تأثیر عصاره گیاه ریواس استخراج شده به کمک دی‌اکسیدکربن فوق بحرانی-اتانول بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، میکروبی و حسی کیک روغنی

سید علی حسینی[1]، محسن وظیفه‌دوست[1]*، بهاره حاجی‌رستم‌لو[1]، زهره دیدار[2]، محمد مهدی نعمت‌شاهی[1]

[1] گروه علوم و صنایع غذایی، واحد نیشابور، دانشگاه آزاد اسلامی، نیشابور، ایران

[2] گروه علوم و مهندسی غذایی، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران

* نویسنده مسئول: m.vazifedoost@iau-neyshabur.ac.ir

چکیده

کیک‌های روغنی یکی از جذاب‌ترین محصولات نانوایی هستند که به‌دلیل رطوبت و چربی بالا ماندگاری پایینی دارند. هدف از مطالعه حاضر بررسی پتانسیل عصاره گل گیاه ریواس (*Rheum ribes*) استخراج‌شده به کمک حلال فوق‌بحرانی CO_2 و کمک‌حلال اتانول در افزایش ماندگاری کیک است. بعد از شناسایی ترکیبات زیست‌فعال این عصاره به کمک GC-MS و HPLC، عصاره در مالتودکسترین و/یا صمغ‌عربی درون‌پوشانی شد. اثر عصاره گل‌ریواس (آزاد یا درون‌پوشانی‌شده) بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی ، میکروبی و حسی کیک روغنی طی ۲۸ روز نگهداری در دمای محیط بررسی شد. Camphor (۱۷٫۵۲٪)، ۱،۸-Cineol (۱۰٫۹۱٪) و Borneol (۷٫۷۶٪) مهم‌ترین ترکیبات ترپنوئیدی و m-Coumaric-acid (۴۸٫۲۲ mg/g) Luteolin، (۳۸٫۰۷ mg/g) و gallic-acid (۲۶٫۲۵ mg/g) مهم‌ترین ترکیبات فنولی این عصاره بودند. میزان فنول کل mg GAE/g ۳۰۶.۱۹ بود. کارایی درون‌پوشانی عصاره ۹۳٫۲۳ (مالتودکسترین-صمغ‌عربی) تا ۹۰٫۵۳ (مالتودکسترین) بود ($P<0.05$). رطوبت کیک‌های تیمارشده بیش از نمونه شاهد بود ($P>0.05$). طی دوران نگهداری، کم‌ترین مقدار شاخص پراکسید در نمونه‌های مالتودکسترین-صمغ‌عربی بود، اما تفاوت بین کیک‌های حاوی عصاره درون‌پوشانی‌شده معنی‌دار نبود. در روز ۲۱ نگهداری میزان پراکسید و اسید چرب‌آزاد نمونه شاهد بیش از حد قابل‌قبول بود، اما سایر نمونه‌ها در محدوده استاندارد بودند. در هیچ نمونه‌ای *Enterobacteriaceae* ، *S.aureus* و *E.coli* مشاهده نشد. در روز ۲۱ نگهداری روی کیک نمونه شاهد، کپک‌مخمر دیده شد، اما سایر نمونه‌ها استاندارد بودند. عصاره گل‌ریواس درون‌پوشانی‌شده در مالتودکسترین-صمغ‌عربی به‌عنوان نگهدارنده طبیعی، بدون اثر منفی بر ویژگی‌های حسی کیک، زمان ماندگاری آن را یک هفته بهبود بخشد. مطالعات بیش‌تری به‌منظور استفاده از این عصاره در مقیاس صنعتی به عنوان یک نگهدارنده طبیعی و اقتصادی مورد نیاز است.

کلمات کلیدی: گل ریواس، CO_2 فوق بحرانی، درون‌پوشانی، کیک روغنی

۱- مقدمه

محصولات نانوایی بخش بزرگی از صنعت غذا را به خود اختصاص می‌دهند و یکی از پرمصرف‌ترین مواد غذایی در دنیا هستند. کیک‌ها به ویژه کیک‌های روغنی، به خاطر بافت و طعم مطلوب، یکی از محبوب ترین محصولات نانوایی به شمار می‌روند (۴۴). اما این محصولات به دلیل محتوی چربی و رطوبت نسبتا بالا به فساد حساس هستند. یکی از راهکارهای افزایش ماندگاری این محصولات، افزودن مواد نگهدارنده است. با توجه به اثرات سوء نگهدارنده‌های شیمیایی بر سلامت، استفاده از عصاره و اسانس‌های گیاهی به عنوان نگهدارنده‌های طبیعی به منظور کنترل فساد در محصولات نانوایی مورد توجه قرار گرفته‌اند (۱۷، ۱۸، ۳۲، ۳۵، ۴۲، ۴۸، ۵۱، ۵۷). ریواس (*Rheum ribes*) گیاه بومی ایران و از خانواده *Polygonaceae* است. این گیاه به طور گسترده در غرب و شمال غربی ایران، شمال عراق و لبنان یافت می‌شود (۹). این گیاه منبع ارزشمندی از ترکیبات فیتوشیمیایی مختلف مانند فلاونوئیدها، تانن‌ها، ویتامین‌ها، ترکیبات فنولی، اسیدهای آلی (به ویژه اسید سیتریک و اسید مالیک) و آنتراکینون‌ها است (۵۶). همچنین اسانس روغنی این گیاه حاوی اسیدهای چرب غیراشباع (مانند اسید لینولئیک، اسید پالمیتیک، اسید γ-لینولنیک و غیره) و برخی هیدروکربن ها (مانند α-پینن، ترپینولن، p -سیمن، بی سیکلوژرماکرن و لیمونن و غیره) است (۴۳). به دلیل وجود ترکیبات بیوشیمیایی متنوع و ارزشمند، بررسی فعالیت زیستی عصاره این گیاه در سال‌های اخیر مورد توجه ویژه بوده است. این عصاره به دلیل پتانسیل ضد میکروبی و ضداکسایشی می‌تواند جایگزین مناسبی برای نگهدارنده‌های شیمیایی باشد (۴۹). از روش‌های مختلفی می‌توان برای تهیه عصاره گیاهان دارویی استفاده کرد. استفاده از سیالات فوق بحرانی (به ویژه دی‌اکسید کربن) را می‌توان یکی از رویکردهای سبز و کارآمد برای استخراج ترکیبات زیست‌فعال از گیاهان باشد. این نوع روش استخراج به طور همزمان توانایی حل‌شوندگی مایع و ویژگی‌های انتقال گاز را فراهم می‌کند (۵۸). با این حال، CO_2 رفتار غیرقطبی و در نتیجه راندمان استخراج پایین برای گروه‌های عاملی با قطبیت بالا مانند –OH و –COOH دارد (۵۴). افزودن حلال‌ها یا اصلاح‌کننده‌های همراه با طبیعت قطبی (مانند الکل، آب و اسیدها)) به CO_2 می‌تواند با افزایش حلالیت سیال CO_2 و کاهش زمان استخراج، راندمان استخراج را افزایش دهد (۵). به این ترتیب، عصاره به‌دست‌آمده از حلال فوق بحرانی CO_2-اتانول (SCO_2-EOH) می‌تواند ترکیبات زیست‌فعال قطبی و غیرقطبی مختلفی را شامل شود که می‌تواند اثر زیست‌فعالی بیش‌تری را ارائه کند.

از سوی دیگراز آنجایی که ترکیبات زیست فعال به تنش‌های محیطی (گرما، اکسیژن، نور، pH و غیره) حساس هستند، درون‌پوشانی آن‌ها راه‌حلی مناسب برای حفظ این ترکیبات است (۵۰). مالتودکسترین و صمغ عربی به دلیل ایمنی، حلالیت بالا،

زیست سازگاری خوب، ویسکوزیته مناسب و امولسیون‌پذیری به عنوان دو ماده رایج برای درون‌پوشانی ترکیبات زیست‌فعال کاربرد دارند (۱۴، ۳۴، ۴۷، ۵۰). بنابراین در این پژوهش از میکروذرات عصاره ریواس به شکل آزاد و درون‌پوشانی شده در مالتودکسترین و/یا صمغ عربی به منظور بهبود ماندگاری کیک روغنی استفاده شد. در تحقیق حاضر عصاره گل ریواس با استفاده از روش SCO۲-EOH بدست آمد. ترکیبات زیست فعال این عصاره به کمک GC-MS و HPLC تعیین شد. عصاره در مالتودکسترین و/یا صمغ عربی به عنوان عوامل حامل مقرون به صرفه درون‌پوشانی شد و اثر این ریز ذرات در مقایسه با عصاره آزاد گل ریواس بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، حسی و میکروبی کیک روغنی طی ۲۸ روز نگهداری در دمای محیط مورد بررسی قرار گرفت.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

حدود یک کیلوگرم گل ریواس خشک (*Rheum ribes* L.) از بازار محلی نیشابور (خراسان رضوی، ایران) خریداری شد. نمونه گل ریواس خشک به کمک آسیاب خانگی پودر و از الک با مش ۴۰ عبور داده شد. این پودر تا زمان عصاره‌گیری در یک بطری تیره نگهداری شد. تمام مواد شیمیایی و معرف‌ها دارای گرید مناسب برای آنالیز شیمیایی بودند و از شرکت شیمیایی سیگما (Sigma Chemicals Co, St, Louis, MO, USA)، شرکت دکتر مجللی (Dr. Mojalali Chemical Complex Co., Tehran, Iran) و مرک (Darmstadt, Germany) تهیه شد.

۲-۲ تهیه گل ریواس به کمک حلال فوق بحرانی

به طور خلاصه، ۳ گرم پودر گل ریواس به یک لوله ۵۰ میلی‌لیتری حاوی دانه‌های شیشه ای (برای بهبود تماس بین پودر و حلال فوق بحرانی CO_2) منتقل شد. استخراج توسط یک سیستم استخراج به کمک حلال فوق بحرانی (Separex model ۴۳۲۵, Separex Co., Champigneulles, France). دو طرف دستگاه استخراج با مقدار کمی پشم شیشه پوشانده شد تا از خروج مواد جامد از لوله جلوگیری شود. CO_2 مایع (۵- درجه سانتیگراد) با سرعت ۱ میلی‌لیتر در دقیقه به سیستم استخراج وارد شد. اتانول (۱۰ میلی لیتر) نیز با سرعت جریان ۱ میلی‌لیتر در دقیقه توسط پمپ HPLC به سیستم تزریق شد. زمان استخراج ۲ ساعت، تحت فشار ۲۵۰ بار و دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد انجام شد (۱۲).

۲-۳- تعیین ترکیبات ترپنوئیدی عصاره

ترکیبات ترپنوئیدی عصاره *R. ribes* با استفاده از یک سیستم کروماتوگرافی گازی- طیف سنجی جرمی[1] (Agilent ۷۸۹۰ Agilent Technologies, USA) مورد ارزیابی قرار گرفت. شرایط دستگاه به شرح زیر بود: حجم تزریق: ۱ میکرولیتر؛ دمای آون: ˚C ۴۰-۳۰۰ (به مدت ۲ دقیقه در دمای اولیه، ˚C ۴۰-۱۵۰ با سرعت ˚C ۵ در دقیقه، ˚C ۳۰۰-۱۵۰ با سرعت ˚C ۱۵ در دقیقه)؛ غلظت تزریق: ۵ میلی‌گرم در میلی‌لیتر؛ دمای انژکتور ˚C ۲۸۰؛ دمای منبع یون: ˚C ۲۰۰؛ گاز حامل: هلیوم (۷ psi) با سرعت جریان ۲ میلی‌لیتر در دقیقه. یونیزاسیون الکترون ۷۰ eV (۴۶، ۵۵).

