

مقاله پژوهشی

افزودن عصاره‌ی درون‌پوشانی‌شده برگ گیاه کوله‌خاس (*Ruscus hyrcanu L.*) به منظور بهبود زمان ماندگاری کیک روغنی

لاله محمودی^۱، حمید توکلی‌پور^۲، لیلا روزبه نصیرایی^{۳*}، احمد کلباسی اشتری^۴

۱. دانش آموخته دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور

۲. دانشیار، گروه علوم و مهندسی غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سبزوار

۳. استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور

۴. استاد، گروه علوم و مهندسی غذایی، دانشکده کشاورزی کرج

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۱۶، تاریخ آخرین بازنگری: ۱۳۹۹/۱۲/۱۳، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۰۱)

چکیده

کیک روغنی به دلیل وجود محتوای چربی غیراشباع و رطوبت نسبتاً بالا حساس به فساد اکسایشی و میکروبی است. عصاره‌های گیاهی توانایی خوبی در کاهش روند اکسایش و فساد میکروبی نشان داده‌اند. با این حال مواد زیست فعال این عصاره‌ها نسبت به شرایط نگهداری و فرآیند مواد غذایی ناپایدار هستند. درون‌پوشانی عصاره‌ها یکی از بهترین راه‌کارها برای رویارویی با چنین چالشی است؛ بنابراین هدف از این پژوهش بررسی کارایی غلظت ۰/۷٪ وزنی/وزنی عصاره‌ی آزاد و درون‌پوشانی‌شده (در مالتودکسترین/صمغ عربی - ۵۰:۵۰) برگ کوله‌خاس (*Ruscus hyrcanus L.*) بر تأخیر فساد فیزیکوشیمیایی، میکروبی و حسی کیک روغنی طی ۴۵ روز نگهداری در دمای اتاق ($3 \pm 23^\circ\text{C}$) است. نتایج نشان داد که محتوی رطوبت کیک حاوی عصاره کوله‌خاس طی دوران نگهداری به طور معنی‌داری بالاتر از نمونه شاهد بود ($P < 0/05$). در پایان دوره نگهداری، کم‌ترین تفاوت رنگ کل (ΔE) برابر ۹/۴ برای نمونه‌ی تیمار شده با عصاره‌ی انکپسوله به دست آمد. عصاره‌ی کوله‌خاس پتانسیل ضد میکروبی و ضد اکسایشی معنی‌داری نشان داد. کم‌ترین میزان کپک و مخمر، اسیدهای چرب آزاد و پراکسید در نمونه‌ی حاوی میکروذرات عصاره کوله‌خاس مشاهده شد. امتیاز حسی کل برای نمونه‌ی حاوی عصاره‌ی درون‌پوشانی‌شده برای حدود ۴۰ روز بالاتر از ۳ (آستانه‌ی پذیرش) بود. در حالی که این زمان برای نمونه کنترل تنها ۱۵ روز بود. زمان ماندگاری کیک حاوی عصاره‌ی آزاد و درون‌پوشانی‌شده کوله‌خاس به ترتیب ۱/۸ و ۲/۳ برابر نمونه‌ی شاهد بود. در مجموع درون‌پوشانی عصاره‌ی کوله‌خاس درون مالتودکسترین/صمغ عربی (۵۰:۵۰) به دلیل محافظت از کیک در برابر تخریب شیمیایی و میکروبی، برای بهبود ماندگاری کیک روغنی پیشنهاد می‌شود.

کلید واژه‌ها: کوله‌خاس، درون‌پوشانی، کیک روغنی، مدت ماندگاری، مالتودکسترین - صمغ عربی

* نویسنده مسئول: l_roozbehnasiraii@iaunour.ac.ir

۱. مقدمه

محصولات نانویی بخش بزرگی از صنعت غذا را به خود اختصاص می‌دهند. کیک‌های روغنی به خاطر بافت و طعم مطلوب، یکی از محبوب‌ترین محصولات نانویی به شمار می‌روند [۱]. با این حال به دلیل محتوای رطوبت و به ویژه چربی نسبتاً بالا مستعد فساد هستند. از دست رفتن رطوبت طی دوره‌ی نگهداری و فساد میکروبی از جمله مشکل‌های دیگری است که ماندگاری کیک را کاهش می‌دهد. اگرچه استفاده از ترکیبات ضد اکسایشی سنتزی، همانند بوتیل هیدروکسیل تولوئن (BHT) و بوتیل هیدروکسیل آیزوزول (BHA) می‌تواند موجب حفظ تازگی محصول برای مدت طولانی شود؛ اما بسیاری از متخصصین ارتباط احتمالی بین استفاده از این ترکیبات و بیش فعالی در کودکان، آسم و سرطان را گوشزد کرده‌اند [۲-۵]. به همین دلیل جایگزینی ترکیبات ضد اکسایشی سنتزی با ترکیبات طبیعی به منظور بهبود زمان ماندگاری محصولات غذایی، به یکی از موضوعات جذاب در علم صنایع غذایی بدل شده است. در این راستا بسیاری از پژوهشگران به اثرات مثبت (اثرات ضد اکسایشی و ضد قارچی) اسانس و عصاره‌های گیاهی مثل عصاره برنج سیاه، برگ گواوا برزیلی، عصاره اسطوخودوس، میخک، بابونه و غیره به منظور افزایش ماندگاری محصولات نانویی اشاره کرده‌اند [۶-۱۰].

جنس *Ruscus L.* متعلق به تیره *Asparagaceae* شامل گونه‌های بسیاری از درختچه‌های چند ساله، همیشه سبز و ریزومی است [۱۱]. *R. hyrcanus* یکی از گونه‌های این تیره است که در جنگل‌ها و دره‌های مرطوب حاشیه دریای خزر، استان‌های مازندران، گرگان و گیلان می‌روید. از کلیه اندام‌های گیاهی، از جمله شاخه‌های جوان، ریشه‌ها و ریزوم‌ها به طور سنتی برای درمان خونریزی مزمن، رگ‌های واریسی و بواسیر استفاده می‌شود [۱۲-۱۳]. اندام‌های این گیاه، حاوی ترکیبات زیست فعال متعددی همچون ساپونین‌ها، فلاونوئیدها، اسید کریزو فانیک، اسید گلیکولیک، روتین، β -کاروتن، بنزوفوران و فنل‌ها هستند [۱۱]. این ترکیبات زیست فعال به دلیل ویژگی‌های ضد میکروبی و ضد اکسایشی می‌توانند از محصولات غذایی در برابر فساد اکسایشی و میکروبی محافظت کنند. با این حال علی‌رغم

اثربخشی، پایداری آن‌ها تحت تأثیر عوامل مختلفی چون دما، pH، غلظت، نور و اکسیژن به شدت کاهش می‌یابد [۱۴]. به علاوه دسترسی زیستی این ترکیبات نیز پایین است [۱۵]. درون‌پوشانی می‌تواند راه حل مناسبی برای چنین چالش‌هایی باشد. از آنجایی که انجام فرآیند درون‌پوشانی در دمای پایین می‌تواند موجب حفظ بهتر ویژگی‌های عملکردی عصاره‌های گیاهی شود در این پژوهش از روش خشک کردن انجمادی به منظور تهیه‌ی کپسول‌های عصاره‌ی گیاه کوله‌خاس استفاده شد. در روش درون‌پوشانی می‌توان از مواد پلیمری متعددی به عنوان حامل و دیواره‌ی ترکیبات زیست فعال بهره گرفت. کربوهیدرات‌هایی چون صمغ عربی، نشاسته، مالتودکسترین و مواد پروتئینی چون ژلاتین و ایزوله پروتئین سویا و آب پنیر مرسوم‌ترین حامل‌هایی بوده‌اند که در سال‌های اخیر برای درون‌پوشانی ترکیبات زیست فعال عملکرد مناسبی را نشان داده‌اند [۱۶-۲۰]. در فرآیند درون‌پوشانی مواد فنلی به روش خشک‌کن پاششی و انجمادی، استفاده از پلی‌ساکاریدها مرسوم‌تر از پروتئین‌ها می‌باشد. ویسکوزیته‌ی پایین، انحلال‌پذیری و امولسیون کنندگی و ظرفیت نگهداری مناسب ترکیبات فرار برخی از دلایلی است که پلی‌ساکاریدها را برای فرآیند درون‌پوشانی جذاب می‌سازد. مالتودکسترین ماده جاذب الرطوبه مؤثری است و از نظر اقتصادی نیز از مزیت ویژه‌ی برخوردار است [۱۵، ۲۱]؛ بنابراین در پژوهش حاضر از ترکیب دو ماده‌ی پلی‌ساکارید با قیمت مناسب جهت درون‌پوشانی عصاره‌ی کوله‌خاس استفاده شد. اگرچه روش خشک‌کن انجمادی روشی زمان‌بر و تا حدود گران است اما ساده بوده و برای حفظ بهتر ترکیبات زیست فعال که حساس به حرارت هستند روش مناسبی است. از آنجایی که مقدار بسیار کمی از عصاره درون‌پوشانی در مواد غذایی به کار گرفته می‌شود استفاده از این روش از نظر اقتصادی نیز می‌تواند توجیه‌پذیر باشد. همچنین در پژوهش محمودی و همکاران (۲۰۲۰) عصاره‌ی کوله‌خاس به دو روش غوطه‌وری و به کمک فراصوت استخراج و اثر ضد اکسایشی این عصاره‌ها در غلظت‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد عصاره‌ی استخراج شده به کمک فراصوت حاوی ترکیبات فلاونوئیدی، آنتوسیانینی و فنلی بیش‌تر و در نتیجه خواص

هیدراته شدن کامل، محلول قبل از درون پوشانی به مدت ۲۴ ساعت در یخچال باقی ماند. عصاره کوله خاس و محلول پوشش با نسبت ۴:۱ v/v به مدت ۲۰ min توسط همزن مغناطیسی با یکدیگر ترکیب شدند. عصاره درون پوشانی شده کوله خاس توسط خشک کن انجمادی (Vaco 2 Zirbus، آلمان؛ مدت ۲۴ ساعت در دمای $^{\circ}\text{C} -45$ و تحت شرایط خلأ ۲ mbar) تهیه شد [۲۴].

۴.۲. تهیه کیک روغنی

جدول (۱) فرمول انواع کیک (نمونه‌ی کنترل، تیمار شده با عصاره‌ی آزاد و عصاره‌ی درون پوشانی شده کوله خاس) را نشان می‌دهد. مواد در سه مرحله با یکدیگر مخلوط شدند. در مرحله‌ی اول تخم مرغ، شکر و روغن با یکدیگر مخلوط شدند تا یک ترکیب همگن حاصل شود. سپس آب به کرم اضافه (در تیمارهای حاوی عصاره و نانوکپسول، این مواد به آب اضافه و با خمیر ترکیب شدند) و اختلاط ادامه یافت. در مرحله آخر بکینگ پودر با آرد ترکیب و کم کم به مخلوط اضافه شدند. بعد از تهیه خمیر، کیک در قالب مافین (با ۱۲ حفره به قطر ۷ و عمق ۳ cm) ریخته و برای مدت ۴۰ min در دمای $^{\circ}\text{C} 150$ پخته شد. کیک‌های تهیه شده به مدت ۴۵ روز (در دمای محیط، رطوبت نسبی ۷۰٪) در بسته‌بندی پلی‌اتیلن با ضخامت 75μ نگهداری شدند. آزمون‌ها فیزیکوشیمیایی، حسی و میکروبی در فواصل زمانی ۱۵ روز روی کیک‌ها انجام شد.

