**. Keywords will assist indexers in cross indexing the article as they are published with abstract. Authors need to be careful that the abstract reflects the content of the article accurately.

Introduction: This should summarize the purpose and the rationale for the study. It should neither review the subject extensively nor should it have data or conclusions of the study.

Materials and Methods: This should include exact method or observation or experiment. If an apparatus is used, its manufacturer's name and address should be given in parenthesis. If the method is established, give reference but if the method is new, give enough information so that another author is able to perform it. Statistical method must be mentioned and specify any general computer program used. The Info system used should be clearly mentioned.

Results: It must be presented in the form of text, tables and illustrations. The contents of the tables should not be all repeated in the text. Instead, a reference to the table number may be given. Long articles may need sub-headings within some sections (especially the Results and Discussion parts) to clarify their contents.

Discussion: This should emphasize the present findings and the variations or similarities with other work done in the field by other workers. The detailed data should not be repeated in the discussion again. Emphasize the new and important aspects of the study and the conclusions that follow from them. It must be mentioned whether the hypothesis mentioned in the article is true, false or no conclusions can be derived.

Acknowledgement: All contributors who do not meet the criteria for authorship should be covered in the acknowledgement section. It should include persons who provided technical help, writing assistance and departmental head who only provided general support. Financial and material support should also be acknowledged.

Tables: In limited numbers should be submitted with the **captions placed above**. Do not submit tables as photograph. Place explanatory matters in footnotes, not in the heading.

CONTENTS

Vol. 21, No. 3, Summer 2024

Guide for Authors	3
Abstracts of Persian Articles:	
Extraction of Carotenoids from <i>Ulva rigida</i> by Ultrasound-Assisted Method	5
M. Ahmadi - Sarkhuni, M. Jahadi	
The Effect of Using of Ostrich Oil (<i>Struthio camelus</i>) to Improve the Oxidative Stability of Soybean Oil	6
N. Dehghani Shkezari, M. Gharachorloo, P. Ghasemi Afshar	
Sodium alginate-chitosan composite film for chicken fillet packaging: investigation of its physicochemical and microbial characteristics	7
M. Ranjabr, M. H. Azizi Tabrizzad, Gh. Asadi, H. Ahari	
The Effect of Polyvinyl Alcohol/Chitosan-Based Active Composite Coating Containing <i>Zataria multiflora</i> Boiss. Extract on Internal Quality and Eggshell during Storage	8
E. Yousefi Zirabi, D. Khademi Shurmasti	
Investigating the Qualitative, Physicochemical Characteristics and Shelf-Life of <i>Agaricus bisporus</i> using Citric Acid and Calcium Chloride	9
M. Ghandali, E. Danaee	
The Application of Microwave to Improve the Quality and Reduce the Frying Time of Zucchini Slices	10
F. Salehi, M. Amiri, S. Ghazvineh	

Journal of Food Technology and Nutrition

Islamic Azad University

Executive Director:

Mehrdad Ghavami, Ph. D., MRSC, CChem

Editor in Chief:

Maryam Gharachorloo, Ph. D.

Editorial Board:

Peyman Mahasti, Ph. D., Department of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University

Seyyed Zeadin Mazhari, Ph. D., Department of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University

Vahid Taghikhani, Ph. D., College of Chemical Engineering, Sharif University of Technology

Mehrdad Ghavami, Ph. D., MRSC, CChem, Department of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University

Seyyed Mehdi Seyyedain, Ph. D., Cereal Research Center

Majid Amidpour, Ph. D., K. N. Toosi University of Technology

Hoshang Nikoopour, Ph. D., Shadeed Beheshti Medical University

Maryam Mizani, Ph. D., Department of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University

Maryam Gharachorloo, Ph. D., Department of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University

Seyyed Mohamad Ali Moosavian, Ph. D., College of Chemical Engineering, Tehran University

Hossein Bahmanyar, Ph. D., College of Chemical Engineering, Tehran University

Mahnaz Mazaheri Assadi, Ph. D., Iranian Research Organization for Science and Technology

Cyrus Ghotbi, Ph. D., College of Chemical Engineering, Sharif University of Technology

Babak Ghiassi Tarzi, Ph. D., Department of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University

Masoud Honarvar, Ph. D., Department of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University

Anosheh Sharifan, Ph. D., Department of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University

Address:

Islamic Azad University, Science and Research Branch

Hesarak, Ashrafi Esfahani, Poonak

Tehran, Iran

Tel: +98 21 44868535-60 (40066)

E-mail: ftn@srbiau.ac.ir

www.jftn.srbiau.ac.ir