۲-۴- تعیین ترکیبات فنولی

عصاره گل ریواس برای تعیین کمی و کیفی ترکیبات فنولی توسط کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC: Agilent Technologies ۱۲۰۰ series, Germany) مجهز به آشکارساز UV و ستون فاز معکوس C۱۸ (Zorbax eclipse (XDB)) مورد ارزیابی قرار گرفت. شرایط دیگر این تحلیل به شرح زیر بود: زمان اجرا: ۴۰ دقیقه؛ سرعت جریان: ۱ میلی‌لیتر در دقیقه؛ طول موج: ۲۸۰ نانومتر؛ حجم تزریق: ۲۰ میکرولیتر (۲۹).

۲-۵- حتوای فنولی کل (TPC)

محتوای فنولی کل (TPC) عصاره ریواس بر اساس به کمک معرف فولین- سیوکالتو[2] ارزیابی شد. جذب محلول‌ها در ۷۵۰ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر (Shimadzu UV-۲۵۰۱, Tokyo, Japan) قرائت شد. نتایج به صورت میلی‌گرم اکی‌والان اسید گالیک در هر گرم وزن خشک عصاره (mg GA/g) بیان شد (۶).

۲-۶- تهیه ریزذرات عصاره گل ریواس

ریزپوشانی عصاره گل ریواس توسط مالتودکسترین (MD) و/یا صمغ عربی (GA) به عنوان عوامل حامل انجام شد. پودر عصاره ریواس (۱۵ درصد وزنی / وزنی عامل حامل) و مواد دیواره (۲۰ درصد وزنی بر وزن/ حجم و با نسبت متفاوت مالتودکسترین به صمغ عربی (۱۰۰: ۰ (MD)، ۵۰: ۵۰ (MD+GA) و ۰: ۱۰۰ (GA)) با آب مقطر ترکیب شده و محلول در هموژنایزر اولتراتوراکس[3] (KND-۱۲۰۰, UH۱-۰۱۳, South Korea) با سرعت ۶۰۰۰ rpm به مدت ۵ دقیقه مخلوط و یک ساعت نیز به کمک هم‌زن مغناطیسی هم زده شد. خشک کردن محلول‌های حاصل به کمک هوای فشرده خشک‌کن پاششی (شرکت درسا تک، ایران) در نرخ تغذیه ۱/۵ میلی‌لیتر در دقیقه، فشار ۲۵۵ میلی بار، دمای ورودی ˚C ۱۴۰ و سرعت جریان هوا m^3/h ۳۵ انجام شد (۱۵).

---

[1] Gas Chromatography-Mass Spectrometry
[2] Folin-Ciocalteu
[3] Ultra-Turrax

۲-۷- کارایی درون‌پوشانی

کارایی درون‌پوشانی نسبت اختلاف میزان فنول کل (TPC) و فنول سطحی (SPC) به میزان فنول کل (TPC) است. میزان فنول سطحی میکروذرات، ۱۰ میلی‌گرم از هر میکروذره را در ۱۰ میلی‌لیتر اتانول ۹۶ درصد (۱ میلی لیتر) ریخته می‌شود. این مخلوط به مدت ۳ دقیقه سانتریفیوژ می‌شود. میزان فنول مایع رویی حاصل از سانتریفیوژ به عنوان SPC شناخته می‌شود (۴۱).

۲-۸- تهیه کیک روغنی

مواد مایع (آب: ۳۵ میلی‌لیتر، تخم‌مرغ: ۲۰ گرم؛ روغن: ۲۵ گرم) و خشک (آرد شیرینی‌پزی: ۱۰۰ گرم؛ شکر: ۱۰۰ گرم؛ بیکینگ پودر: ۲ گرم؛ وانیل: ۱ گرم) کیک‌های روغنی در یک کاسه میکسر توسط مخلوط کن برقی (BOSCH; MFQ۳۶۴۶۰, Germany) BOSCH ،MFQ۳۶۴۶۰) به مدت حدود ۱۰ دقیقه زده شد. مایع کیک در کاغذ مافین ریخته شده و در دمای ۱۵۰ به مدت ۳۰ دقیقه پخته شد (۴۵). عصاره به میزان ۰/۵ درصد وزنی/وزنی در قالب آزاد و درون‌پوشانی‌شده به نمونه‌های کیک افزوده شد. پس از پخت و سرد شدن، کیک ها در کیسه‌های پلاستیکی بسته‌بندی و در دمای اتاق به مدت ۲۸ روز نگهداری شدند (در دمای اتاق: ۳ ± ۲۳ درجه سانتیگراد؛ رطوبت نسبی ۳۵٪) و در فواصل ۷ روزه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

۲-۹- استخراج روغن کیک

میزان ۱۰۰ گرم از نمونه کیک روغنی با میزان ۲۰۰ میلی‌لیتر n- هگزان (۹۸ درصد خلوص) ترکیب شد. این مخلوط به مدت ۱ ساعت به کمک هم‌زن مغناطیسی هم‌زده شد. سپس ترکیب روغن و حلال با کاغذ واتمن شماره ۱ صاف شد. حلال n-هگزان توسط روتاری اواپراتور تحت خلا (۳۰۰ Strike، پارس فراسو، تهران، ایران) در دمای ۵۰ °C از روغن کیک جدا شد. روغن حاصل تا زمان انجام آزمون پراکسید و اسید چرب آزاد در دمای یخچال نگهداری شد (۱۹).

۲-۱۰- اندازه‌گیری میزان اسیدهای چرب آزاد (FFA)

میزان اسیدهای چرب آزاد بر مبنای روش تیتراسیون اندازه‌گیری و به صورت درصد اسید اولئیک موجود در روغن استخراج شده از کیک بیان شد (۱۹).

۲-۱۱- اندازه‌گیری عدد پراکسید (PV)

اندازه‌گیری شاخص پراکسید کیک‌های روغنی به کمک تیوسولفات سدیم ۰/۰۱ نرمال و مطابق روش توصیف شده در استاندارد INSO ۳۷ اندازه‌گیری شدمیزان پراکسید بر پایه‌ی میلی‌اکی‌والان اکسیژن در کیلوگرم روغن ($meq\ O_2\ kg^{-1}$) گزارش شد (۱۹).

۲-۱۲- میزان رطوبت

میزان رطوبت کیک روغنی عبارت است از نسبت اختلاف وزن کیک قبل و بعد از خشک شدن به وزن اولیه کیک (وزن کیک قبل از خشک شدن) که در قالب درصد بیان می‌شود. خشک کردن کیک‌ها برای سنجش رطوبت به روش توصیف شده در استاندارد ملی ایران به شماره ۲۷۰۵ انجام شد (۲۵).

۲-۱۳- ارزیابی میکروبی

کیفیت میکروبی کیک‌های روغنی بر اساس استاندارد ملی ایران ارزیابی شد. این آزموهای شامل شمارش باکتری‌های گروه *Enterobacteriaceae* که بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۲ و ۱-۲۱۵۲۸ (۲۳، ۲۴)، *Escherichia coli* بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۲۹۴۶ (۲۷)، *Staphylococcus aureus* کوآگولاز مثبت بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره۳-۶۸۰۶ (۲۶) و شمارش کپک و مخمر نیز بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۳-۱۰۸۹۹ (۲۱) انجام شد که در زمان‌های صفر، ۷، ۱۴، ۲۱ و ۲۸ روز ارزیابی‌های میکروبی انجام شد. مطابق استاندارد کیفیت میکروبی قابل قبول برای شیرینی‌های نیمه خشک (همچون کیک) مطابق زیر است: کپک، مخمر و *Enterobacteriaceae* (بیشینه‌ی ۲Log CFU/*g*)، *E.coli* (بیشینه‌ی مجاز: منفی) و *S.aureus* کواگولاز مثبت (بیشینه‌ی مجاز: منفی) پیشنهاد شده است (۲۲). جمعیت میکروارگانیسم‌های اندازه‌گیری شده بر اساس لگاریتم تعداد واحدهای تشکیل دهنده کلنی (CFUs) در هر گرم ($\log_{۱۰}$ CFU/g) بیان شد.

۲-۱۴- ارزیابی حسی

نمونه کیک‌های روغنی حاوی عصاره و نمونه کنترل در روزهای مختلف نگهداری از نظر طعم (مجموع بو و مزه)، رنگ، ظاهر و بافت توسط یک گروه ارزیاب ده نفره (۵ زن و ۵ مرد) مورد بررسی قرار گرفتند. نمونه‌ها به صورت تصادفی شماره‌گذاری و در ظروف سفید رنگ در زیر نور طبیعی اتاق در اختیار ارزیاب‌ها قرار گرفت. امتیازدهی هر نمونه بر پایه آزمون هدونیک ۵ نقطه‌ای (۱= بسیار بد، ۲ = بد، ۳= متوسط، ۴= خوب و ۵= بسیار خوب) انجام شد. قبل از انجام آزمون، در مورد تعریف ویژگی‌های حسی مورد نظر و شیوه امتیازدهی به ارزیابان حسی توضیحاتی داده شد. برای به دست آوردن امتیاز حسی کل از میانگین وزنی ویژگی‌های مختلف استفاده شد (۱۰, ۴۰).

۲-۱۵- تجزیه و تحلیل آماری

آزمایش‌ها در قالب طرح کاملا تصادفی- فاکتوریل انجام و یافته‌ها به صورت میانگین ± انحراف از استاندارد (SD) در سه تکرار ارائه شدند. تجزیه و تحلیل واریانس داده‌ها بر اساس "مدل خطی تعمیم‌یافته" و تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌ها بر پایه‌ی آزمون چند دامنه‌ای توکی ($P < ۰/۰۵$) صورت گرفت. تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم‌افزار Minitab نسخه‌ی ۲۰ (Minitab Inc. Pennsylvania, USA) انجام شد.