۵.۲. استخراج روغن کیک

به منظور استخراج روغن کیک، ۱۰۰ g از نمونه کاملاً خرد و با n-هگزان به حجم ۲۰۰ ml رسید. ارلن حاوی نمونه برای مدت ۱ ساعت روی شیکر قرار داده و ترکیب حاصل با کاغذ واتمن شماره ۱ فیلتر شد. حذف n-هگزان از روغن استخراج شده توسط اواپراتور گردان تحت خلأ در دمای $^{\circ}\text{C} 50$ انجام شد روغن تا زمان انجام آزمون پراکسید و اسید چرب آزاد در دمای یخچال نگهداری شد [۲۵].

ضد اکسایشی برجسته‌تری نسبت به عصاره‌ی حاصل از روش غرقابی است. همچنین این عصاره درون پوشانی (در دیواره‌ی مالتودکسترین-صمغ عربی) و کیفیت درون پوشانی به کمک FTIR و تصاویر SEM بررسی و مورد تأیید گرفت که کارایی درون پوشانی بیش از ۸۰ درصد و میانگین قطر ذرات حدود ۱۰۰ نانومتر بود [۲۲]؛ بنابراین در تحقیق حاضر اثر این عصاره به صورت آزاد و درون پوشانی شده در بهبود زمان ماندگاری کیک روغنی مورد ارزیابی قرار گرفت.

۲. مواد و روش‌ها

۱.۲. نمونه‌برداری

برگ گیاه کوله خاس از مناطق ییلاقی هزار جریب شهرستان نکا در استان مازندران جمع‌آوری و در آون تحت خلأ با درجه حرارت $^{\circ}\text{C} 55$ تا رسیدن به وزن ثابت خشک شد. گیاه توسط خردکن خانگی کاملاً پودر و تا زمان انجام آزمایش در دمای محیط (حدود $^{\circ}\text{C} 25$) نگهداری شد.

۲.۲. تهیه عصاره‌ی کوله خاس

۲۵۰ g پودر گیاه کوله خاس در یک لیتر حلال هیدروالکلی (آب: اتانول با نسبت ۵۰:۵۰) حل شد و فرآیند عصاره‌گیری به کمک اولتراسوند (زمان ۳۵ min، دمای $^{\circ}\text{C} 35$ و فرکانس ۳۷ KHZ) انجام شد. سپس محلول با کاغذ صافی واتمن شماره یک صاف و برای مدت ۱۰ min با سرعت در rpm ۳۵۰۰ (۱۰۰۸ g) در سانتریفیوژ (مدل ROTOFIX 32A، Hettick، آلمان) جداسازی شد. سپس حلال توسط اواپراتور تحت خلأ (مدل VX100، OLSA، ایتالیا؛ حداکثر دما $^{\circ}\text{C} 40$) تبخیر و عصاره حاصل شد [۲۳]. عصاره‌های حاصل در شیشه‌های تیره و در دمای یخچال تا زمان انجام آزمایش نگهداری شدند.

۳.۲. تهیه نانو کپسول‌ها عصاره‌ی کوله خاس

برای تهیه نانو کپسول‌ها از ترکیب ۵۰:۵۰ مالتودکسترین - صمغ عربی به عنوان دیواره‌ی کپسول‌ها استفاده شد. مخلوط مالتودکسترین - صمغ عربی در آب (۴۰ g) ترکیب صمغ عربی و مالتودکسترین در ۱۰۰ ml آب) حل شد. به منظور

جدول (۱) فرمولاسیون کیک‌های روغنی

Table 1. Oily cake formulation

نمونه Sample			مواد تشکیل دهنده Ingredient
حاوی عصاره درون پوشانی nanocapsuls	حاوی عصاره آزاد Free extract	شاهد Control	
100	100	100	آرد شیرینی‌پزی (گرم) Confectionery flour(g)
100	100	100	شکر (گرم) Sugar (g)
35	35	35	آب (گرم) Water (g)
25	25	25	روغن (گرم) Oil (g)
2	2	2	بیکنگ پودر (گرم) Baking powder (g)
1	1	1	وانیل (گرم) Vanilla powder (g)
20	20	20	تخم‌مرغ (گرم) Egg (g)
0	0.7	0	عصاره‌ی آزاد (%) Free Extract (%)
0.7	0	0	نانوکپسول (%) Encapsuled extract (%)

۶.۲. اندازه‌گیری میزان اسیدهای چرب آزاد (FFA)

میزان اسیدهای چرب آزاد به عنوان معیاری از لیپولیز کیک‌ها به روش حلال سرد (الکل اتیلیک)، با ۲ g نمونه و با استفاده از معرف فل فتالین و میزان سود لازم برای خنثی‌سازی اسید موجود در روغن انجام شد. میزان اسیدهای چرب آزاد بر حسب درصد اسید اولئیک محاسبه شد [۲۵].

۷.۲. اندازه‌گیری عدد پراکسید (PV)

مقدار ۴ g از چربی استخراج‌شده کیک را با دقت در ارلن مایر ۲۵۰ ml وزن و حدود ۳۰ ml از محلول اسید استیک: کلروفرم به محتویات ارلن اضافه شد. سپس ۵/۰ ml از محلول اشباع یدورپتاسیم به این ترکیب افزوده و به مدت یک دقیقه در تاریکی قرار داده شد. در مرحله‌ی بعد ۳۰ ml آب مقطر و چند قطره معرف نشاسته به آن افزوده شد و محلول با محلول تیوسولفات سدیم ۰/۰۱ نرمال تا از بین رفتن رنگ تیره محلول تیترا شد. میزان پراکسید بر پایه‌ی میلی‌اکی‌والان اکسیژن در کیلوگرم روغن گزارش شد [۲۵].

۸.۲. میزان رطوبت

برای اندازه‌گیری رطوبت حدود ۵ گرم از نمونه کیک موردنظر را، داخل آون ۱۳۰°C قرار داده و پس از حدود ۱۲ ساعت از آون خارج و به دیسکاتور انتقال داده شد. نمونه موردنظر پس از سرد شدن داخل دیسکاتور مجدداً توزین شد. عمل خشک شدن تا زمانی ادامه یافت که تغییر وزنی محسوسی در نمونه دیده نشد. میزان رطوبت از محاسبه‌ی نسبت اختلاف وزن کیک قبل و بعد از خشک شدن به وزن اولیه کیک محاسبه و به درصد بیان شد [۲۶].

۹.۲. ارزیابی میکروبی

ارزیابی میکروبی کیک بر اساس استاندارد ملی ایران انجام و شامل شمارش باکتری‌های گروه انتروباکتریاسه [۲۷-۲۸]، استافیلوکوکوس اورئوس کوآگولاز مثبت [۲۹]، اشرشیا کلی [۳۰] و همچنین شمارش کپک و مخمر [۳۱] بود که در زمان‌های صفر، ۱۵، ۳۰، ۴۵ روز مورد ارزیابی قرار گرفت.

۱۰.۲. سنجش رنگ

تصاویر کیک به کمک دوربین گوشی موبایل (۶۴ مگاپیکسل، ۰/۸ میکرومتر ساین پیکسل، ۱ به روی ۱/۷ اینچ ساین سنسور، لنز واید ۲۶ میلی متری، f/1.8؛ سامسونگ، کره جنوبی)، گرفته شد. برای تصویربرداری از یک جعبه MDF ($1 \times 1 \times 0.6 \text{ m}^3$) مجهز به چهار لامپ فلوئورسنت (Philips Master Graphica TLD 965) و یک صفحه‌ی پلاستیکی منتشرکننده نور برای مشخص کردن شاخص‌های رنگی (L^* : روشنایی؛ a^* : قرمزی-سبزی؛ b^* : زردی-آبی) استفاده شد. به منظور ایجاد کنتراست بیش‌تر، پشت صفحه مورد استفاده در کف جعبه برای پوسته سفید و برای مغز سیاه در نظر گرفته شد.

فرآیند پردازش تصویر توسط نرم افزار (Adobe Photoshop® CC2019, Adobe system Inc. San Joes, California, USA) انجام شد. مشخص شدن مؤلفه‌های رنگی نیز توسط همین نرم‌افزار انجام شد. تفاوت رنگ کلی (ΔE) نیز توسط معادله‌ی (۱) به دست آمد [۳۲-۳۳].

$$\Delta E = \sqrt{(L_t^* - L_{t0}^*)^2 + (a_t^* - a_{t0}^*)^2 + (b_t^* - b_{t0}^*)^2} \quad (1)$$

که زیرنویس t و t_0 به ترتیب مربوط به مؤلفه‌ی رنگی کیک‌های مختلف در بازه‌های زمانی متفاوت و مؤلفه رنگی کیک نمونه‌ی شاهد در روز صفر است.

۱۱.۲. ارزیابی حسی

کیک‌های روغنی معمول (نمونه‌ی شاهد) و نمونه‌های تیمار شده با عصاره در روزهای مختلف نگهداری از نظر طعم (مجموع بو و مزه)، رنگ و بافت توسط یک گروه ارزیاب ده نفره (۶ زن و ۴ مرد؛ بین ۲۵-۴۵ سال) مورد بررسی قرار گرفتند. نمونه‌ها به صورت تصادفی شماره‌گذاری و در اختیار ارزیاب‌ها قرار داده شدند. ویژگی‌های حسی بر پایه‌ی آزمون هدونیک ۵ نقطه‌ای انجام شد که ۱ به معنی بسیار بد و ۵ به معنی بسیار خوب بود. قبل از انجام آزمون، آموزش‌های لازم در مورد ویژگی‌های حسی (طعم، رنگ و بافت) به ارزیابان داده شد. آزمون در زیر نور لامپ فلوئورسنت و در دمای اتاق انجام شد. آب تازه برای نوشیدن بین هر مرحله تشخیص در دسترس ارزیاب‌ها قرار گرفت [۳۴]. از آنجایی که اهمیت

تمام ویژگی‌های حسی برابر نیست [۳۵-۳۶] برای به دست آوردن امتیاز حسی کل از میانگین وزنی ویژگی‌های مربوطه بهره گرفته شد. به این ترتیب که برای رنگ، بافت و طعم به ترتیب وزن ۱، ۲ و ۳ اعمال شد [۳۷].

۱۲.۲. تجزیه و تحلیل آماری

آزمایش‌ها در قالب فاکتوریل و طرح کامل تصادفی انجام و داده‌ها به شکل میانگین $\pm$ انحراف از استاندارد حاصل از حداقل سه تکرار گزارش شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم‌افزار SPSS نسخه‌ی ۲۲ (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) و طرح آزمایشی تصادفی-فاکتوریل بر پایه‌ی آنالیز واریانس داده‌ها و مدل خطی تعمیم یافته انجام شد. وجود تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌ها بر پایه‌ی آزمون چند دامنه‌ای توکی ($P < 0.05$) انجام شد.