۳- نتایج و بحث

۱-۳- شناسایی ترپنوئیدهای عصاره گل ریواس

بر اساس نتایج تحلیل GC-MS (جدول ۱)، ۲۹ جزء ترپنوئیدی در عصاره گل ریواس استخراج شده به کمک حلال فوق بحرانی اصلاح شده توسط اتانول شناسایی شد. Camphor (٪ ۱۷٫۵۲)، Cineol ۱,۸ (٪ ۱۰٫۹۱) Borneol (٪ ۷٫۷۶)، Camphene (٪ ۷٫۴۷)،α-pinene (٪ ۶٫۹۱) وCaryophyllene (٪ ۵٫۶۶) مهم‌ترین ترکیبات ترپنوئیدی عصاره گل ریواس بودند. Amiri و همکاران (۲۰۱۵) عصاره گل ریواس را به کمک حلال غیر قطبی هگزان استخراج کردند. آن‌ها مهم‌ترین ترکیبات ترپنوئیدی موجود در این عصاره را germacrene-d (٪ ۲۲٫۳)، α-pinene (٪ ۱۳٫۵)،terpinolene (٪ ۱۲٫۴)،p-cymene (٪ ۱۰٫۶)، bicyclogermacrene (٪ ۹٫۶) و limonene (٪ ۸٫۶) گزارش کردند (۳). Hasan و Köroğlu (۲۰۲۳) carvacrol (٪ ۴۰٫۴۱) و gamma-terpinene (٪ ۲۲٫۹۰) را به عنوان ترکیب اصلی ترپنوئید اسانس ریشه ریواس معرفی کردند. در حالی که۴-, ditert-butylphenol (٪ ۲۰٫۷۶) و carvacrol (٪ ۱۳٫۵۲) ترکیبات اصلی عصاره ساقه و ۲,۴-ditert-butylphenol (٪ ۲۵٫۸۷) و methyl formate (٪ ۶٫۸۷) ترکیبات اصلی عصاره حاصل از برگ ریواس بودند (۱۶). بنابراین، روش استخراج، نوع اندام گیاهی مورد بررسی، گونه ، شرایط رشد و خشک شدن گیاه می‌تواند بر ترکیبات زیست فعال آن تأثیر بگذارد (۳۰).

جدول ۱. ترکیبات ترپنوئیدی عصاره گل ریواس استخراج شده به کمک حلال فوق بحرانی دی‌اکسیدکربن و کمک حلال اتانول

ردیف	ترکیب	زمان نگهداری* (دقیقه)	غلظت (٪)	ردیف	ترکیب	زمان نگهداری (دقیقه)	غلظت (٪)
۱	**α-pinene**	۴،۳۲	۶،۹۱	۱۶	Acetic acid	۹،۰۴	۰،۹۹
۲	**Camphene**	۴،۶۴	۷،۴۷	۱۷	T-β terpinyl butanoate	۹،۱۹	۳،۵۸
۳	pinene	۵،۰۳	۳،۵۲	۱۸	**Caryophyllene**	۹،۵۹	۵،۶۶
۴	β-myrcene	۵،۱۴	۳،۰۳	۱۹	linalool	۹،۸۲	۲،۹۲
۵	Sabinene	۵،۲۳	۰،۳۱	۲۰	α-caryophyllene	۱۰،۱۱	۱،۰۹
۶	**۱،۸ Cineol**	۵،۸۳	۱۰،۹۱	۲۱	Copaene	۱۰،۸۷	۰،۵۶
۷	β-phellandrene	۵،۹۱	۱،۱۹	۲۲	Menthol	۱۲،۰۳	۰،۸۶
۸	α-terpineol	۶،۰۵	۳،۲۷	۲۳	Cyclohexane,۱,۱,۲-trimethy	۱۳،۰۱	۱،۱۰
۹	D-limonene	۶،۴۹	۲،۹۶	۲۴	(+)-globulol	۱۳،۳۹	۰،۸۶
۱۰	Thujone	۶،۸۱	۳،۰۴	۲۵	Epiglobulol	۱۳،۶۸	۱،۲۰
۱۱	**Borneol**	۷،۱۶	۷،۷۶	۲۶	Methy(z) ۸,۱۱,۱۴ Eicosatrienoate	۱۴،۰۳	۱،۰۵
۱۲	P-menth-۱-en-۸-ol	۷،۳۵	۱،۱۲	۲۷	Humulane-۱,۲-dien-۳-ol	۱۵،۴۱	۱،۱۵
۱۳	**Camphor**	۸،۰۲	۱۷،۵۲	۲۸	Oxaspiro(۲,۵)octane,۵,۵ dimethyl	۱۵،۸۸	۱،۶۸
۱۴	P-cymen	۸،۵۱	۳،۶۵	۲۹	۱-Naphthalene propano	۱۶،۲۳	۱،۲۷
۱۵	P-menth-۱-en-β-ol	۸،۹۷	۳،۳۰				

*RT: retention time

۲-۳- شناسایی ترکیبات فنولی عصاره گل ریواس

ترکیب فلاونوئیدها و اسیدهای فنولیک در عصاره گل ریواس در جدول ۲ نشان داده شده است. همان‌طور که در این جدول مشخص است، m-Coumaric acid (۴۸/۲۲ mg/g)، Luteolin (۳۸/۰۷ mg/g)، gallic acid (۲۶/۲۵ mg/g)، Quercetin (۲۲/۵۰ mg/g)، Chlorogenic acid (۲۱/۴۲ mg/g)، Kaempferol (۱۶/۵۰ mg/g)، Caffeic acid (۱۴/۹۵ mg/g)، Rutin (۱۳،۹۹ mg/g) و Quercitrin (۹،۶۸ mg/g) به ترتیب ترکیبات فنولی شناسایی شده در عصاره گل ریواس به دست آمده توسط روش SCO_2-EOH بودند.Keser و همکاران (۲۰۲۰) نیز Caffeic acid (۳۰۲،۴۵ mg/g)، ferulic acid (۲۶۹،۲۵ mg/g)، catechin (۲۴،۸۵ mg/g) و rutin (۱۵،۹۰ mg/g) به‌عنوان ترکیبات فنولی اصلی عصاره اتانولی ساقه ریواس معرفی کردند (۳۱). ترکیبات فنولی همچون Emodin، aloe-emodin، physcion، chrysophanol، rhein، chlorogenic acid، rutin، gallic acid، tannic acid و kaempferol نیز برای عصاره آبی و اتانولی ریشه ریواس گزارش شده است (۱). دی‌اکسیدکربن حلالی غیرقطبی است، اگرچه قطبیت آن با افزودن مقداری اتانول بهبود یافته است، اما سطح و تنوع بالاتر ترکیبات

فنولی گزارش شده در عصاره آبی و الکلی ریواس بیش از مقدار گزارش شده در پژوهش حاضر است که می‌تواند به ماهیت قطبی ترکیبات فنولی و تمایل بیشتر به حلال‌های قطبی مرتبط باشد. بنابراین نوع حلال و روش استخراج نیز بر ترکیبات عصاره گیاهی مؤثر است (۲۸).

جدول ۲. ترکیبات فنولی عصاره گل ریواس استخراج شده به کمک حلال فوق بحرانی دی‌اکسیدکربن و کمک حلال اتانول

ردیف	ترکیب شیمیایی	زمان نگهداری (دقیقه)	غلظت (mg/g)
۱	Gallic acid	۳،۴۴	۲۶،۲۵
۲	Rutin	۷،۲۱	۱۳،۹۹
۳	Quercitrin	۹،۶۷	۹،۶۸
۴	**m-Coumaric acid**	۱۰،۱۸	۴۸،۲۲
۵	Quercetin	۱۳،۷۱	۲۲،۵۰
۶	Caffeic acid	۱۴،۲۲	۱۴،۵
۷	Luteolin	۱۴،۴۵	۳۸،۰۷
۸	Chlorogenic acid	۱۵،۲۲	۲۱،۴۲
۹	Kaempferol	۱۸،۱۱	۱۶،۵۰

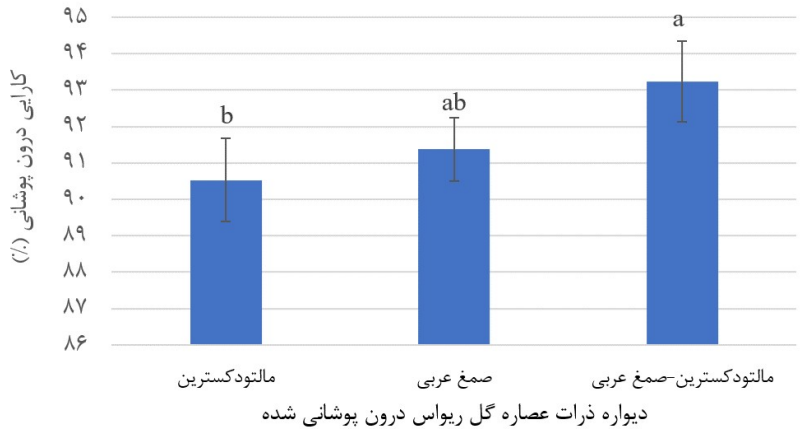
۳-۳- مقدار ترکیبات فنولی کل در عصاره گل ریواس

مقدار ترکیبات فنولی عصاره گل ریواس ۱۳،۵۹ ± ۳۰۶،۱۹ mg GAE/g بود. پیش‌تر نیز گزارش شده است که قسمت‌های گلدار گیاه ریواس دارای غلظت بالایی از فنول‌ها، فلاونوئیدها، ترپنوئیدها و گلیکوزیدها هستند (۳۰، ۳۶). مقدار به دست آمده برای ترکیبات فنولی کل در عصاره ریواس حاصل از روشSCO_2-EOH کمتر از چیزی است که برای عصاره آبی و الکلی *R. ribes* گزارش شده است که به دلیل ماهیت قطبی ترکیبات فنولی است که تمایل بیش‌تری به حلال‌های قطبی نشان می‌دهند (۲، ۳۱).

۴-۳- کارایی درون‌پوشانی میکروذرات عصاره گل ریواس

میزان کارایی درون‌پوشانی ریز ذرات عصاره گل ریواس در شکل ۱ مشخص است که دامنه آن از ۹۰،۵۳ درصد برای ذرات درون‌پوشانی شده با مالتودکسترین تا ۹۳،۲۳ درصد برای ذرات با دیواره مالتودکسترین–صمغ عربی متغیر است ($P < ۰،۰۵$). مقدار کارایی درون‌پوشانی ذرات با دیواره صمغ عربی نیز ۹۱،۳۷ درصد بود که تفاوت آن با دو نمونه دیگر در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود. Laureanti و همکاران (۲۰۲۳) نیز گزارش کردند که دیواره GA+MD بیش‌ترین کارایی را نسبت به صمغ عربی و مالتودکسترین برای درون‌پوشانی عصاره فلفل صورتی داشت (۳۷). Esmaeili و همکاران (۲۰۲۲) نیز کارایی صمغ عربی را برای درون پوشانی عصاره *Arctium lappa* بیش‌تر از مالتودکسترین عنوان کردند. این متخصصین عملکرد بالاتر صمغ عربی نسبت به

مالتودکسترین را ناشی از ساختار انشعابی و خواص امولسیون‌کنندگی خوب صمغ عربی عنوان کردند. ضمن این‌که وجود مقدار کمی پروتئین در ساختار صمغ عربی باعث شده تا این پروتئین‌ها با زنجیره‌های کربوهیدراتی پیوندهای کووالانسی برقرار کند و ترکیبات فنولی را به دام بیندازند. ضعف نسبی مالتودکسترین نیز به توانایی امولسیون کنندگی و ظرفیت تشکیل فیلم کمتر آن نسبت به صمغ عربی نسبت داده شده است(۱۳). در مجموع، تفاوت بین کارایی درون‌پوشانی نمونه‌های مختلف به دلیل برهمکنش‌های متفاوت بین ترکیبات فنولی (هسته) و مواد تشکیل‌دهنده دیواره باشد. همچنین شرایط محیط به ویژه pH نیز بر کارایی درون‌پوشانی مؤثر است (به ویژه pH) است (۴، ۱۱).



شکل ۱. تاثیر جنس دیواره بر کارایی درون‌پوشانی شده عصاره گل ریواس؛ حروف متفاوت نمایش داده شده روی ستون‌ها نشانگر وجود تفاوت معنی‌دار بین تیمارها در سطح ۵ درصد است.

۳-۵- میزان رطوبت کیک روغنی

از دست رفتن رطوبت و بیاتی محصولات نانوایی یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش پذیرش محصول توسط مصرف‌کننده است (۴۵). مقدار این شاخص مطابق استاندارد ۲۵۵۳ حداکثر ۲۲ درصد تعریف شده است (۲۰). همچنین کیک روغنی با رطوبت زیر ۱۵ درصد خشک به نظر می‌آید و از نظر مصرف‌کننده ویژگی‌های کیک تازه و مطلوب را ندارد (۴۵) همان‌طور که شکل ۲-الف نشان می‌دهد، طی نگهداری رطوبت تمام نمونه‌ها در بازه‌ی ۱۵ تا ۲۲ درصد بود. عموما تفاوت معنی‌داری بین رطوبت نمونه‌های مختلف دیده نشد. تفاوت اندک میان رطوبت نمونه‌ها در روز اول نگهداری می‌تواند مربوط به قوام‌های مختلف خمیر باشد (۴۵). با گذشت زمان تا روز ۱۴ نگهداری میزان رطوبت در تمام نمونه‌ها روند کاهشی داشت و بعد از آن مقدار رطوبت نمونه‌ها ثابت بود. در مجموع میزان کاهش رطوبت در نمونه‌ی شاهد بیش از نمونه‌های حاوی میکروذرات عصاره گل ریواس بود هر چند این تفاوت در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود. رطوبت بالاتر نمونه‌های حاوی عصاره درون‌پوشانی شده را می‌توان به ماهیت آب‌دوست مالتودکسترین و صمغ عربی نسبت داد که به راحتی به مولکول های آب متصل می‌شود و موجب حفظ بهتر رطوبت می‌شود (۴۰)،

اما از آن‌جایی که میزان استفاده از عصاره درون‌پوشانی در کیک کم بود، تفاوت رطوبت بین کیک‌ها معنی‌دار نبود. همچنین نشان داده شده است که این گروه‌های آب‌دوست در GA بیش‌تر از مشتقات نشاسته (مانند مالتودکسترین) است (۳۷، ۳۹). رطوبت کیک حاوی عصاره گل ریواس نیز بیش‌تر از نمونه شاهد بود، اگرچه این تفاوت در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود. اثر عصاره ریواس در حفظ رطوبت کیک را می‌توان به اثر امولسیفایری عصاره‌ها و اسانس‌های گیاهی نسبت داد (۷، ۳۳). در روز ۲۸ نگهداری سطح نمونه‌های شاهد خیس بود و روی نمونه‌ها آثار کپک قابل مشاهده بود و بیش‌ترین رطوبت نیز بر خلاف سایر بازه‌های زمانی، مربوط به نمونه‌ی شاهد بود. این امر می‌تواند مرتبط با تغییرات شیمیایی در کیک، ناشی از فساد میکروبی و شیمیایی باشد (۴۵).

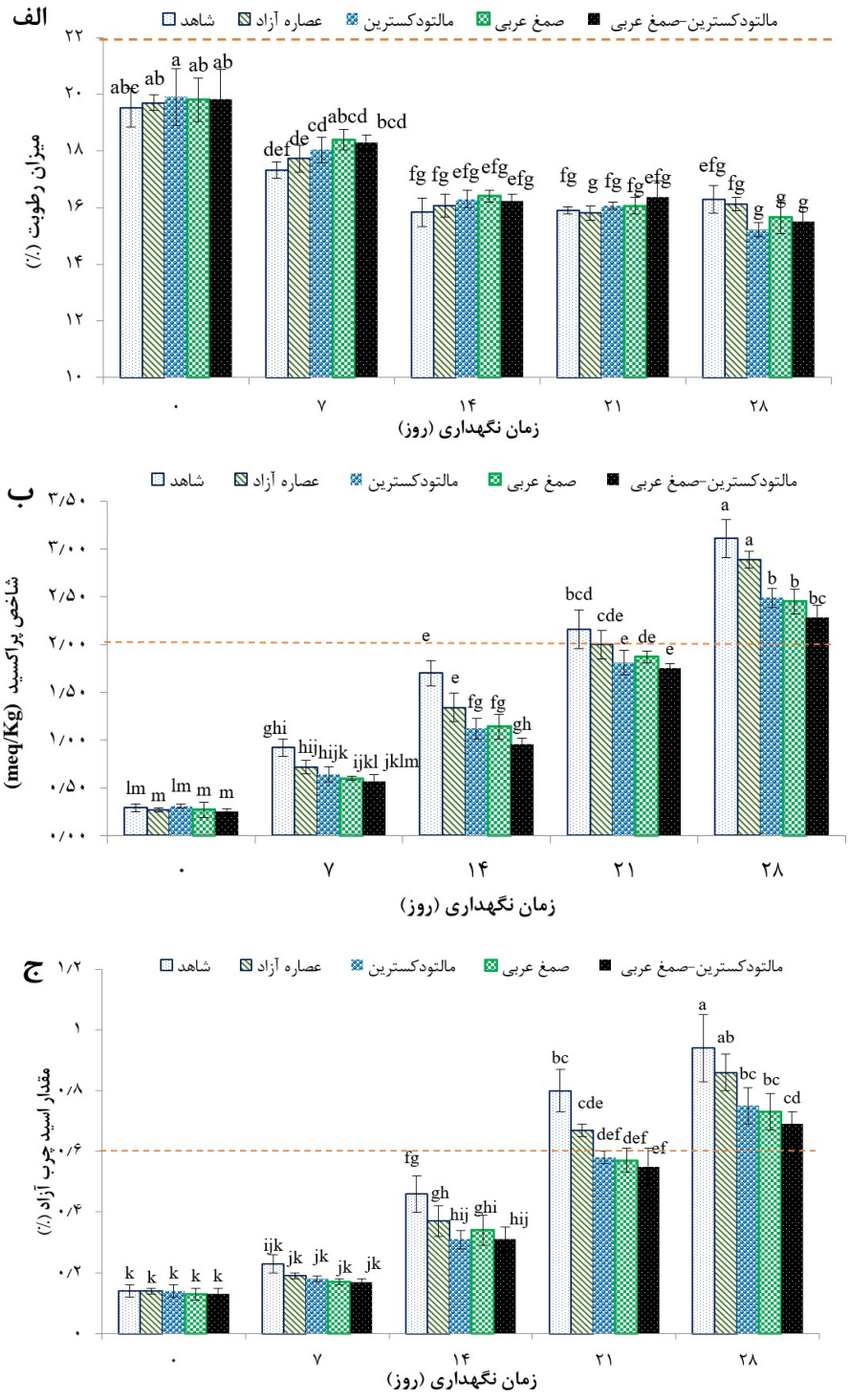
۶-۳- شاخص پراکسید کیک روغنی

مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۲۵۵۳ مهم‌ترین شاخص‌های فساد شیمیایی در کیک، میزان عدد پراکسید و اسیدچرب آزاد (FFA) هستند. شاخص پراکسید با شناسایی میزان هیدروکسیدها در محصول به عنوان معیار مناسبی برای تشخیص مراحل اولیه فرایند اکسایش در محصولات غذایی شناخته می‌شود و مقدار قابل قبول آن ۲ meq/kg oil در نظر گرفته شده است (۲۰). شکل ۲-ب، تغییرات این شاخص طی ۲۸ روز نگهداری در دمای محیط نشان می‌دهد. در روز اول نگهداری مقدار شاخص پراکسید نمونه‌ها حدود ۳۰ m eq/kg، بود. در روز ۷ نگهداری نیز تنها تفاوت بین نمونه شاهد و نمونه GA+MD در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. در روز ۱۴، تفاوت بین نمونه‌ها مشخص‌تر شد. به طوری که تفاوت بین نمونه‌های تیمار شده با عصاره درون‌پوشانی شده و نمونه شاهد در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. در روز ۲۱ نگهداری نیز در حالی که نمونه شاهد از حد قابل قبول عبور کرد (meq/kg ۲) سایر نمونه‌ها در محدوده استاندارد قرار داشتند. مقایسه نمونه‌های مختلف نیز نشان داد، طی دوران نگهداری، کم‌ترین مقدار شاخص پراکسید در نمونه‌های حاوی عصاره درون‌پوشانی شده در ترکیب مالتودکسترین-صمغ عربی مشاهده شد، با این حال تفاوت معنی‌داری بین کیک‌های حاوی عصاره ریواس درون‌پوشانی‌شده مشاهده نشد. در این راستا Mahmoodi و همکاران (۲۰۲۱) نیز عصاره کوله خاس را (قبل و بعد از درون‌پوشانی) را در کنترل فساد اکسایشی کیک روغنی مؤثر دانستند (۴۰). عصاره گل ریواس استخراج شده به کمک حلال فوق بحرانی اصلاح شده توسط اتانول حاوی ترکیبات زیست فعال متعددی چون ترپنوئیدها، ترکیبات فنولی، فلاونوئیدها و غیره هستند که اثرات آنتی‌اکسیدانی آن‌ها در پژوهش‌های مختلف مورد اشاره بوده است (۳۰، ۳۶). ترکیبات ضداکسایشی از طریق اهدای هیدروژن یا الکترون آزاد، شلاته کردن یون‌های فلز و فرونشاندن اکسیژن یگانه، فساد اکسایشی در محصولات روغنی را به تأخیر بیاندازند (۶، ۴۰). اگر چه مقدار شاخص پراکسید در نمونه‌ی حاوی عصاره آزاد ریواس کم‌تر از نمونه‌ی شاهد بود اما تفاوت این دو نمونه در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود. مقدار بیش‌تر شاخص پراکسید در کیک‌های حاوی عصاره آزاد ریواس نسبت به نمونه‌های پوشش داده شده را می‌توان به فراریت بالای عصاره آزاد در

دمای فر نسبت داد. پیش‌تر نیز Kringel و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کرد که حدود ۴۰ درصد از اسانس آزاد پرتقال بعد از تیمار حرارتی در دمای ۱۸۰ درجه‌ی سانتی‌گراد به دلیل فراریت بالای اسانس از بین می‌رود. این رفتار نشان می‌دهد که ترکیبات شیمیایی اسانس در معرض دماهای بالا ناپایدار هستند و تبخیر می‌شوند (۳۵). دیواره مالتودکسترین و/یا صمغ عربی با حفاظت از عصاره ریواس، پایداری آن را در برابر دمای پخت و استرس‌های محیطی طی دوران نگهداری افزایش می‌دهد.