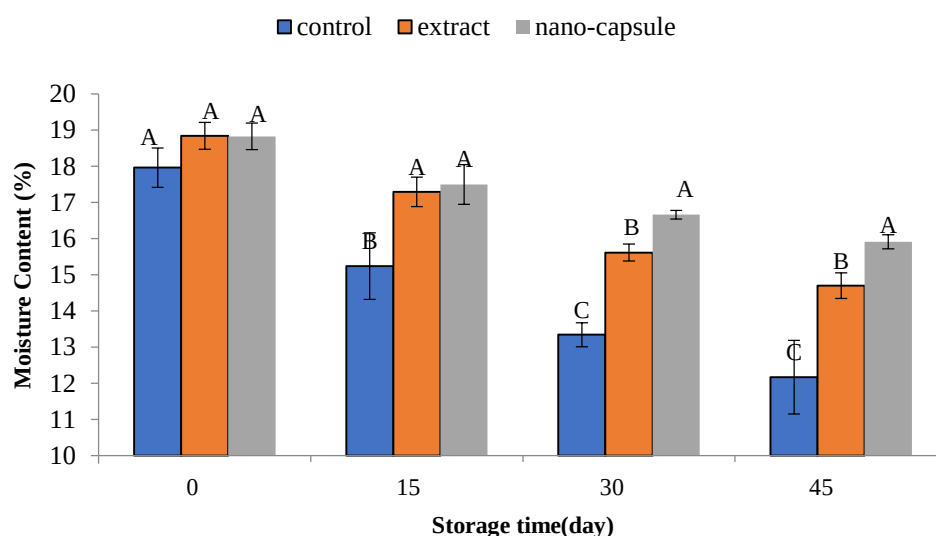
۳. نتایج و بحث

۱.۳. میزان رطوبت

از دست دادن رطوبت و بیات شدن محصولات نانوائی از مهم‌ترین عوامل فساد و کاهش پذیرش این محصولات توسط مصرف‌کننده است [۳۸]؛ بنابراین هر فرآیندی که مانع بیات شدن و یا حفظ بهتر رطوبت نمونه شود می‌تواند افزایش ماندگاری محصول را به دنبال داشته باشد. شکل (۱) تأثیر افزودن عصاره‌ی کوله خاس بر میزان رطوبت نمونه‌های کیک روغنی را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشخص است، رطوبت اولیه محصول بین ۱۷/۹۶٪ در نمونه‌ی شاهد تا ۱۸/۴٪ در نمونه‌ی تیمار شده با عصاره‌ی آزاد کوله خاس متغیر بود ($P > 0.05$). احتمالاً دلیل رطوبت بیش‌تر در نمونه‌های کیک تیمار شده با عصاره می‌تواند ناشی از رطوبت عصاره افزوده شده به فرمولاسیون باشد. با گذشت زمان درصد رطوبت در همه تیمارها به طور معنی‌داری کاهش یافت، اما این کاهش در تیمار حاوی عصاره درون پوشانی شده کوله خاس روند کندتری نسبت به سایر تیمارها به ویژه نمونه‌ی شاهد نشان داد ($P < 0.05$). نتایج حاکی از این بود که طی ۳۰ روز نگهداری، میزان رطوبت دو نمونه‌ی حاوی عصاره تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند. با این حال در طول این

دست رفتن رطوبت و بیاتی می‌شود [۴۰]. برخی محققین اثر مثبت افزودن عصاره‌های گیاهی در حفظ رطوبت محصولات نانویی را ناشی از اثر امولسیفایری این عصاره‌ها دانسته‌اند [۴۱، ۱۰]. طبق استاندارد ملی ایران محدوده‌ی رطوبت قابل قبول در کیک بین ۱۵ تا ۲۰٪ است [۴۲]، بنابراین تنها رطوبت نمونه‌ی کیک روغنی حاوی عصاره درون‌پوشانی شده کوله خاس تا روز ۴۵ نگهداری در حد استاندارد قرار داشت، در حالی که این زمان در نمونه‌ی شاهد حدود ۱۵ روز و در نمونه‌ی حاوی عصاره‌ی آزاد کوله خاس کمی بیش‌تر از ۳۰ روز بود.

مدت رطوبت نمونه‌ی حاوی عصاره‌ی درون‌پوشانی شده کوله‌خاس بیش‌تر از نمونه‌ی حاوی عصاره‌ی آزاد بود و در نهایت در روز ۴۵ نگهداری میزان رطوبت نمونه‌ی حاوی عصاره‌ی درون‌پوشانی‌شده به طور معنی‌داری بیش از نمونه‌ی حاوی عصاره‌ی آزاد بود ($P < 0.05$). مالتودکسترین و صمغ عربی هیدروکلوئیدهایی با گروه‌های آب دوست زیاد هستند که این گروه‌ها می‌توانند به حفظ بیش‌تر رطوبت در کیک کمک کنند [۳۹]. همچنین آب موجود در عصاره در مواد آمورف اثر پلاستی‌سایزری داشته و پیوندهای هیدروژنی بین زنجیره‌های کربوهیدراتی را دچار اختلال کرده و مانع از



شکل (۱) اثر عصاره‌ی کوله‌خاس بر میزان رطوبت (%) کیک روغنی طی دوره نگهداری؛ حروف متفاوت تفاوت معنی‌دار بین نمونه‌ها در هر دوره‌ی زمانی را نشان می‌دهد ($P < 0.05$). خط چین، نشان‌دهنده‌ی آستانه‌ی پذیرش این پارامتر است.

Fig 1. The effect of Butcher broom (*Ruscus hyrcanus* L.) extract on moisture content (%) of oily cake during storage; Different letters indicate significant difference between samples in each time ($P < 0.05$). The dashed line represents the threshold limit.

اسیدهای چرب آزاد و لیپولیز نمونه را نشان می‌دهد و از این رو یک شاخص مهم در سنجش کیفیت مواد غذایی طی دوره نگهداری به حساب می‌آید [۴۴]. وجود چنین ترکیباتی در کیک حاکی از پیشرفت اکسیداسیون چربی بوده و سبب تغییراتی در ویژگی‌های حسی کیک روغنی از جمله طعم و بو می‌گردد. شکل (۲) تغییرات این دو شاخص در نمونه‌های کیک طی دوران نگهداری (۴۵ روز در دمای محیط) را نشان می‌دهد. تأثیر زمان نگهداری بر هر سه شاخص معنی‌دار بود و با گذشت زمان بر میزان فساد اکسایشی نمونه‌های کیک

۲.۳. تأثیر عصاره‌ی کوله‌خاس بر کیفیت شیمیایی

کیک روغنی

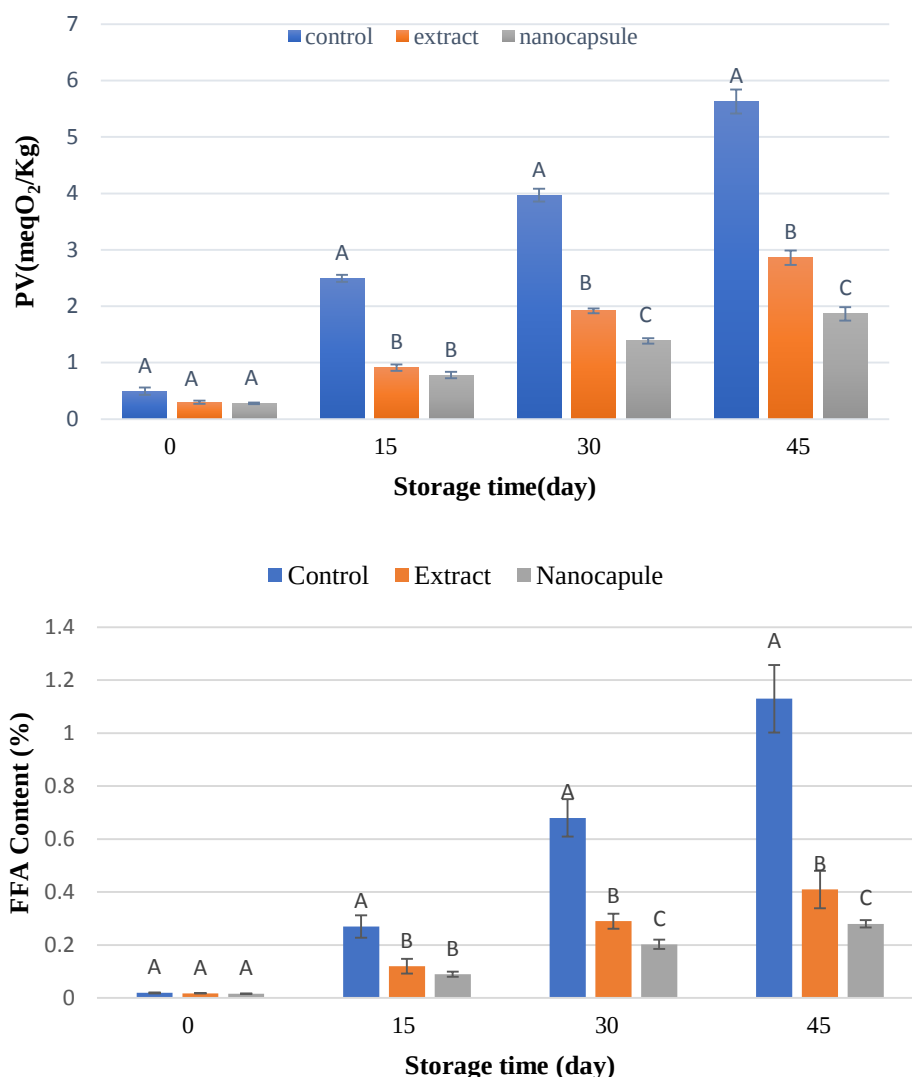
در استاندارد ملی ایران، شاخص پراکسید (PV) و محتوای اسیدچرب آزاد (FFA) به عنوان دو شاخص فساد شیمیایی در کیک مطرح است. هیدروپراکسیدها محصول اولیه اکسایش روغن‌ها و چربی‌ها هستند که با پیشرفت این فرآیند به ترکیبات ثانویه‌ی فرار و غیر فرار تجزیه شوند. اندیس پراکسید شناساگر مناسبی برای تشخیص مراحل اولیه اکسایش است [۴۳]. همچنین اندیس اسیدی محتوای

۱۰۰ g وزن خشک گزارش شد (در غلظتی مشابه عصاره‌ی به کار رفته در پژوهش حاضر) [۲۲]. ترکیبات ضد اکسایشی با اهدای هیدروژن با لیپیدهای اکسید نشده رقابت می‌کنند و با اهدای یک اتم هیدروژن یا الکترون آزاد باعث تشکیل ترکیبات پایدار می‌شوند، همچنین ترکیبات آنتی اکسیدانی ممکن است از طریق شلاته کردن یون‌های فلزی (عوامل پرواکسیدان) یا فرونشاندن اکسیژن یگانه و حذف پراکسید، اثر مثبت خود را در جلوگیری از فساد اعمال کنند [۱۵، ۴۳، ۴۶].