۷-۳- مقدار اسید چرب آزاد کیک روغنی

اندیس اسیدی، محتوای اسیدهای چرب آزاد را به عنوان شاخصی از لیپولیز نشان می‌دهد. وجود اسیدهای چرب آزاد در کیک نشان از پیشرفت اکسایش در نمونه دارد و موجب تغییرات نامطلوب در طعم و بوی محصول می‌شود. مقدار قابل قبول برای این شاخص نیز در استاندارد ملی ایران به شماره ۲۵۵۳ حداکثر ۰/۶ درصد است. تغییرات میزان اسید چرب آزاد در نمونه‌های مختلف طی ۲۸ روز نگهداری در دمای محیط در شکل ۲-ج نمایش داده شده است. تا روز ۷ نگهداری تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌ها دیده نشد، ضمن اینکه تغییرات این شاخص طی ۷ روز نگهداری نیز معنی‌دار نبود. در نمونه‌های تیمار شده نیز تا روز ۱۴ نگهداری روند افزایش این شاخص بسیار کند بود و تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌های تیمار شده مشاهده نمی‌شود. اما در این روز تفاوت بین نمونه شاهد با نمونه‌های تیمار شده در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. در این روز تفاوت بین نمونه شاهد با نمونه حاوی عصاره آزاد و عصاره درون‌پوشانی شده در صمغ عربی معنی‌دار نبود. در روز ۲۱ نگهداری اگرچه تفاوت بین نمونه حاوی عصاره آزاد با نمونه‌های حاوی عصاره درون‌پوشانی‌شده در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود اما مقدار اسید چرب آزاد در نمونه حاوی عصاره آزاد بیش از حد قابل قبول بود. در روز ۲۸ نگهداری، در حالی که مقدار اسید چرب آزاد در نمونه شاهد به حدود ۱ درصد رسید، مقدار اسید چرب آزاد در نمونه‌ی حاوی عصاره درون‌پوشانی شده با صمغ عربی- مالتودکسترین حدود ۰/۷ بود. اگرچه تفاوت بین این دو نمونه در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود، اما میزان اسید چرب آزاد در تمام نمونه‌ها بیش از حد استاندارد بود. در مجموع عصاره گل ریواس درون‌پوشانی شده به طوری معنی‌داری توانسته است روند افزایش عدد اسیدی را کنترل کند. اگرچه در تمام بازه‌های زمانی مقدار عدد اسیدی در نمونه حاوی عصاره آزاد کم‌تر از نمونه شاهد بود اما این تفاوت در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود. اثر ضداکسایشی عصاره مانع هیدرولیز چربی‌ها و افزایش اسیدهای چرب آزاد می‌شود. همچنین فرایند درون‌پوشانی موجب حفظ فعالیت زیستی عصاره گل ریواس حین تهیه کیک و در دوران نگهداری شده است (۴۹، ۵۰).



شکل ۲. تأثیر عصاره‌ی گل ریواس آزاد و درون‌پوشانی شده (در صمغ عربی و/یا مالتودکسترین) بر الف) میزان رطوبت (٪)؛ ب) شاخص پراکسید (meq/kg) و ج) مقدار اسید چرب آزاد (٪) کیک روغنی؛ حروف متفاوت تفاوت معنی‌دار بین نمونه‌ها را نشان می‌دهد ($P < ۰/۰۵$). خط چین، نشان‌دهنده‌ی آستانه‌ی پذیریش این پارامتر است.

۸-۳- کیفیت میکروبی کیک روغنی

مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۲۳۹۵، حداکثر قابل قبول برای هر یک از میکروارگانیسم‌های کپک، مخمر، *Enterobacteriaceae* مقدار Log CFU/g ۲ در نظر گرفته شده است. همچنین در محیط کشت نباید *Escherichia coli* و *Staphylococcus aureus* کوآگولاز مثبت مشاهده شود (۲۲). بررسی کیفیت میکروبی کیک‌ها بعد از پخت نشان داد که همه نمونه‌ها در محدوده استاندارد قرار داشتند که نشان دهنده کیفیت مطلوب مواد اولیه و فرایند صحیح و بهداشتی تهیه و پخت کیک‌ها بود (۳۸). نتایج بررسی کیفیت میکروبی نمونه‌ها طی ۲۸ روز نگهداری در دمای محیط نشان داد که در هیچ یک از نمونه‌ها وجود *Enterobacteriaceae* ، *S. aureus* و *E. coli* تأیید نشد (جدول ۳).

در روز اول نگهداری هیچ کلونی کپک و مخمری در محیط کشت مشاهده نشد که می‌تواند ناشی از حساسیت این میکروارگانیسم‌ها به فرایند پخت و دمای بالا باشد (۴۰). در روز ۷ نگهداری میزان مخمر و قارچ برابر در نمونه‌ی شاهد به (Log CFU/g ۰/۰۶ ± ۱/۲۱) رسید در حالی که در نمونه‌های تیمار شده میزان کلونی کپک و مخمر کم‌تر از Log CFU/g ۱ بود. از آن‌جایی که نمونه‌های کیک در محیط کاملا استریل نبودند، وجود کپک و مخمر طی دوران نگهداری ناشی از آلودگی ثانویه است.

جدول ۳. تأثیر عصاره‌ی آزاد و درون‌پوشانی شده (در صمغ عربی و/یا مالتودکسترین) گل ریواس بر میزان کپک و مخمر (Log CFU/g) کیک روغنی طی ۲۸ روز نگهداری در دمای محیط

تیمار	زمان نگهداری (روز)				
	صفر	۷	۱۴	۲۱	۲۸
شاهد	Nd	۱٫۲۱ ± ۰٫۲۷^{e}	۲٫۳۲ ± ۰٫۳۸^{cd}	S	S
عصاره آزاد	Nd	< ۱	۱٫۶۸ ± ۰٫۲۲^{de}	۳٫۹۶ ± ۰٫۳۹^{ab}	S
عصاره– MD	Nd	< ۱	۱٫۳۹ ± ۰٫۱۸^{de}	۳٫۱۶ ± ۰٫۲۰^{bc}	۵٫۰۱ ± ۰.۶۲^{a}
عصاره –GA	Nd	< ۱	۱٫۴۴ ± ۰٫۲۹^{de}	۳٫۰۴ ± ۰٫۱۴^{bc}	۴٫۵۷ ± ۱.۱۳^{a}
عصاره– MD+GA	Nd	< ۱	۱٫۳۶ ± ۰٫۲۲^{de}	۲٫۸۹ ± ۰٫۱۸^{bc}	۴٫۳۱ ± ۰.۷۹^{a}

حروف متفاوت بیانگر تفاوت معنی‌دار بین نمونه‌هاست ($P < ۰/۰۵$)؛ Nd: عدم وجود کلونی در محیط کشت؛ S: ظهور علایم آشکار کپک در نمونه

در روز ۱۴ نگهداری، اگرچه بین نمونه‌های مختلف تفاوت معنی‌داری دیده نشد اما میزان کپک و مخمر در نمونه حاوی عصاره کم‌تر از نمونه شاهد بود و مقدار کپک و مخمر در نمونه حاوی عصاره درون‌پوشانی شده با صمغ عربی–مالتودکسترین حدود Log CFU/g ۱ کم‌تر از نمونه شاهد بود. در روز ۲۱ نگهداری کلونی‌های کپک و مخمر به وضوح روی کیک‌ها قابل مشاهده بود در حالی که سایر نمونه‌ها میزان کپک و مخمر در محدوده استاندارد بود. اگرچه تفاوت بین میزان بار میکروبی در نمونه حاوی عصاره و نمونه درون‌پوشانی شده در صمغ عربی– مالتودکسترین بیش از Log CFU/g ۱ بود اما در اینجا نیز تفاوت بین نمونه‌ها از نظر آماری معنی‌دار نبود ($P > ۰.۰۵$). در پایان روز نگهداری مقدار کپک و مخمر هیچ یک از نمونه‌ها در محدوده استاندارد نبود. با

این حال در نمونه‌های حاوی عصاره درون‌پوشانی شده هیچ کلونی با چشم غیر مسلح قابل مشاهده نبود. پیش‌تر به فعالیت ضد قارچی عصاره اتانولی ساقه‌های ریواس اشاره شده است (۵۳). عصاره (آزاد یا درون‌پوشانی شده) ممکن است به سطح سلول میکروبی بچسبد و غشای سلولی را مختل کند. پس از نفوذ عصاره به درون سلول این ترکیبات با DNA، پروتئین‌ها و ترکیبات سلولی حاوی گوگرد برهمکنش داده و از تکثیر سلول‌های قارچی جلوگیری می‌کنند (۸).

۹-۳- ارزیابی شاخص‌های حسی

اگر افزودن یک ترکیب زیست فعال تأثیر منفی و غیر قابل قبول روی ویژگی‌های حسی ماده غذایی داشته باشد، استفاده از آن عملی نخواهد شد. بنابراین برآورد مقبولیت یک محصول از نظر مصرف‌کنندگان از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است (۵۲). نتایج جدول ۴ نشان داد، در روز اول نگهداری افزودن عصاره به شکل آزاد یا درون‌پوشانی‌شده تأثیر معنی‌داری بر ویژگی‌های حسی کیک روغنی نداشته است.

با گذشت زمان به دلیل کنترل فساد در محصول، نمونه‌های حاوی عصاره درون‌پوشانی شده امتیاز حسی بیش‌تری را کسب کردند و به مدت طولانی‌تری برای مصرف‌کننده قابل قبول (امتیاز بالای ۳) بودند. همچنین وجود طعم بسیار ملایم ریواس در نمونه‌های حاوی عصاره درون‌پوشانی شده باعث شد تا امتیاز نمونه‌های حاوی این عصاره بیش‌تر از نمونه‌ی شاهد باشد. گزارش شده است که درون‌پوشانی عصاره‌های می‌تواند طعم قوی اسانس‌ها و عصاره‌های گیاهی را تا حدودی تعدیل کرده و بپوشاند (۵۰). ضمن این‌که وجود برخی عصاره‌ها در فرمول کیک و شیرینی می‌تواند بر طعم اثر مثبت داشته باشد و برخی دیگر اثر منفی. برای مثال افزودن عصاره‌ی پوست پرتغال در کیک فنجانی یا افزودن عصاره کوله‌خاس به کیک روغنی باعث بهبود عطر و طعم محصول تولیدی شد (۳۵، ۴۰) در حالی عصاره میخک در کیک سیب اثر منفی بر طعم داشت (۱۸). تمام نمونه‌ها از نظر ویژگی‌های حسی تا روز ۱۴ نگهداری مورد پذیرش مصرف‌کننده بودند. اما در روز ۲۱ نگهداری آشکار شدن علایم کپک، وجود بوی اکسیدی و بوی ترشیدگی (ناشی از کپک‌ها) و کهنگی در کنار رنگ تیره و کدر، بافت خشک و بیات شده باعث شد که امتیاز کلی کیک نمونه شاهد بد تا بسیار بد (بین ۱ تا ۲) ارزیابی شود. در روز ۲۱ نگهداری تنها می‌توان گفت نمونه حاوی عصاره ریواس درون‌پوشانی شده در مالتودکسترین- صمغ عربی توانست امتیازی کمی بیش‌تر از متوسط (۳) را دریافت کند. این نتایج با یافته‌های بخش‌های قبل در مورد روند فساد میکروبی و شمایی هم‌خوانی داشت. در مجموع عصاره‌ی گل ریواس به دلیل وجود ترکیبات زیست فعال توانسته است اکسایش و فساد میکروبی را به تاخیر انداخته و در حفظ ویژگی‌های کیفی کیک برای مدت طولانی‌تر نقش داشته است.