اما ترکیبات زیست فعال به ویژه ترکیبات فنلی، نسبت به فرآیند ماده‌ی غذایی و غذایی و شرایط نگهداری (نور، اکسیژن و دمای بالا) حساس هستند. این امر استفاده از آن‌ها را در صنعت غذا با چالش مواجه می‌سازد و می‌تواند اثربخشی آن‌ها را به طور معنی‌داری کاهش دهد. فرآیند درون پوشانی ترکیبات زیست فعال راه‌حل مفیدی برای حفاظت از این ترکیبات طی فرآیند و نگهداری مواد غذایی باشد [۱۵]. در این پژوهش نیز به دلیل ویژگی حفاظتی مالتودکسترین و صمغ عربی بر عصاره‌ی کوله خاس، کیک حاوی نانوذرات عصاره‌ی کوله خاس به طور معنی‌داری اثربخشی بیش‌تری در کنترل فرآیند اکسایش و لیپولیز نشان داد. پژوهش‌گران مختلفی نیز به تأثیر مثبت عصاره‌های آزاد و درون پوشانی در کنترل لیپولیز و اکسایش در محصولات نانوائی اشاره کرده‌اند [۹، ۱۰، ۴۰، ۴۹، ۵۰]. آستانه‌ی قابل پذیرش برای شاخص پراکسید و اندیس اسیدی برای کیک روغنی به ترتیب $2 \text{ meq O}_2/\text{kg}$ و 0.2 درصد مشخص شده است [۴۲، ۵۱]. به این ترتیب در حالی که از نظر شاخص پراکسید نمونه‌ی کنترل کم‌تر از ۱۵ روز ماندگاری داشت، نمونه‌ی تیمار شده با عصاره‌ی آزاد و درون پوشانی حدود ۳۵ و بیش از ۴۵ روز در محدوده‌ی استاندارد قرار داشتند. بر پایه‌ی شاخص FFA نیز زمان ماندگاری کیک نمونه‌ی شاهد، نمونه‌ی تیمار شده با عصاره‌ی آزاد و درون پوشانی شده به ترتیب ۱۲، ۲۵ و ۴۰ روز بود.

افزوده شده است ($P < 0.05$)؛ اما این شتاب در نمونه‌های دارای عصاره‌ی کوله خاس به طور معنی‌داری کم‌تر از نمونه‌ی شاهد بود. در حالی که در پایان زمان نگهداری شاخص پراکسید در نمونه‌ی کنترل $5.63 \text{ meq O}_2/\text{kg}$ بود این مقدار در نمونه‌ی تیمار شده با عصاره‌ی آزاد و درون پوشانی شده‌ی کوله خاس به ترتیب $2.86 \text{ meq O}_2/\text{kg}$ و 1.87 بود. شاخص اسیدهای چرب آزاد نیز نمونه‌ی شاهد در پایان زمان نگهداری بیش ۵ برابر نمونه‌ی حاوی عصاره‌ی درون پوشانی شده‌ی کوله خاس بود (به ترتیب 1.13 و 0.28)؛ بنابراین عصاره‌ی کوله خاس چه به شکل آزاد و چه درون پوشانی شده به طوری معنی‌داری توانسته است روند افزایش شاخص پراکسید اسیدته را کنترل کند. بخشی از افزایش اسیدته به هیدرولیز تری‌آسیل گلیسرول و بخش دیگر به گروه‌های کربونیل موجود در فرآورده‌های پلیمری و یا اکسایشی نسبت داده می‌شود [۴۵]؛ بنابراین علت پایین‌تر بودن اسیدته در تیمارهای حاوی نانوکپسوله کوله خاس را نیز می‌توان به علت خاصیت آنتی اکسیدانی این عصاره دانست که می‌تواند مانع هیدرولیز و افزایش اسیدهای چرب آزاد و آنزیم‌های هیدرولیتیک باشد [۴۶].

گیاه کوله خاس به دلیل حضور ترکیبات زیست فعال مختلف همانند ترکیبات فنلی، فلاونوئیدها، بتاکاروتن، بنزوفوران، آنتوسیانین‌ها و ترکیبات ساپونین‌های استروئیدی، تانن‌ها و ترپنوئیدهای مختلف اثر ضد اکسایشی مناسبی را در پژوهش‌های پیشین نشان داده است [۱۳، ۴۷، ۴۸]. میزان ترکیبات فنلی این عصاره در پژوهش‌های پیشین که بر خواص آنتی اکسیدانی عصاره‌ی استخراج شده از گیاه کوله خاس به کمک اولتراسوند می‌پرداخت، نشان داد که قدرت آنتی اکسیدانی (بر حسب DPPH) بیش از ۷۰٪ بود. همچنین میزان ترکیبات فنلی کل، آنتوسیانین‌ها و فلاونوئیدها به ترتیب 188 mg گالیک اسید/گرم وزن خشک، $130/5 \text{ mg}$ و 100 g وزن خشک و 162 mg در



شکل (۲) اثر عصاره‌ی کو له‌خاس بر میزان A) شاخص پراکسید (meq/kg) و B) اسیدهای چرب آزاد (%) کیک روغنی در طول دوران نگهداری؛ حروف متفاوت تفاوت معنی‌دار بین نمونه‌ها در هر دوره‌ی زمانی را نشان می‌دهد ($P < 0.05$). خط چین، نشان‌دهنده‌ی آستانه‌ی پذیرش این پارامتر است.

Fig 2. The effect of Butcher broom (*Ruscus hyrcanus* L.) extract on A) peroxide value (meq/kg) and B) free fatty acid (%) of oily cake during storage; Different letters indicate significant difference between samples in each time ($P < 0.05$). The dashed line represents the threshold limit.

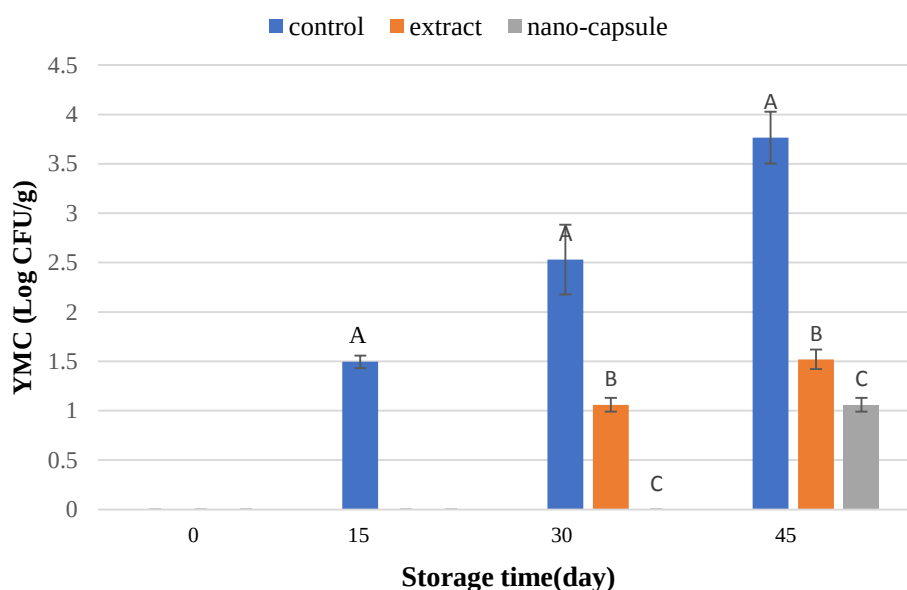
کواگولاز مثبت و اشرشیا کلی در محیط‌های کشت هیچ نمونه‌ای مشاهده نشد که نشان از کیفیت مطلوب مواد اولیه و تهیه و بسته‌بندی در شرایط مناسب دارد؛ اما شکل (۳) میزان کپک و مخمر تیمارهای مختلف را در طی دوران نگهداری نشان می‌دهد. همان‌طور که مشخص است در روز اول نگهداری هیچ مخمر و قارچی در نمونه‌ها مشاهده نشد. در حقیقت، این میکروارگانیسم‌ها به حرارت پخت بسیار حساس هستند و در کیک تازه مشاهده نمی‌شوند و حضور

۳.۳. تأثیر عصاره‌ی ک وله‌خاس بر کیفیت میکروبی کیک روغنی

در بررسی کیفیت میکروبی شیرینی‌های نیمه خشک از جمله کیک‌ها، پایش مقدار کپک و مخمر، انتروباکتریاسه‌ها (بیشینه‌ی $2 \log \text{CFU/g}$)، اشرشیا کلای (بیشینه‌ی مجاز: منفی) و استافیلوکوکوس اورئوس کواگولاز مثبت (بیشینه‌ی مجاز: منفی) پیشنهاد شده است. در پژوهش حاضر طی ۴۵ روز نگهداری کلنی انتروباکتریاسه، استافیلوکوکوس اورئوس

نانوکپسول های عصاره کوله خاس می تواند ناشی از این حقیقت است که ترکیب مالتودکسترین: صمغ عربی با محافظت از عصاره طی فرآیند پخت و نگهداری و همچنین با رهایش کنترل شده آن اثر ضد میکروبی مؤثرتری را نسبت به عصاره ی آزاد نشان دهد [۵۲]. در این راستا، Da-Rosa و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند که فعالیت ضد میکروبی عصاره های انکپسوله شده ی *Origanum vulgare* و *Thymus vulgaris* در زئین نسبت به عصاره ی آزاد به کار رفته در فرمولاسیون کیک بیشتر حفظ شده و این ترکیبات زیست فعال تا ۳ ماه در دمای اتاق فعال می مانند [۲۰]. همچنین به فعالیت ضد قارچی عصاره ی *Ruscus aculeatus* L. در برخی پژوهش های پیشین اشاره شده است [۵۳-۵۴]. بیشینه ی مجاز کپک و مخمر در کیک ها ۴ Log CFU/g است [۵۵] که در تمام نمونه ها تا پایان دوران نگهداری این محدوده حفظ شده است.

آن ها در مقاطع زمانی بعدی می تواند ناشی از آلودگی ثانویه باشد [۳۸]. در روز ۱۵ ام نگهداری میزان مخمر و قارچ برابر در نمونه ی شاهد ($1.49 \pm 0.06 \text{ Log CFU/g}$) در حالی که در دو نمونه ی تیمار شده با عصاره ی کوله خاس هیچ گونه مخمر و کپکی جداسازی نشد. در روز ۳۰ ام نگهداری نیز همچنان کلنی کپک و مخمری در نمونه های حاوی نانوکپسول های کوله خاس مشاهده نشد. در حالی که در نمونه ی شاهد و نمونه ی حاوی عصاره ی آزاد کوله خاس کپک و مخمر قابل تشخیص بود. با این حال میزان کپک و مخمر در نمونه ی حاوی عصاره به طور معنی داری کم تر از نمونه ی شاهد بود ($P < 0.05$) روز ۴۵ نگهداری کیک ها، حضور مخمر و قارچ ها در تمام نمونه ها مشهود بود با این حال کم ترین میزان جمعیت کپک و مخمر در نمونه ی حاوی عصاره ی درون پوشانی شده و بیشترین آن در نمونه ی شاهد مشاهده شد. تفاوت بین این سه تیمار نیز در سطح پنج درصد معنی دار بود ($P < 0.05$). اثربخشی بیش تر



شکل (۳) اثر عصاره ی کوله خاس بر میزان کپک و مخمر (Log CFU/g) کیک روغنی در طول دوران نگهداری؛ حروف متفاوت تفاوت معنی دار بین نمونه ها در هر دوره ی زمانی را نشان می دهد ($P < 0.05$). خط چین، نشان دهنده ی آستانه ی پذیرش این پارامتر است.

Fig 3. The effect of Butcher broom (*Ruscus hyrcanus* L.) extract on mold and yeast contents (Log CFU/g) of oily cake during storage; Different letters indicate significant difference between samples in each time ($P < 0.05$). The dashed line represents the threshold limit.

۴.۳. آنالیز شاخص های رنگ

a^* (میزان قرمزی) و b^* (میزان زردی) در مغز کیک روغنی در تیمارهای مختلف زمان نگهداری در جدول (۲) آمده

نتایج ارزیابی شاخص های رنگ L^* (میزان روشنی)،

تفاوت بین سه نمونه یک نیز نشان داد که نمونه‌های حاوی عصاره به طور معنی‌داری روشن‌تر از سایر نمونه‌ها بودند (شاخص L^* و b^* بیش‌تر و قرمزی (a^*) کم‌تر). این اختلاف رنگ بین تیمارهای مختلف می‌تواند به دلیل ترکیبات فنولی گیاه کوله خاس و فعل و انفعالات احتمالی این عصاره با ترکیبات یک یک باشد. در این راستا Keyhani و همکاران (۲۰۱۵) نیز یک حاوی عصاره چوبک را روشن‌تر از یک نمونه‌ی شاهد عنوان کردند. آن‌ها اثر سفیدکنندگی چوبک را دلیل این امر دانستند [۵۶]. همچنین کاهش مؤلفه‌های b^* و L^* و افزایش مؤلفه‌ی a^* در یک روغنی حاوی اسانس پوست پرتقال نیز گزارش شده است.

است. نتایج نشان داد مقدار عددی شاخص L^* و b^* در تمامی تیمارها در طی دوره نگهداری کاهش معنی‌داری داشت ($P < 0.05$)، ولی این کاهش در تیمار حاوی نانوکپسوله کوله خاس (غلظت ۰/۰۷٪) روند کندتری نسبت به سایر تیمارها داشت ($P < 0.05$). شاخص a^* (میزان قرمزی) در تمامی تیمارها در طی دوره نگهداری افزایش معنی‌داری داشت. تیرگی رنگ تیمارها با گذشت زمان و در طی نگهداری ممکن است به دلیل چروکیدگی محصول در اثر کاهش رطوبت باشد. همان‌طور که پیش‌تر بیان شد، حفظ رطوبت در نمونه‌های حاوی عصاره (به ویژه به شکل نانوکپسول) بیش‌تر است و همین امر نیز می‌تواند با رنگ روشن‌تر این نمونه‌ها در طول زمان در ارتباط باشد. بررسی

جدول (۲) تأثیر عصاره‌ی کوله‌خاس بر مؤلفه‌های رنگی مغز یک روغنی طی دوران نگهداری در دمای اتاق

Table 1. The effect of Butcher broom (*Ruscus Hyrcanus* L.) extract on the color measurement results of oily cake crumb during storage at room temperature

نمونه Sample	زمان نگهداری (روز) Storage time (days)			
	0	15	30	45
L^*				
Cont.	74.28±0.98 ^{Aa}	68.41±0.76 ^{Bb}	62.15±0.98 ^{Bc}	57.70±1.76 ^{Cd}
FEx.	79.74±0.88 ^{Aa}	73.58±0.6 ^{Ab}	69.20±0.35 ^{Ac}	62.91±0.77 ^{Bc}
Enc.	79.75±1.03 ^{Aa}	75.41±0.79 ^{Ab}	71.70±0.63 ^{Ac}	68.41±0.76 ^{Ac}
a^*				
Cont.	3.86±0.12 ^{Ad}	4.31±0.07 ^{Ac}	4.91±0.07 ^{Ab}	5.32±0.10 ^{Aa}
FEx.	3.25±0.14 ^{Bc}	3.60±0.08 ^{Bbc}	3.95±0.08 ^{Bb}	4.41±0.06 ^{Ba}
Enc.	3.17±0.17 ^{Bc}	3.48±0.04 ^{Bbc}	3.77±0.10 ^{Bab}	4.11±0.02 ^{Ba}
b^*				
Cont.	43.23±0.92 ^{Ba}	36.00±0.15 ^{Bb}	30.21±0.51 ^{Cc}	25.05±0.28 ^{Cd}
FEx.	45.88±0.14 ^{Aa}	42.07±0.28 ^{Ab}	37.79±0.92 ^{Bc}	33.88±0.46 ^{Bd}
Enc.	45.16±0.02 ^{ABa}	42.66±0.68 ^{Ab}	40.66±0.78 ^{Ab}	37.85±0.38 ^{Ac}
ΔE				
Cont.	2.063±0.86 ^{Bd}	10.90±0.28 ^{Ac}	19.27±1.026 ^{Ab}	26.12±1.34 ^{Aa}
FEx.	5.55±0.61 ^{Ac}	3.21±0.11 ^{Bc}	8.97±0.56 ^{Bb}	15.97±0.88 ^{Ba}
Enc.	5.47±1.03 ^{Ab}	2.79±0.93 ^{Bb}	5.23±0.36 ^{Cb}	9.40±0.18 ^{Ca}

اعداد به شکل میانگین $\pm$ انحراف از استاندارد گزارش شده است. برای هر پارامتر رنگی، حروف متفاوت کوچک در هر ردیف و حروف بزرگ متفاوت در هر ستون به تفاوت معنی‌دار بین نمونه‌های مختلف است ($P < 0.05$). Cont: نمونه‌ی کنترل؛ FEx: نمونه‌ی تیمار شده با عصاره‌ی آزاد کوله خاس؛ Enc:

نمونه‌ی تیمار شده با عصاره‌ی درون‌پوشانی‌شده‌ی کوله‌خاس

Values are mean $\pm$ standard deviation. For each color parameter, different small letters in each row and different capital letters in each column indicate significant difference between samples ($P < 0.05$). Cont: control sample; FEX: Samples treated with free Butcher broom extract; Enc: Samples treated with encapsulated Butcher broom extract

در مورد مؤلفه‌ی ΔE که حاکی تفاوت رنگ نمونه‌ها نسبت به نمونه‌ی شاهد در روز صفر است، نتایج نشان داد که با گذشت ۱۵ روز از زمان نگهداری این مؤلفه در نمونه‌ی شاهد به دلیل کاهش معنی‌دار رطوبت، افزایش یافته است

شاخص L^* و b^* در طی دوران نگهداری کاهش و شاخص a^* افزایش معنی داری را نشان داده است. روشن تر بودن پوسته در کنار زردی بیش تر و قرمزی کم تر در پوسته کیک تیمار شده با عصاره ی آزاد و درون پوشانی شده کوله خاس به طور معنی داری قابل مشاهده بود. اثر افزودن عصاره های گیاهی بر رنگ محصولات نانوائی توسط پژوهشگران، نتایج متفاوتی را به همراه داشته است. برای مثال Mikulec و همکاران (۲۰۲۰) به بررسی اثر عصاره ی لیمو در غلظت های $1/5$ تا $2/5$ بر ویژگی های کیفی نان پرداختند. نتایج آنالیز رنگ نشان داد نمونه های حاوی عصاره تیره تر بودند و با افزایش غلظت عصاره این تیرگی نیز افزایش معنی دار نشان داد (کاهش شاخص L^* در کنار افزایش a^* و b^*). آن ها تغییر رنگ نان های حاوی عصاره را به دلیل رنگدانه های موجود در عصاره لیمو دانستند [۵۷].

($P < 0.05$). در حالی که با کاهش رطوبت و تیره تر شدن رنگ نمونه های حاوی عصاره (به ویژه عصاره ی درون پوشانی شده) بیش از زمان اولیه رنگ نمونه ی شاهد در روز صفر نزدیک شده است. همچنین نتایج حاکی از این بود که بعد از گذشت ۴۵ روز نگهداری شاخص ΔE و تغییرات رنگی نمونه ی تیمار شده با عصاره ی درون پوشانی شده به اندازه ی تغییر رنگ نمونه ی شاهد در روز ۱۵ نگهداری بود. اختلاف رنگی کم تر نمونه های حاوی عصاره نسبت به نمونه ی اولیه را می توان ناشی محتوای رطوبت بیش تر نمونه های حاوی عصاره و قدرت سفیدکنندگی احتمالی عصاره نسبت جدول (۳) ارزیابی شاخص های رنگی در پوسته انواع کیک روغنی طی ۴۵ روز نگهداری در دمای محیط را نشان می دهد. همانند رنگ مغز کیک در اینجا نیز مقادیر عددی

جدول (۳) تأثیر عصاره ی کوله خاس بر مؤلفه های رنگی پوسته کیک روغنی طی دوران نگهداری در دمای اتاق
Table 3. The effect of Butcher broom (*Ruscus Hyrcanus* L.) extract on the color measurement results of oily cake crust during storage at room temperature

نمونه Sample	زمان نگهداری (روز) Storage time (days)			
	0	15	30	45
L^*				
Cont.	42.58±1.40 ^{Ba}	36.41±0.56 ^{Bb}	32.15±0.25 ^{Cc}	29.70±0.37 ^{Cc}
FEx.	58.07±1.24 ^{Aa}	50.75±0.70 ^{Ab}	45.24±0.91 ^{Bc}	39.18±0.56 ^{Bd}
Enc.	57.60±0.55 ^{Aa}	52.79±0.48 ^{Ab}	49.17±0.55 ^{Ac}	43.08±0.69 ^{Ad}
a^*				
Cont.	14.86±0.36 ^{Ac}	15.92±0.04 ^{Ab}	16.37±0.23 ^{Aab}	17.01±0.04 ^{Aa}
FEx.	13.55±0.14 ^{Bb}	14.03±0.02 ^{Bb}	14.92±0.04 ^{Ba}	15.15±0.05 ^{Ba}
Enc.	13.32±0.30 ^{Bc}	13.93±0.09 ^{Bbc}	14.28±0.09 ^{Bab}	14.92±0.04 ^{Ba}
b^*				
Cont.	29.08±0.69 ^{Ba}	24.44±1.37 ^{Bb}	21.96±0.68 ^{Bb}	18.05±0.74 ^{Bc}
FEx.	32.84±0.42 ^{Aa}	30.57±0.45 ^{Aa}	26.00±0.79 ^{Ab}	21.99±0.77 ^{Ac}
Enc.	33.17±0.39 ^{Aa}	30.16±0.02 ^{Aab}	28.04±1.27 ^{Ab}	24.87±0.39 ^{Ac}
ΔE				
Cont.	1.14±0.00 ^{Bd}	7.89±0.37 ^{Ac}	12.79±0.62 ^{Ab}	17.25±0.18 ^{Aa}
FEx.	15.99±1.09 ^{Aa}	8.35±0.61 ^{Ab}	4.07±1.20 ^{Bc}	7.87±0.95 ^{Bb}
Enc.	15.64±0.46 ^{Aa}	10.31±0.49 ^{Ab}	6.75±0.73 ^{Bc}	4.27±0.31 ^{Cc}

اعداد به شکل میانگین $\pm$ انحراف از استاندارد گزارش شده است. برای هر پارامتر رنگی، حروف متفاوت کوچک در هر ردیف و حروف بزرگ متفاوت در هر ستون به تفاوت معنی دار بین نمونه های مختلف است ($P < 0.05$). Cont: نمونه ی کنترل؛ FEx: نمونه ی تیمار شده با عصاره ی آزاد کوله خاس؛ Enc:

نمونه ی تیمار شده با عصاره ی درون پوشانی شده ی کوله خاس

Values are mean $\pm$ standard deviation. For each color parameter, different small letters in each row and different capital letters in each column indicate significant difference between samples ($P < 0.05$). Cont: control sample; FEX: Samples treated with free Butcher broom extract; Enc: Samples treated with encapsulated Butcher broom extract



بررسی شاخص رنگ نمونه‌ها نشان داد که اگرچه نمونه‌ها در روز اول نگهداری، از نظر رنگ تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند، اما با گذشت زمان روند کاهش امتیاز حسی مربوط به رنگ در نمونه‌های حاوی عصاره کم‌تر از نمونه‌ی شاهد بود ($P < 0.05$). روشن‌تر بودن نمونه‌ها به دلیل خاصیت سفیدکنندگی احتمالی عصاره و رطوبت بیش‌تر می‌تواند دلیل این امر باشد [۵۶]. در مقایسه امتیاز حسی رنگ دو نمونه‌ی دارای عصاره، تفاوت معنی‌داری را نشان نداد، با این حال نمونه‌ی حاوی عصاره‌ی درون‌پوشانی‌شده امتیاز بهتری را به خود اختصاص داد. رنگ روشن‌تر مغز نان که تا پایان روز نگهداری حفظ شد از نظر اکثر ارزیاب‌ها مورد پسند بود. همچنین به دلیل حفظ محتوای رطوبتی در این نمونه، تیره شدن پوسته نیز کم‌تر مشاهده شد که این امر نیز از نظر برخی ارزیاب‌ها به عنوان نکته مثبت رنگ در نمونه‌های تیمار شده با عصاره درون‌پوشانی مطرح شد.