جدول ۴. تأثیر عصاره‌ی آزاد و درون‌پوشانی شده (در صمغ عربی و/یا مالتودکسترین) گل ریواس بر ویژگی‌های حسی کیک روغنی طی ۲۸ روز نگهداری در دمای محیط

تیمار	زمان نگهداری (روز)			
	صفر	۷	۱۴	۲۱
طعم (بو و مزه)				
شاهد	۴٫۸۰ ± ۰٫۴۲^{ab}	۳٫۹۰ ± ۰٫۳۲^{de}	۳٫۰۰ ± ۰٫۶۷^{fg}	۱٫۰۰ ± ۰٫۰۰^{h}
عصاره آزاد	۵٫۰۰ ± ۰٫۰۰ ^{a}	۴٫۲۰ ± ۰٫۷۹^{bcd}	۳٫۴۰ ± ۰٫۵۲^{ef}	۲٫۳۰ ± ۰٫۴۸^{g}
عصاره– MD	۴٫۹۰ ± ۰٫۳۲ ^{ab}	۴٫۷۰ ± ۰٫۴۸ ^{abc}	۳٫۹۰ ± ۰٫۵۷^{de}	۲٫۹۰ ± ۰٫۳۲^{fg}
عصاره –GA	۴٫۸۰ ± ۰٫۴۲ ^{ab}	۴٫۸۰ ± ۰٫۵۲ ^{ab}	۳٫۸۰ ± ۰٫۶۷^{de}	±۲٫۸۰ ۰٫۳۵^{fg}
عصاره– MD+GA	۵٫۰۰ ± ۰٫۰۰^{a}	۴٫۸۰ ± ۰٫۴۲ ^{ab}	۴٫۰۰ ± ۰٫۴۸^{cde}	±۳٫۰۰ ۰٫۵۲^{fg}
رنگ				
شاهد	۴٫۸۰ ± ۰٫۴۲ ^{ab}	۴٫۲۰ ± ۰٫۷۹ ^{abc}	۳٫۳۰ ± ۰٫۴۸^{def}	۲٫۵۰ ± ۰٫۵۳^{f}
عصاره آزاد	۴٫۸۰ ± ۰٫۴۲ ^{ab}	۴٫۷۰ ± ۰٫۴۸ ^{ab}	۴٫۰۰ ± ۰٫۶۷^{bcd}	۲٫۹۰ ± ۰٫۳۲^{ef}
عصاره– MD	۴٫۹۰ ± ۰٫۳۲ ^{a}	۴٫۷۰ ± ۰٫۴۸ ^{ab}	۴٫۱۰ ± ۰٫۵۷ ^{abcd}	۳٫۱۰ ± ۰٫۵۷^{ef}
عصاره –GA	۴٫۸۰ ± ۰٫۴۲ ^{ab}	۴٫۷۰ ± ۰٫۴۸ ^{ab}	۴٫۲۰ ± ۰٫۳۶ ^{abc}	±۳٫۱۰ ۰٫۳۲^{ef}
عصاره– MD+GA	۴٫۸۰ ± ۰٫۴۲ ^{ab}	۴٫۶۰ ± ۰٫۵۲ ^{ab}	۴٫۲۰ ± ۰٫۴۲ ^{abc}	±۳٫۴۰ ۰٫۵۲^{cde}
بافت				
شاهد	۵٫۰۰ ± ۰٫۰۰^{a}	۳٫۷۰ ± ۰٫۴۸^{def}	۲٫۹۰ ± ۰٫۵۷^{fg}	۱٫۲۰ ± ۰٫۴۲^{h}
عصاره آزاد	۴٫۹۰ ± ۰٫۳۲^{a}	۴٫۳۰ ± ۰٫۴۸^{abcd}	۳٫۲۰ ± ۰٫۴۲^{ef}	۲٫۳۰ ± ۰٫۴۸^{g}
عصاره– MD	۴٫۹۰ ± ۰٫۳۲^{a}	۴٫۵۰ ± ۰٫۵۳^{abcd}	۳٫۹۰ ± ۰٫۵۶^{cde}	±۲٫۹۰ ۰٫۵۶^{f}
عصاره –GA	۴٫۸۰ ± ۰٫۴۲^{ab}	۴٫۶۰ ± ۰٫۵۲^{abc}	۴٫۰۰ ± ۰٫۶۷^{bcde}	±۳٫۰۰ ۰٫۳۵^{f}
عصاره– MD+GA	۴٫۸۰ ± ۰٫۴۲^{ab}	۴٫۶۰ ± ۰٫۷۰^{abc}	۴٫۰۰ ± ۰٫۵۴ ^{bcde}	±۳٫۰۰ ۰٫۴۷^{f}
ظاهر				
شاهد	۵٫۰۰ ± ۰٫۰۰^{a}	۴٫۲۰ ± ۰٫۴۲^{abc}	۳٫۱۰ ± ۰٫۵۷^{de}	۱٫۰۰ ± ۰٫۰۰^{f}
عصاره آزاد	۴٫۶۰ ± ۰٫۵۱^{ab}	۴٫۳۰ ± ۰٫۸۲^{abc}	۳٫۷۰ ± ۰٫۶۸^{cd}	۲٫۴۰ ± ۰٫۵۲^{e}
عصاره– MD	۴٫۹۰ ± ۰٫۳۲^{ab}	۴٫۱۰ ± ۰٫۷۴^{bc}	۴٫۲۰ ± ۰٫۶۳^{abc}	۲٫۷۰ ± ۰٫۴۸^{e}
عصاره –GA	۵٫۰۰ ± ۰٫۰۰^{a}	۴٫۲۰ ± ۰٫۶۳^{abc}	۴٫۳۰ ± ۰٫۶۷^{abc}	±۲٫۸۰ ۰٫۴۲^{e}
عصاره– MD+GA	۴٫۸۰ ± ۰٫۴۲^{ab}	۴٫۳۰ ± ۰٫۸۲^{abc}	۴٫۱۰ ± ۰٫۵۷^{bc}	±۳٫۰۰ ۰٫۰۰^{de}
امتیاز کل				
شاهد	۴٫۹۰ ± ۰٫۱۶^{a}	۳٫۹۳ ± ۰٫۱۹^{c}	۳٫۰۲ ± ۰٫۴۲^{de}	۱٫۲۱ ± ۰٫۱۱^{g}
عصاره آزاد	۴٫۸۷ ± ۰٫۱۳^{a}	۴٫۳۲ ± ۰٫۳۹ ^{bc}	۳٫۴۶ ± ۰٫۳۳^{d}	۲٫۳۵ ± ۰٫۲۹^{f}
عصاره– MD	۴٫۹۰ ± ۰٫۲۱^{a}	۴٫۵۲ ± ۰٫۲۲ ^{ab}	۳٫۹۸ ± ۰٫۳۴^{c}	±۲٫۸۸ ۰٫۳۳^{e}
عصاره –GA	۴٫۸۴ ± ۰٫۱۹^{a}	۴٫۶۱ ± ۰٫۲۷^{ab}	۴٫۰۰ ± ۰٫۳۹^{c}	±۲٫۸۹ ۰٫۳۱^{e}
عصاره– MD+GA	۴٫۸۸ ± ۰٫۲۰^{a}	۴٫۶۲ ± ۰٫۳۴ ^{ab}	۴٫۰۴ ± ۰٫۳۳^{c}	±۳٫۰۴ ۰٫۲۸^{de}

حروف متفاوت بیانگر تفاوت معنی‌دار بین نمونه‌هاست ($P < ۰/۰۵$)

۴- نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که عصاره گل ریواس استخراج شده به حلال فوق بحرانی CO۲ و کمک حلال اتانول غنی از ترکیبات ترپنوئیدی (به ویژه Camphor (۱۷٫۵۲٪)، ۸-Cineol،۱ (۱۰٫۹۱٪) و Borneol (۷٫۷۶٪)) و ترکیبات فنولی (به ویژه m-Coumaric-acid (۴۸٫۲۲ mg/g)،Luteolin (۳۸٫۰۷ mg/g) و gallic-acid (۲۶٫۲۵ mg/g)؛ محتوی ترکیبات فنولی کل: ۳۰۶.۱۹) است. این عصاره به شکل آزاد و درون‌پوشانی شده در مالتودکسترین: صمغ عربی به منظور بهبود ماندگاری کیک روغنی به کار گرفته شد. افزودن عصاره‌ی گل ریواس چه به شکل آزاد و چه درون‌پوشانی شده با کنترل فساد میکروبی و شیمیایی در محصول عمر ماندگاری کیک روغنی را بین ۲ (عصاره آزاد) تا ۷ (عصاره درون‌پوشانی شده به ویژه عصاره درون‌پوشانی شده در مالتودکسترین-صمغ عربی) روز بهبود بخشید. نتایج آنالیز حسی نیز نشان داد که افزودن عصاره هیچ اثر منفی بر کیفیت حسی کیک‌های روغنی نداشته است. بنابراین عصاره ریواس درون‌پوشانی شده در مالتودکسترین-صمغ عربی می‌تواند به عنوان یک نگهدارنده طبیعی مورد پیشنهاد باشد. از آن‌جایی که طعم این عصاره در کیک روغنی مورد پذیرش ارزیاب‌های حسی بود، احتمالا می‌توان از غلظت‌های بالاتر این عصاره به منظور افزایش ماندگاری بیش‌تر کیک بهره بود. بررسی اثر هم‌افزایی چند عصاره به منظور افزایش زمان ماندگاری کیک روغنی پیشنهاد می‌شود.