در مورد شاخص طعم (مزه و بو) در روز اول نگهداری، نمونه‌های مختلف از نظر شاخص طعم و بو اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند (جدول ۳)؛ اما نمونه‌ی تیمار شده با عصاره‌ی آزاد کوله خاس کم‌ترین امتیاز را کسب کرد. برخی از ارزیاب‌ها طعم ملایم ادویه‌ای و گیاهی خاصی را در کیک حس می‌کردند. با این حال امتیاز این نمونه نیز بالای ۴ (بسیار خوب) بود. این طعم در نمونه‌ی تیمار شده با عصاره‌ی درون‌پوشانی‌شده کوله خاس مشاهده نشد. مطالعات نشان داده است درون‌پوشانی عصاره‌ها می‌تواند طعم نامطلوب برخی از ترکیبات را بپوشاند [۱۵]. با گذشت زمان به طور معنی‌داری از امتیاز طعم نمونه‌های مختلف کاسته شد. بر اساس امتیاز حسی ۳ که به عنوان آستانه‌ی قابل قبول (متوسط و بالاتر) در نظر گرفته شد، نمونه‌ی شاهد تنها تا روز ۱۵ ام نگهداری از سوی مصرف‌کنندگان مورد پذیرش قرار گرفت. نمونه‌ی تیمار شده با عصاره‌ی آزاد تا حدود ۲۰ روز از نظر طعم قابل قبول بود و طعم نمونه‌ی تیمار شده با عصاره‌ی درون‌پوشانی‌شده بیش از ۳۰ روز از نظر ارزیاب‌ها قابل قبول بود. این نتایج تا حدودی زیادی هم‌سو با نتایج شاخص پراکسید و اسیدهای چرب آزاد بود. احتمالاً بتوان یکی از مهم‌ترین دلایل بدطعمی در نمونه‌های کیک روغنی به پدیده‌ی اکسایش نسبت داد. عصاره‌ی کوله‌خاس به دلیل

با این حال، در راستای نتایج پژوهش حاضر، Caleja و همکاران (۲۰۱۷) با بررسی اثر عصاره رازیانه و بابونه بر رنگ بیسکویت به این نتیجه رسیدند که افزودن این ترکیبات زیست فعال در غلظت ۸ mg موجب افزایش شاخص L^* و کاهش شاخص a^* و b^* می‌شود. در حالی که غلظت بالاتر عصاره هر سه شاخص رنگی کاهش نشان می‌دهند (این کاهش در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود). همچنین افزودن BHA به کیک موجب روشن‌تر شدن بیسکویت‌ها شد (افزایش معنی‌دار L^* در کنار کاهش a^* و b^*) شد [۵۸]؛ بنابراین بسته به نوع و غلظت ترکیبات آنتی‌اکسیدانی افزوده شده به خمیر محصولات نانوائی نتایج متفاوتی حاصل می‌شود. در روز نخست تهیه کیک، شاخص ΔE تفاوت معنی‌داری را بین رنگ نمونه‌ی شاهد و نمونه‌های حاوی عصاره نشان داد. گذشت زمان و تیره شدن سطح نمونه‌ها به دلیل کاهش رطوبت و چروکیدگی سطحی پوسته‌ی کیک‌ها، نمونه شاهد تیره و به این ترتیب ΔE تفاوت معنی‌داری را طی دوران نگهداری نشان داد ($P < 0.05$)؛ اما در نمونه‌ی تیمار شده با عصاره‌ی آزاد از زمان تهیه تا ۳۰ روز بعد از نگهداری این شاخص به طور معنی‌داری کاهش نشان داد؛ اما شاخص ΔE در روز ۴۵ نگهداری مجدداً کمی افزایش نشان داد و کیفیت رنگی آن نزدیک به نمونه‌ی شاهد در روز ۱۵ نگهداری شده است. در مورد نمونه‌ی تیمار شده با نانو کپسول‌های کوله خاس این کاهش تغییرات رنگی تا روز ۴۵ نگهداری ادامه یافت. در مجموع می‌توان افزودن عصاره به کیک باعث کم‌رنگ شدن پوسته‌ی کیک نسبت به نمونه‌ی شاهد بود که می‌تواند ناشی از رنگ عصاره، خاصیت سفیدکنندگی آن و همچنین محتوای رطوبت بالاتر این نمونه‌ها باشد.

۵.۳. ارزیابی شاخص‌های حسی

در توسعه‌ی یک محصول جدید تجزیه و تحلیل حسی نمونه‌ها و برآورد میزان پذیرش مصرف‌کننده حائز اهمیت ویژه است [۳۶]. نتایج مربوط به ارزیابی حسی شامل رنگ، طعم، بافت و امتیاز کلی کیک روغنی نمونه‌ی شاهد و کیک‌های تیمار شده با عصاره‌ی کوله‌خاس در جدول (۴) گردآوری شده است.

پژوهش حاضر نیز نشان داد که درون پوشانی عصاره های گیاهی می تواند تا حدود مؤثری طعم بد عصاره های گیاهی را بپوشاند؛ بنابراین به نظر می رسد استفاده از عصاره ی درون پوشانی شده نسبت به عصاره ی آزاد عملکرد بهتری دارد.

در مورد شاخص بافت نتایج حاکی از این بود بافت کیک نمونه ی شاهد تا روز ۱۵ نگهداری از طرف ارزیاب ها امتیاز ۳ (آستانه ی قابل قبول) را دریافت کرد در حالی که در دو نمونه ی حاوی عصاره نمونه بیش از ۳۰ روز بافت قابل قبول خود را حفظ کردند. احتمالاً دلیل این امر رطوبت بیش تر نمونه های حاوی عصاره به ویژه عصاره ی درون پوشانی شده است.

داشتن ترکیبات ضد اکسایشی مختلف به ویژه ترکیبات فنلی، با کنترل اکسایش نقش معنی داری در حفظ طعم کیک برای مدت طولانی تر داشته است [۲۲]. برخی پژوهش ها نشان داده است که افزودن برخی عصاره های گیاهی می تواند اثر مثبتی و برخی دیگر میزان پذیرش محصول را از نظر طعم کاهش دهد. برای مثال Avis و همکاران (۲۰۰۷) نیز افزودن عصاره ی پوست پرتغال به کیک فنجانی را باعث بهبود معنی دار عطر و طعم محصول تولیدی دانستند؛ اما Ibrahim و همکاران، (۲۰۱۳) اعلام نمودند افزودن غلظت های مختلف عصاره میخک (۴۰۰، ۶۰۰ و ۸۰۰ ppm) به کیک سبب کاهش امتیاز حسی طعم کیک نسبت به نمونه شاهد شد؛ بنابراین انتخاب عصاره ی مناسب با طعم محصول مورد نظر، حائز اهمیت ویژه است [۳۵]. ضمن این که نتایج

جدول (۴) تأثیر عصاره ی کوله خاس بر ویژگی های حسی کیک روغنی طی دوران نگهداری در دمای اتاق

Table 4. The effect of Butcher broom (*Ruscus Hyrcanus* L.) extract on the sensory properties of oily cake crust during storage at room temperature

نمونه Sample	زمان نگهداری (روز) Storage time (days)			
	0	15	30	45
Color				
Cont.	4.8±0.422 ^{Aa}	3.6±0.516 ^{Bb}	3.3±0.483 ^{Bbc}	2.9±0.568 ^{Bc}
FEx.	4.7±0.483 ^{Aa}	4.6±0.516 ^{Aa}	3.9±0.316 ^{Ab}	3.3±0.483 ^{ABc}
Enc.	4.7±0.483 ^{Aa}	4.8±0.422 ^{Aa}	4.00±0.471 ^{Ab}	3.7±0.483 ^{Ab}
Flavor (taste and odor)				
Cont.	4.8±0.422 ^{Aa}	3.0±0.471 ^{Bb}	2.4±0.516 ^{Bc}	1.8±0.632 ^{Bd}
FEx.	4.4±0.516 ^{Aa}	3.8±0.632 ^{Ab}	2.7±0.675 ^{ABc}	2.3±0.483 ^{Bc}
Enc.	4.9±0.316 ^{Aa}	4.1±0.738 ^{Aa}	3.2±0.632 ^{Ab}	2.8±0.422 ^{Ab}
Texture				
Cont.	5.0±0.0 ^{Aa}	3.1±0.32 ^{Bb}	2.3±0.48 ^{Bc}	1.9±0.57 ^{Bc}
FEx.	4.8±0.42 ^{Aa}	4.1±0.57 ^{Aa}	3.3±0.48 ^{Ab}	2.5±0.53 ^{Ac}
Enc.	4.9±0.32 ^{Aa}	4.7±0.32 ^{Aa}	3.8±0.63 ^{Ab}	2.9±0.57 ^{Ac}
Overall				
Cont.	4.87±0.25 ^{Aa}	3.13±0.17 ^{Bb}	2.52±0.33 ^{Bc}	2.02±0.39 ^{Bc}
FEx.	4.58±0.25 ^{Aa}	4.03±0.46 ^{Ab}	3.08±0.42 ^{Ac}	2.53±0.35 ^{Ad}
Enc.	4.86±0.17 ^{Aa}	4.42±0.36 ^{Aa}	3.53±0.44 ^{Ab}	2.98±2.28 ^{Ac}

اعداد به شکل میانگین ± انحراف از استاندارد گزارش شده است. برای هر ویژگی حسی، حروف متفاوت کوچک در هر ردیف و حروف بزرگ متفاوت در هر ستون به تفاوت معنی دار بین نمونه های مختلف است ($P < 0.05$). Cont: نمونه ی کنترل؛ FEx: نمونه ی تیمار شده با عصاره ی آزاد کوله خاس؛ Enc:

نمونه ی تیمار شده با عصاره ی درون پوشانی شده ی کوله خاس

Values are mean ± standard deviation. For each sensory property, different small letters in each row and different capital letters in each column indicate significant difference between samples ($P < 0.05$). Cont: control sample; FEX: Samples treated with free Butcher broom extract; Enc: Samples treated with encapsulated Butcher broom extract