۵- منابع

۱. Abdulla KK, Taha EM, Rahim SM. Phenolic profile, antioxidant, and antibacterial effects of ethanol and aqueous extracts of Rheum ribes L. roots. *Der Pharmacia Lettre*. ۲۰۱٤;٦(٥):۲۰۱-٥. doi: ۱۰.۱۱٥٥/۲۰۲٤/۹۱٥۱۱۸۰

۲. Amin HDM, Lazim ZS, Nashi TA, editors. Phytochemical Screening of Rheum ribes Root, Leaves and Flowering Stem and Biological Activity of the Root. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science;* ۲۰۲۳: IOP Publishing. doi: ۱۰.۱۰۸۸/۱۷٥٥-۱۳۱٥/۱۱٥۸/٤/۰٤۲۰٦۸

۳. Amiri N, Shafaghat A, Salimi F. Screening of the Essential Oil, Hexane Extract, Chemical Composition, Antioxidant Activity, andAntimicrobial Acitivity of the Flower Rheum ribes L. from Iran. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*. ۲۰۱٥;۱۸(٥):۱۱۰۸-۱٥. doi: ۱۰.۱۰۸۰/۰۹۷۲۰٦۰X.۲۰۱٤.۸۸٤۷٦۳

٤. Araujo CdS, Vimercati WC, Macedo LL, Saraiva SH, Teixeira LJQ, da Costa JMG, et al. Encapsulation of phenolic and antioxidant compounds from spent coffee grounds using spray-drying and freeze-drying and characterization of dried powders. *Journal of Food Science*. ۲۰۲۲;۸۷(۹):٤٠٥٦-٦۷. doi: ۱۰.۱۱۱۱/۱۷٥۰-۳۸٤۱.۱٦۲۸۱

٥. Araus K, Temelli F. Separation of major and minor lipid components using supercritical CO۲ coupled with cross-flow reverse osmosis membrane filtration. *Journal of Membrane Science*. ۲۰۱۸;٥٥۱:۳۳۳-٤۰. doi: ۱۰.۱۰۱٦/j.memsci.۲۰۱۸.۰۱.۰۱٤

٦. Atanassova M, Georgieva S, Ivancheva K. Total phenolic and total flavonoid contents, antioxidant capacity and biological contaminants in medicinal herbs. *Journal of the University of Chemical Technology & Metallurgy*. ۲۰۱۱;٤٦(۱). https://journal.uctm.edu/node/j۲۰۱۱-۱/۱۲_Maria_Atanasova.pdf

٧. Atayi Salehi I, Sardarian A. Formulation of an oily cake using Pumpkin Extract and Characteristics Evaluation Quality of it. *Journal of Food Science and Technolgy Innovovation*. ٢٠١٧;٨(٤):١١١-٢٥. doi: ١٠.١٨٨٠٥/ajdfr.DR-١٣١٠

٨. Auda MM, Shareef HA, Mohammed BL. Green synthesis of Silver Nanoparticles using the extract of Rheum ribes and evaluating their antifungal activity against some of Candida sp. *Tikrit Journal of Pure Science*. ٢٠٢١;٢٦(٢):٥٣-٩. doi: ١٠.١٠٠٢/fsn٣.٤٥٤

٩. Aygün A, Gülbağça F, Nas MS, Alma MH, Çalımlı MH, Ustaoglu B, et al. Biological synthesis of silver nanoparticles using Rheum ribes and evaluation of their anticarcinogenic and antimicrobial potential: A novel approach in phytonanotechnology. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. ٢٠٢٠;١٧٩:١١٣٠١٢. doi: ١٠.١٠١٦/j.jpba.٢٠١٩.١١٣٠١٢

١٠. Barassi CA, Pécora RP, Roldán H, Trucco RE. Total, non-volatile free fatty acids as a freshness index for hake (Merluccius hubbsi) stored in ice. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. ١٩٨٧;٣٨(٤):٣٧٣-٧. doi: ١٠.١٠٠٢/jsfa.٢٧٤٠٣٨٠٤١٠

١١. Ćujić-Nikolić N, Stanisavljević N, Šavikin K, Kalušević A, Nedović V, Samardžić J, et al. Chokeberry polyphenols preservation using spray drying: Effect of encapsulation using maltodextrin and skimmed milk on their recovery following in vitro digestion. *Journal of Microencapsulation*. ٢٠١٩;٣٦(٨):٦٩٣-٧٠٣. doi: ١٠.١٠٨٠/٠٢٦٥٢٠٤٨.٢٠١٩.١٦٦٧٤٤٨

١٢. Do Dat T, Hai ND, Nam NTH, Thanh NM, Huyen NTT, Nam HM, et al. Flavonoid content and antifungal activity of Celastrus hindsii leaf extract obtained by supercritical carbon dioxide using ethanol as co-solvent. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. ٢٠٢٣;٥٢:١٠٢٨٢٤. doi: ١٠.١٠١٦/j.bcab.٢٠٢٣.١٠٢٨٢٤

١٣. Esmaeili F, Hashemiravan M, Eshaghi MR, Gandomi H. Encapsulation of Arctium lappa L. root extracts by spray-drying and freeze-drying using maltodextrin and Gum Arabic as coating agents and it's application in synbiotic orange-carrot juice. *Journal of Food Measurement and Characterization*. ٢٠٢٢:١-١٤. doi: ١٠.١٠٠٧/s١١٦٩٤-٠٢٢-٠١٣٨٥-٣

١٤. Ferrari CC, Marconi Germer SP, Alvim ID, de Aguirre JM. Storage stability of spray-dried blackberry powder produced with maltodextrin or gum arabic. *Drying Technology*. ٢٠١٣;٣١(٤):٤٧٠-٨. doi: ١٠.١٠٨٠/٠٧٣٧٣٩٣٧.٢٠١٢.٧٤٢١٠٣

١٥. Ghosh S, Dutta S, Kumar Ghosh P, Bhattacharjee P, Das S. Design of a polyherbal mix by supercritical carbon dioxide extraction and its encapsulation by spray drying: Phytochemical properties and shelf-life study of the encapsulate. *Journal of Food Process Engineering*. ٢٠١٧;٤٠(٤):e١٢٥٠٥. doi: ١٠.١١١١/jfpe.١٢٥٠٥

١٦. Hasan A, Köroğlu M. Analysis of Essential Oil and Volatile Components of Different Organs of Isgin (Rheum ribes L.) Plant by Ultrasound-Assisted Extraction Method. *International Journal of Chemistry and Technology*.٧(٢):١٥٤-٦٢. doi: ١٠.٣٢٥٧١/ijct.١٣٢٦٥٤٩

١٧. Hiregoudar S, Revanna M, Mamatha H. Physical and Sensory Quality Characteristics of Composite Flour Based Cake with Cinnamon Essential Oil. *Mysore Journal of Agricultural Sciences*. ٢٠٢٣;٥٧(٤). [In persian] dor: ١٠.٢٢٠٣٤/FR.٢٠٢٢.٥٤٠٤١.١٨٥٢

١٨. Ibrahium M, Abd El-Ghany M, Ammar M. Effect of clove essential oil as antioxidant and antimicrobial agent on cake shelf life. *World Journal of Dairy & Food Sciences*. ٢٠١٣;٨(٢):١٤٠-٦. doi: ١٠.٥٨٢٩/idosi.wjdfs.٢٠١٣.٨.٢.٧٦٣٣

١٩. INSO. Biscuit-Specifications and test methods. Tehran/Iran: Iranian National Standardization Organization; ٢٠١٩. p. ٣٩.

٢٠. INSO. Cake – Specifications and test methods. Karaj, Iran: Iranian National Standardization Organization; ٢٠٢١. p. ٤٢.

٢١. INSO. Microbioligy of food and animal feeding stuffs -enumeration of Yeast and mould-Colony count techni in products with water activity Less than or equal to ٠.٦٠. Tehran, Iran: Iranian National Standardization Organization; ٢٠١٣. p. ١٢.

٢٢. INSO. Microbiology of pastry and confectionery products- specifications and test methods. Karaj, Iran: Iranian National Standardization Organization; ٢٠١٩.

٢٣. INSO. Microbiology of the food chain-Horizontal method for the detectionand enumeration of Enterobacteriaceae. Part ١: Detection of Enterobacteriaceae. Tehran, Iran: Iranian National Standardization Organization; ٢٠١٨. p. ٣٣.

٢٤. INSO. Microbiology of the food chain- Horizontal method for the detectionand enumeration of Enterobacteriaceae. Part ٢: Colony-count technique. Tehran, Iran: Iranian National Standardization Organization; ٢٠١٨. p. ٣١.
٢٥. ISIRI. Cereal and cereal products-Determination of moisture content Reference method. Karaj/ Iran: Institute of Standards and Industrial Research of Iran; ٢٠١١. p. ٢٧.
٢٦. ISIRI. Microbiology of food and animal feeding stuffs -Detection and enumeration of presumptive Escherichia coli -Most probable number technique. Tehran, Iran: Institute of Standards and Industrial Research of Iran; ٢٠٠٦. p. ٣٠.
٢٧. ISIRI. Microbiology of food and animal feeding stuffs-Horizontal method for the enumeration of positive Staphylococci –coagulase (Staphylococcus aureus and other species). Part ٣ :Detection and MPN technique for low numbers. Tehran, Iran: Institute of Standards and Industrial Research of Iran; ٢٠٠٧. p. ٢٧.
٢٨. Kasapoğlu KN, Kruger J, Barla-Demirkoz A, Gültekin-Özgüven M, Frank J, Özçelik B. Optimization of Supercritical Carbon Dioxide Extraction of Polyphenols from Black Rosehip and Their Bioaccessibility Using an In Vitro Digestion/Caco-٢ Cell Model. *Foods*. ٢٠٢٣;١٢(٤):٧٨١. doi: ١٠.٣٣٩٠/foods١٢٠٤٠٧٨١
٢٩. Kaur S, Ubeyitogullari A. Extraction of phenolic compounds from rice husk via ethanol-water-modified supercritical carbon dioxide. *Heliyon*. ٢٠٢٣;٩(٣). doi: ١٠.١٠١٦/j.heliyon.٢٠٢٣.e١٤١٩٦
٣٠. Kaya F, Solmaz R, Geçibesler İH. The use of methanol extract of Rheum Ribes (Işgın) flower as a natural and promising corrosion inhibitor for mild steel protection in ١ M HCl solution. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. ٢٠٢٣;١٢٢:١٠٢-١٧. https://doi.org/١٠.١٠١٦/j.jiec.٢٠٢٣.٠٢.٠١٣
٣١. Keser S, Keser F, Karatepe M, Kaygili O, Tekin S, Turkoglu I, et al. Bioactive contents, in vitro antiradical, antimicrobial and cytotoxic properties of rhubarb (Rheum ribes L.) extracts. *Natural Product Research*. ٢٠٢٠;٣٤(٢٣):٣٣٥٣-٧. doi: ١٠.١٠٨٠/١٤٧٨٦٤١٩.٢٠١٨.١٥٦٠٢٩٤
٣٢. Khaki M, Sahari M, Barzegar M. Evaluation of antioxidant and antimicrobial effects of chamomile (Matricaria chamomilla L.) essential oil on cake shelf life. *Journal of Medicinal Plants* ٢٠١٢;٣(٤٣):٩-١٨. http://jmp.ir/article-١-١٣٨-fa.html
٣٣. Khaki M, Sahari M, Barzegar M. Evaluation of antioxidant and antimicrobial effects of chamomile (Matricaria chamomilla L.) essential oil on cake shelf life. *Journal of Medicinal Plants*. ٢٠١٢;١١(٤٣): ٩-١٨. Dor: http://jmp.ir/article-١-١٣٨-fa.html
٣٤. Khoshnoudi-Nia S, Forghani Z, Jafari SM. A systematic review and meta-analysis of fish oil encapsulation within different micro/nanocarriers. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. ٢٠٢٠:١-٢٢. doi: ١٠.١٠٨٠/١٠٤٠٨٣٩٨.٢٠٢٠.١٨٤٨٧٩٣
٣٥. Kringel DH, da Silva WMF, Biduski B, Waller SB, Lim LT, Dias ARG, et al. Free and encapsulated orange essential oil into a β-cyclodextrin inclusion complex and zein to delay fungal spoilage in cakes. *Journal of Food Processing and Preservation*. ٢٠٢٠;٤٤(٥):e١٤٤١١. doi: ١٠.١١١١/jfpp.١٤٤١١
٣٦. Kumar S, Mishra A, Pandey AK. Antioxidant mediated protective effect of Parthenium hysterophorus against oxidative damage using in vitro models. *BMC Complementary and Alternative Medicine*. ٢٠١٣;١٣:١-٩. doi: ١٠.١١٨٦/١٤٧٢-٦٨٨٢-١٣-١٢٠
٣٧. Laureanti EJG, Paiva TS, de Matos Jorge LM, Jorge RMM. Microencapsulation of bioactive compound extracts using maltodextrin and gum arabic by spray and freeze-drying techniques. *International Journal of Biological Macromolecules*. ٢٠٢٣; ٢٥٣:١٢٦٩٦٩. doi: ١٠.١٠١٦/j.ijbiomac.٢٠٢٣.١٢٦٩٦٩
٣٨. Łopusiewicz Ł, Kowalczewski PŁ, Baranowska HM, Masewicz Ł, Amarowicz R, Krupa-Kozak U. Effect of Flaxseed Oil Cake Extract on the Microbial Quality, Texture and Shelf Life of Gluten-Free Bread. *Foods*. ٢٠٢٣;١٢(٣):٥٩٥. doi: ١٠.٣٣٩٠/foods١٢٠٣٠٥٩٥
٣٩. Mahdavi SA, Jafari SM, Assadpoor E, Dehnad D. Microencapsulation optimization of natural anthocyanins with maltodextrin, gum Arabic and gelatin. *International Journal of Biological Macromolecules*. ٢٠١٦;٨٥:٣٧٩-٨٥. doi: ١٠.١٠١٦/j.ijbiomac.٢٠١٦.٠١.٠١١
٤٠. Mahmoudi L, Tavakolipour H, Roozbehnasiraii L, Kalbasi-Ashtari A. Encapsulated extract of Butcher's broom (Ruscus hyrcanus L) leaves for improving shelf-life of oily cake. *Innovative Food Technologies*. ٢٠٢١;٨(٣):٣٦٥-٨٢. [In persian]. DOR: ١٠.٢٢١٠٤/JIFT.٢٠٢١.٤٥٩٥.٢٠٢٠