نتایج امتیاز حسی کل نشان داد که در مجموع نمونه های درون پوشانی شده به طور معنی داری نسبت به نمونه ی شاهد حاوی عصاره به ویژه نمونه ی تیمار شده با عصاره ی کیفیت بهتری داشتند. به طوری که بر اساس این شاخص



طور معنی‌داری بیش‌تر از عصاره‌ی آزاد بود. کیک روغنی حاوی عصاره از رنگ روشن‌تری نسبت به نمونه‌ی شاهد برخوردار بود که نتایج حسی نشان داد این رنگ مورد پسند ارزیاب‌هاست. تفاوت رنگی کل نیز در نمونه‌ی حاوی عصاره‌ی درون‌پوشانی شده کم‌تر از سایر نمونه‌ها بود. همچنین بر اساس استاندارد مورد پذیرش برای مقدار اسید چرب آزاد (سخت‌گیرانه‌ترین شاخص استاندارد) زمان ماندگاری کیک نمونه‌ی شاهد، حاوی عصاره‌ی آزاد و درون‌پوشانی شده به ترتیب ۱۳، ۲۴ و ۳۰ روز بود. به عبارتی استفاده از عصاره‌ی درون‌پوشانی شده توانسته است زمان ماندگاری کیک را نسبت به نمونه‌ی شاهد بیش از ۲ برابر افزایش دهد. زمان ماندگاری کیک، برحسب شاخص پراکسید بین ۱۲ تا ۴۵ روز، از نظر رطوبت ۱۵ تا ۴۵ و از نظر حسی بین ۱۵ تا ۴۰ روز (به ترتیب برای نمونه‌ی شاهد و نمونه‌ی تیمار شده با عصاره‌ی درون‌پوشانی شده) برآورد شد. در دوره‌ی ۴۵ روزه نگهداری میزان بار میکروبی تمام نمونه‌ها در محدوده‌ی استاندارد قرار داشتند، بنابراین این شاخص قادر به تفکیک مناسب نمونه‌های مختلف نبود. در مجموع نتایج حاکی از این بود افزودن عصاره‌ی کوله‌خاس به کیک روغنی به ویژه به شکل درون‌پوشانی‌شده می‌تواند موجب حفظ بهتر کیفیت کیک طی دوران نگهداری شده و سبب افزایش مدت ماندگاری کیک روغنی طی نگهداری در دمای محیط شود، بنابراین می‌تواند به عنوان یک نگهدارنده‌ی طبیعی برای بهبود کیفیت و ماندگاری کیک روغنی در صنعت توصیه شود.

نمونه‌ی تیمار شده با عصاره‌ی درون‌پوشانی شده حدود ۴۰ روز حائز کیفیت قابل قبول بود. در حالی که این مقدار برای نمونه‌ی شاهد تنها ۱۵ روز و برای نمونه‌ی تیمار شده با عصاره‌ی آزاد کوله‌خاس ۳۰ روز بود؛ بنابراین عصاره کوله‌خاس تأثیر بسیار خوبی بر کیفیت و ماندگاری کیک روغنی داشته است.

۴. نتیجه‌گیری

در این پژوهش عصاره برگ کوله‌خاس استخراج شده به کمک تیمار فراصوت به شکل آزاد و درون‌پوشانی شده در مالتودکسترین: صمغ عربی به فرمولاسیون کیک روغنی افزوده شد و اثرات آن بر کیفیت فیزیکی و شیمیایی، میکروبی و حسی کیک با نمونه‌ی شاهد مقایسه شد. نتایج نشان داد افزودن عصاره‌ی کوله‌خاس چه به شکل آزاد و چه درون‌پوشانی شده باعث بهبود کیفیت بافت (به دلیل حفظ بهتر رطوبت در نمونه)، کاهش روند اکسایشی (شاخص پراکسید و اسیدیت) و فساد میکروبی و کنترل رشد کپک و مخمر طی مدت ۴۵ روز نگهداری شد. نتایج آنالیز حسی نیز نشان داد که کیک از نظر ویژگی‌های حسی نیز مورد تأیید ارزیاب‌های حسی قرار گرفته است و اثر منفی بر طعم و بافت و رنگ محصول نداشته است (ارزیابی در روز نخست نگهداری)، ضمن این‌که با کنترل فساد میکروبی و شیمیایی و حفظ بهتر رطوبت محصول، کیفیت حسی کیک را برای مدت طولانی‌تر حفظ کرده است. از آنجایی که ترکیب مالتودکسترین: صمغ عربی قادر به حفاظت از ترکیبات زیست فعال و رهایش کنترل‌شده‌ی آن‌ها بود، اثر بخشی عصاره‌ی درون‌پوشانی‌شده در حفظ کیفیت کیک روغنی به

منابع

- [1] Rios, R.V., Garzón, R., Lannes, S.C., & Rosell, C.M. (2018). Use of succinyl chitosan as fat replacer on cake formulations. *LWT- Food Sci. Technol.*, 96, 260-265.
- [2] Kahl, R., & Kappus, H. (1993). Toxicology of the synthetic antioxidants BHA and BHT in comparison with the natural antioxidant vitamin E. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.*, 196(4), 329.
- [3] Sebranek, J., Sewalt, V., Robbins, K., & Houser, T. (2005). Comparison of a natural rosemary extract and BHA/BHT for relative antioxidant effectiveness in pork sausage. *Meat Sci.*, 69(2), 289-296.
- [4] Goodman, D., McDonnell, J., Nelson, H., Vaughan, T., & Weber, R. (1990). Chronic urticaria exacerbated by the antioxidant food preservatives, butylated hydroxyanisole (BHA) and butylated hydroxytoluene (BHT). *J Allergy Clin Immunol*, 86(4), 570-575.
- [5] Anand, S., & Sati, N. (2013). Artificial preservatives and their harmful effects: looking

- toward nature for safer alternatives. *Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res.*, 4(7), 2496.
- [6] Papillo, V.A., Locatelli, M., Travaglia, F., Bordiga, M., Garino, C., Arlorio, M., & Coisson, J.D. (2018). Spray-dried polyphenolic extract from Italian black rice (*Oryza sativa* L., var. Artemide) as new ingredient for bakery products. *Food Chem.*, 269, 603-609.
- [7] Senanayake, C.M., Hapugaswatta, H., Jayathilaka, N., & Seneviratne, K.N. (2018). Phenolic extracts of the leaves of *Psidium guineense* Sw. improve the shelf life of sunflower oil and baked cake and antioxidant status of Wistar rats. *J. Food Biochem.*, 42(6), e12632.
- [8] Vasileva, I., Denkova, R., Chochkov, R., Teneva, D., Denkova, Z., Dessev, T., Denev, P., & Slavov, A. (2018). Effect of lavender (*Lavandula angustifolia*) and melissa (*Melissa Officinalis*) waste on quality and shelf life of bread. *Food Chem.*, 253, 13-21.
- [9] Ibrahim, M., Abd El-Ghany, M., & Ammar, M. (2013). Effect of clove essential oil as antioxidant and antimicrobial agent on cake shelf life. *Wld. J. Dairy Food Sci.*, 8(2), 140-146.
- [10] Khaki, M., Sahari, M., & Barzegar, M. (2012). Evaluation of antioxidant and antimicrobial effects of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) essential oil on cake shelf life. *J. Med. Plants*, 3(43), 9-18.
- [11] Thomas, P.A., & Mukassabi, T.A. (2014). Biological flora of the british isles: *Ruscus aculeatus*. *J. Ecol.*, 102(4), 1083-1100.
- [12] Djadid, N.D., Jazayeri, H., Gholizadeh, S., Rad, S.P., & Zakeri, S. (2009). First record of a new member of Anopheles Hyrcanus Group from Iran: molecular identification, diagnosis, phylogeny, status of kdr resistance and Plasmodium infection. *J. Med. Entomol.*, 46(5), 1084-1093.
- [13] Dehghan, H., Sarrafi, Y., & Salehi, P. (2016). Antioxidant and antidiabetic activities of 11 herbal plants from Hyrcania region, Iran. *J. Food Drug Anal.*, 24(1), 179-188.
- [14] Castañeda-Ovando, A., de Lourdes Pacheco-Hernández, M., Páez-Hernández, M.E., Rodríguez, J.A., & Galán-Vidal, C.A. (2009). Chemical studies of anthocyanins: A review. *Food Chem.*, 113(4), 859-871.
- [15] Khoshnoudi-Nia, S., Sharif, N., & Jafari, S.M. (2020). Loading of phenolic compounds into electrospun nanofibers and electrosprayed nanoparticles. *Trends Food Sci. Technol.*, 95, 59-74.
- [16] García-Tejeda, Y.V., Salinas-Moreno, Y., & Martínez-Bustos, F. (2015). Acetylation of normal and waxy maize starches as encapsulating agents for maize anthocyanins microencapsulation. *Food Bioprod Process*, 94, 717-726.
- [17] de Araujo Santiago, M.C.P., Nogueira, R.I., Paim, D.R.S.F., Gouvêa, A.C.M.S., de Oliveira Godoy, R.L., Peixoto, F.M., Pacheco, S., & Freitas, S.P. (2016). Effects of encapsulating agents on anthocyanin retention in pomegranate powder obtained by the spray drying process. *LWT- Food Sci. Technol.*, 73, 551-556.
- [18] Mahdavi, S.A., Jafari, S.M., Assadpour, E., & Ghorbani, M. (2016). Storage stability of encapsulated barberry's anthocyanin and its application in jelly formulation. *J. Food Eng.*, 181, 59-66.
- [19] Moser, P., Souza, R.T.D., & Nicoletti Telis, V.R. (2017). Spray drying of grape juice from hybrid cv. BRS Violeta: microencapsulation of anthocyanins using protein/maltodextrin blends as drying aids. *J. Food Process. Preserv.*, 41(1), e12852.
- [20] da Rosa, J.R., Nunes, G.L., Motta, M.H., Fortes, J.P., Weis, G.C.C., Hecktheuer, L.H.R., Muller, E.I., de Menezes, C.R., & da Rosa, C.S. (2019). Microencapsulation of anthocyanin compounds extracted from blueberry (*Vaccinium* spp.) by spray drying: Characterization, stability and simulated gastrointestinal conditions. *Food Hydrocoll*, 89, 742-748.
- [21] Shiga, H., Yoshii, H., Ohe, H., Yasuda, M., Furuta, T., Kuwahara, H., Ohkawara, M., & Linko, P. (2004). Encapsulation of shiitake (*Lentinus edodes*) flavors by spray drying. *Biosci Biotechnol Biochem*, 68(1), 66-71.
- [22] Mahmoudi, L., Tavakoli-pour, H., Roozbeh-Nasiraie, L. & Kalbasi-Ashtari, A. (2020). Ultrasonication and encapsulation of Butcher broom (*Ruscus Hyrcanus* L.) extract and its bioactive effects on qualitative properties, oxidative stability and shelf life of cake. *Sustain. Chem. Pharm.*, 17, 100295.
- [23] Fernández, P., Regenjo, M., Fernández, A.M., Lorenzo, R.A., & Carro, A.M. (2014) Optimization of ultrasound-assisted dispersive liquid-liquid microextraction for ultra performance liquid chromatography determination of benzodiazepines in urine and hospital wastewater. *Analytical Methods* 6(20), 8239-8246..
- [24] Jafari, S.M., Mahdavi-Khazaei, K., & Hemmati-Kakhki, A. (2016). Microencapsulation of saffron petal anthocyanins with cress seed gum compared with Arabic gum through freeze drying. *Carbohydr Polym.*, 140, 20-25.
- [25] INSO. (2019), *Biscuit-Specifications and test methods*. Iran, Tehran: Iranian National Standardization Organization , p. 39. [In persian].
- [26] ISIRI. (2011). *Cereal and cereal products-Determination of moisture content –Reference method*. Iran, Karaj: Institute of Standards and Industrial Research of Iran. p. 27. [In persian].

- [27] INSO. (2018). *Microbiology of the food chain-Horizontal method for the detection and enumeration of Enterobacteriaceae*, in Part 1: Detection of Enterobacteriaceae. Iran, Tehran: Iranian National Standardization Organization, p. 33. [In persian].
- [28] INSO, 2018, *Microbiology of the food chain-Horizontal method for the detection and enumeration of Enterobacteriaceae*, in Part 2: Colony-count technique. Iran, Tehran: Iranian National Standardization Organization, p. 31. [In persian].
- [29] ISIRI, 2007, *Microbiology of food and animal feeding stuffs-Horizontal method for the enumeration of positive Staphylococci-coagulase (Staphylococcus aureus and other species)*, in Part 3: Detection and MPN technique for low numbers. Iran, Karaj: Institute of Standards and Industrial Research of Iran. p. 27. [In persian].
- [30] ISIRI, 2006, *Microbiology of food and animal feeding stuffs -Detection and enumeration of presumptive Escherichia coli -Most probable number technique*. Iran, Karaj: Institute of Standards and Industrial Research of Iran. p. 30. [In persian].
- [31] INSO, 2013, *Microbiology of food and animal feeding stuffs -enumeration of Yeast and mould-Colony count technique in products with water activity Less than or equal to 0.60*. Iran, Tehran: Iranian National Standardization Organization, p. 12. [In persian].
- [32] Fathi, M., Mohebbi, M., & Razavi, S.M.A. (2011). Application of image analysis and artificial neural network to predict mass transfer kinetics and color changes of osmotically dehydrated kiwifruit. *Food Bioprocess. Tech.*, 4(8), 1357-1366.
- [33] Khoshnoudi-Nia, S., Moosavi-Nasab, M., Nassiri, S.M., & Azimifar, Z. (2018). Determination of Total viable count in rainbow-trout fish fillets based on hyperspectral imaging system and different variable selection and extraction of reference data methods. *Food Anal. Methods*, 11(12), 3481-3494.
- [34] Stone, H., Sidel, J., Oliver, S., Woolsey, A. & Singleton, R.C. (2004). Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. In: Gacula, J. (Ed.), *Descriptive Sensory Analysis in Practice* (pp. 23-34), US: Wiley-Blackwell.
- [35] Youseftabar-Miri, N., Sedaghat, N. & Khoshnoudi-Nia, S. (2020). Effect of active edible coating on quality properties of green-raisin and ranking the samples using fuzzy approach. *J. Food Meas. Charact.*, 1-13.
- [36] Tahsiri, Z., Niakousari, M., Khoshnoudi-Nia, S., & Hosseini, S.M.H. (2017). Sensory evaluation of selected formulated milk barberry drinks using the fuzzy approach. *Food Sci. Nutr.*, 5(3), 739-749.
- [37] Barassi, C.A., Pécora, R.P., Roldán, H., & Trucco, R.E. (1987). Total, non- volatile free fatty acids as a freshness index for hake (*Merluccius hubbsi*) stored in ice. *J. Sci. Food Agric.*, 38(4), 373-377.
- [38] Saranraj, P., & Geetha. M. (2012). Microbial spoilage of bakery products and its control by preservatives. *Int. J. Pharm. Biol. Sci.*, 3(1), 38-48.
- [39] Kang, Y. R., Lee, Y.K., Kim, Y.J., & Chang, Y.H. (2019). Characterization and storage stability of chlorophylls microencapsulated in different combination of gum Arabic and maltodextrin. *Food Chem*, 272, 337-346.
- [40] Ezhilarasi, P., Indrani, D., Jena, B.S., & C. Anandharamakrishnan. (2013). Freeze drying technique for microencapsulation of Garcinia fruit extract and its effect on bread quality. *J. Food Eng.*, 117(4), 513-520.
- [41] Ataye-saleh, E. & Sardarian, A. (2017). Formulation of a functional oily cake using pumpkin extract and evaluation of its quality properties. *J. innov. Food Sci. Technol.*, 8(4), 111-125 [In persian].
- [42] ISIRI. (2006). *Cake -Specification and test methods*. Iran, Karaj: Institute of Standards and Industrial Research of Iran. p. 24. [In persian].
- [43] Shahidi, F. & Zhong, Y. (2005). Lipid oxidation: measurement methods. *Bailey's industrial oil and fat products*. London: John Wiley & Sons.
- [44] Rao, K.S., Chakrabarti, P.P., Rao, B. & Prasad, R. (2009). Phospholipid composition of *Jatropha curcus* seed lipids. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 86(2), 197.
- [45] González-Martínez, C., Becerra, M., Cháfer, M., Albors, A., Carot, J., & Chiralt, A. (2002). Influence of substituting milk powder for whey powder on yoghurt quality. *Trends Food Sci. Technol.*, 13(9-10), 334-340.
- [46] Khoshnoudi-Nia, S. & Sedaghat, N. (2019). Effect of active edible coating and temperature on quality properties of roasted pistachio nuts during storage. *J. Food Process. Preserv.*, 43(10), e14121.
- [47] Ghorbani, S., Sonboli, A., Ebrahimi, S.N., & Mirjalili, M.H. (2020). Molecular authentication and phytochemical assessment of *Ruscus hyrcanus* Woron. (Asparagaceae) based on trnH-psbA barcoding and HPLC-PDA analysis. *Biocatal. Agric. Biotechnol.*, 25, 101585.
- [48] Rahvard, M.S. (2019) *Preliminary Phytochemical screening and standardization of Ruscus hyrcanus* Woronow. Mazandran, Iran: Mazandaran University of Medical Sciences University in Iran.
- [49] Díez-Sánchez, E., Llorca, E., Tárrega, A., Fiszman, S., & Hernando, I. (2020). Changing chemical leavening to improve the structural, textural and sensory properties of functional cakes with blackcurrant pomace. *LWT- Food Sci. Technol.*, 109378.
- [50] Kringel, D.H., da Silva, W.M.F., Biduski, B.,



- Waller, S.B., Lim, L.T., Dias, A.R.G. & Zavareze, E.d.R. (2020). Free and encapsulated orange essential oil into a β -cyclodextrin inclusion complex and zein to delay fungal spoilage in cakes. *J. Food Process. Preserv.*, 44(5), e14411.
- [51] INSO. (2013). *Cake - Specifications and test methods; (Amendment No.1)*. Iran, Tehran: Iranian National Standardization Organization, p. 5. [In persian].
- [52] Khoshnoudi-Nia, S., Forghani, Z., & Jafari, S.M. (2020). A systematic review and meta-analysis of fish oil encapsulation within different micro/nanocarriers. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 12, 1-22.
- [53] Hadžifejzović, N., Kukić-Marković, J., Petrović, S., Soković, M., Glamočlija, J., Stojković, D. & Nahrstedt, A. (2013). Bioactivity of the extracts and compounds of *Ruscus aculeatus* L. and *Ruscus hypoglossum* L. *Ind Crops Prod*, 49, 407-411.
- [54] Bilušić, T., Šola, I., Rusak, G., Poljuha, D., & Čikeš Čulić, V. (2019). Antiproliferative and pro-apoptotic activities of wild asparagus (*Asparagus acutifolius* L.), black bryony (*Tamus communis* L.) and butcher's broom (*Ruscus aculeatus* L.) aqueous extracts against T24 and A549 cancer cell lines. *J. Food Biochem*, 43(4), e12781.
- [55] INSO. (2019). *Microbiology of pastry and confectionery products- specifications and test methods*. Iran, Tehran: Iranian National Standardization Organization, p. 15. [In persian].
- [56] Keyhani, V., Mortazavi, S.A., Karimi, M., Karazhiyan, H., & Sheikholeslami, Z. (2015). Investigation and comparison of the effect of chubak (*acanthophyllum glandulosum*) extract and mono-and diglyceride on quality of muffin cake. *J. Res. Innov. Food Sci. Technol.*, 4(2), 153-172.
- [57] Mikulec, A., Kowalski, S., Makarewicz, M., Skoczylas, Ł., & Tabaszewska, M. (2020). Cistus extract as a valuable component for enriching wheat bread. *LWT- Food Sci. Technol.*, 118, 108713.
- [58] Caleja, C., Barros, L., Antonio, A.L., Oliveira, M.B.P., & Ferreira, I.C. (2017). A comparative study between natural and synthetic antioxidants: Evaluation of their performance after incorporation into biscuits. *Food Chem.*, 216, 342-346.

Research Article

Encapsulated extract of Butcher's broom (*Ruscus hyrcanus* L.) leaves for improving shelf-life of oily cake

Laleh Mahmoudi¹, Hamid Tavakoilpour², Leila Roozbeh-Nasirai^{3*}, Ahmad Kalbasi-Ashtari⁴

1. Ph.D. graduated, Department of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Nour Branch

2. Associate Professor, Department of Food Science and Engineering, Islamic Azad University, Sabzevar Branch

3. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Nour Branch

4. Professor, Department of Food Science and Engineering, University of Tehran

Abstract

Oily cakes are susceptible to oxidative and microbial spoilage due to their relative high levels of unsaturated fatty acids and moisture content. Plant extracts have a good antimicrobial and antioxidant potential. However, bioactive compounds of these extract are unstable in processing and storage conditions. Encapsulation technique is considered as one of the best strategies to overcome this challenge. Therefore, the aim of this study was to investigate the efficacy of free and encapsulated extract of Butcher's broom (*Ruscus hyrcanus* L.) leaves (0.7% w/w) in retarding physicochemical, microbial and sensory spoilage of oily cake during 45 days storage at $23\pm 3^{\circ}\text{C}$. The results show that the moisture content of treated cakes with Butcher's broom extract was significantly higher than control ones ($P < 0.05$). At the end of storage, the lowest total color difference (ΔE) value was recorded for treated with encapsulated extract (9.4). The Butcher's broom extract showed a significant antifungal and antioxidant potential. The lowest yeasts and mold counts, free fatty acid and peroxide value was obtained in cakes contained microparticles. The total sensory score of samples treated with encapsulated extract was higher than 3 (threshold acceptable limit) for around 40 days. While this time was 15 days for control samples. The shelf-life of oily cakes containing free and encapsulated was 1.8 and 2.3 times of control samples, respectively. Overall, encapsulation of Butcher's broom extract with maltodextrin/gum arabic (50:50) is recommended to improved shelf-life of oily cakeits byprotection effectsagainst chemical and microbialdegradation.

Keywords: Butcher's broom; Encapsulation; Oily cake; Shelf-life, maltodextrin-gum Arabic

* Corresponding author: l_roozbehnasirai@iaunour.ac.ir