٤١. Nguyen Q-D, Dang T-T, Nguyen T-V-L, Nguyen T-T-D, Nguyen N-N. Microencapsulation of roselle (Hibiscus sabdariffa L.) anthocyanins: Effects of different carriers on selected physicochemical properties and antioxidant activities of spray-dried and freeze-dried powder. *International Journal of Food Properties.* ٢٠٢٢;٢٥(١):٣٥٩-٧٤. doi: ١٠.١٠٨٠/١٠٩٤٢٩١٢.٢٠٢٢.٢٠٤٤٨٤٦

٤٢. Papillo VA, Locatelli M, Travaglia F, Bordiga M, Garino C, Arlorio M, et al. Spray-dried polyphenolic extract from Italian black rice (Oryza sativa L., var. Artemide) as new ingredient for bakery products. *Food Chemistry*. ٢٠١٨;٢٦٩:٦٠٣-٩. doi: ١٠.١٠١٦/j.foodchem.٢٠١٨.٠٧.٠٥٩

٤٣. Ragasa CY, Bacar JNB, Querido MMR, Tan MCS, Oyong GG, Brkljača R, et al. Chemical constituents of *Rheum ribes* L. International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research. ٢٠١٧;٩(١):٦٥-٩. http://ijppr.com/volume٩issue١/

٤٤. Rios RV, Garzón R, Lannes SC, Rosell CM. Use of succinyl chitosan as fat replacer on cake formulations. *LWT*. ٢٠١٨;٩٦:٢٦٠-٥. doi: ١٠.١٠١٦/j.lwt.٢٠١٨.٠٥.٠٤١

٤٥. Sabet Ghadam M, Saeedi Asl MR, Sharifi A, Pedram Nia A, Armin M. Effect of Apple Pomace Powder Addition on the Physicochemical Properties of Oily Cakes and Ranking Samples by Delphi Fuzzy Approach. *Journal of Food Quality*. ٢٠٢٣;٢٠٢٣. doi: ١٠.١١٥٥/٢٠٢٣/٨١١١٢٣٣

٤٦. Salehi P, Sonboli A, Allahyari L. Antibacterial and antioxidant properties of the essential oil and various extracts of Nepeta ispahanica from Iran. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*. ٢٠٠٧;١٠(٤):٣٢٤-٣١. doi: ١٠.١٠٨٠/٠٩٧٢٠٦٠X.٢٠٠٧.١٠٦٤٣٥٦٣

٤٧. Samborska K, Boostani S, Geranpour M, Hosseini H, Dima C, Khoshnoudi-Nia S, et al. Green biopolymers from by-products as wall materials for spray drying microencapsulation of phytochemicals. *Trends in Food Science & Technology*. ٢٠٢١;١٠٨:٢٩٧-٣٢٥. doi: ١٠.١٠١٦/j.tifs.٢٠٢١.٠١.٠٠٨

٤٨. Senanayake CM, Hapugaswatta H, Jayathilaka N, Seneviratne KN. 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. *Journal of Food Biochemistry*. ٢٠١٨;٤٢(٦):e١٢٦٣٢. doi: ١٠.١١١١/jfbc.١٢٦٣٢

٤٩. Shahi MN, Rad AE, Shahi NN, Amin MB. Study of antioxidant activity and free radical scavenging power of Rheum Ribes flower extract. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*. ٢٠١٦;٨(٣):١١٦٤-٧٤. doi: ١٠.٤٣١٤/jfas.v٨i٣s.٣٨

٥٠. Sharif N, Khoshnoudi-Nia S, Jafari SM. Nano/microencapsulation of anthocyanins; a systematic review and meta-analysis. *Food Research International*. ٢٠٢٠;١٣٢:١٠٩٠٧٧. doi: ١٠.١٠١٦/j.foodres.٢٠٢٠.١٠٩٠٧٧

٥١. Sharma H, Ahuja A, Sharma B, Kulshreshtha A, Kadam A, Dutt D. Vapor phase antimicrobial active packaging application of chitosan capsules containing clove essential oil for the preservation of dry cakes. *Food and Bioprocess Technology*. ٢٠٢٤;١٧(٣):٧٨٠-٩٠. doi: ١٠.١٠٠٧/s١١٩٤٧-٠٢٣-٠٣١٥١-٩

٥٢. Tahsiri Z, Niakousari M, Khoshnoudi-Nia S, Hosseini SMH. Sensory evaluation of selected formulated milk barberry drinks using the fuzzy approach. *Food Science & Nutrition*. ٢٠١٧; ٥(٣):٧٣٩-٤٩. doi: ١٠.١٠٠٢/fsn٣.٤٥٤

٥٣. Tartik M, Darendelioglu E, Aykutoglu G, Baydas G. The various biological activities of Rheum ribes extract on different types of cell. *Türk Doğa Ve Fen Dergisi*. ٢٠١٥;٤(١). doi: ١٠.١٠١٦/j.phyplu.٢٠٢٢.١٠٠٣٢١

٥٤. Thanganadar D, Asfand F, Patchigolla K. Thermal performance and economic analysis of supercritical Carbon Dioxide cycles in combined cycle power plant. *Applied Energy*. ٢٠١٩;٢٥٥:١١٣٨٣٦. doi: ١٠.١٠١٦/j.apenergy.٢٠١٩.١١٣٨٣٦

٥٥. Tremonte P, Sorrentino E, Succi M, Tipaldi L, Pannella G, Ibanez E, et al. Antimicrobial effect of Malpighia punicifolia and extension of water buffalo steak shelf-life. *Journal of Food Science*. ٢٠١٦;٨١(١):M٩٧-M١٠٥. doi: ١٠.١١١١/١٧٥٠-٣٨٤١.١٣١٤١

٥٦. Turgut T, Bulut G. Qualitative and quantitative phytochemical analysis and in-vitro biological activity of Rheum ribes L. different parts. *İstanbul Journal of Pharmacy*. ٢٠١٩;٤٩(١):٧-١٣. doi: ١٠.٢٦٦٥٠/IstanbulJPharm.٢٠١٩.١٨٠١٢

٥٧. Vasileva I, Denkova R, Chochkov R, Teneva D, Denkova Z, Dessev T, et al. Effect of lavender (Lavandula angustifolia) and melissa (Melissa Officinalis) waste on quality and shelf life of bread. *Food Chemistry*. ٢٠١٨;٢٥٣:١٣-٢١. doi: ١٠.٣٣٩٠/foods١٢٢١٤٠٠٧
٥٨. Woźniak Ł, Marszałek K, Skąpska S, Jędrzejczak R. The application of supercritical carbon dioxide and ethanol for the extraction of phenolic compounds from chokeberry pomace. *Applied Sciences*. ٢٠١٧;٧(٤):٣٢٢. doi: ١٠.٣٣٩٠/app٧٠٤٠٣٢٢

The Effect of Rivas (*Rheum ribes*) Flower Extract Obtained Using Ethanol-Modified Supercritical CO_2 On the Physicochemical, Microbial and Sensory Characteristics of Oily Cake

Seyed-Ali Hoseini[1]; Mohsen Vazifedoost[1*]; Bahareh Hajirostamloo[1]; Zohreh Didar [1], Mohamad-Mahdi Nemat Shahi[2]

[1]Department of Food Science and Technology, Neyshabur Branch, Islamic Azad University, Neyshabur, Iran

[2]Department of Food Science and Engineering, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran

*Corresponding author: m.vazifedoost@iau-neyshabur.ac.ir

Abstract

Oily-cakes are one of the most popular bakery products, but they have a short shelf-life due to their high moisture and fat content. This study aims to explore the potential of Rivas-flower extract (*Rheum ribes*) obtained using CO_2-supercritical and ethanol cosolvent to extend the shelf-life of cakes. The extract's Bioactive-compounds was analyzed using GC-MS and HPLC. The extract was encapsulated in maltodextrin and/or gum-Arabic. The extract effect on the physicochemical, microbial and sensory characteristics of cakes was examined during ۲۸ days storage at room-temperature. The major terpenoids of the extract were camphor (۱۷.۵۲%), ۱,۸-Cineol (۱۰.۹۱%) and Borneol (۷.۷٦%). The crucial phenolics were m-Coumaric-acid (٤۸.۲۲mg/g), Luteolin (۳۸.۰۷mg/g) and gallic-acid (۲٦.۲۵mg/g) with a total-phenol content of ۳۰٦.۱۹mgGAE/g. The encapsulation-efficiency of the extract was ۹۰.۵۳% (maltodextrin)- ۹۳.۲۳% (maltodextrin-gum Arabic) ($P<۰.۰۵$). The moisture-content of the treated cakes was higher than control one ($P>۰.۰۵$). The lowest peroxide-value was for maltodextrin-gum Arabic samples, although the difference between cakes containing encapsulated extract was not significant. At ۲۱st day, the peroxide-value and free-fatty-acid content of the control sample exceeded acceptable-limits, while the other samples remained within the standard-range. No *Enterobacteriaceae*, *S.aureus* or *E.coli* were detected in any sample. Mold-yeast colonies were observed on the control sample by the ۲۱st day, but the others remained within acceptable-limits. Encapsulating Rivas-flower extract in maltodextrin-gum Arabic as a natural preservative can extend the shelf-life of oily-cakes by one week without negatively impacting their sensory properties. Further research is necessary to implement this extract on industrial scales as a natural and cost-effective preservative.

Keywords: Rivas Flower; Encapsulation, CO_2 Supercritical, Oily Cake, Natural Preservative