مقاله کامل علمی-پژوهشی

نشریه فرآوری و نگهداری مواد غذایی
جلد سیزدهم، شماره دوم، ۱۴۰۰
۹۵-۱۱۸
http://ejfpp.gau.ac.ir

DOI:10.22069/EJFPP.2021.18270.1632

بررسی ویژگی‌های ضد اکسایشی عصاره میوه عناب استخراجی به روش حرارت دهی مقاومتی در خامه قنادی

راضیه جمالی فرد[۱]، مهرداد نیاکوثری[۱]*، محمدهادی اسکندری[۱]، محمدتقی گلمکانی[۱]، مهران میراب زاده اردکانی[۲]

[۱]گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، فارس، ایران

[۲]دانشکده طب سنتی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۵/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۰۸

چکیده

سابقه و هدف: اکسایش لیپیدها، یکی از رایج‌ترین مشکلاتی است که در محصولات لبنی غنی از اسیدهای چرب غیراشباع وجود دارد. این پدیده می‌تواند طی مراحل فرآوری، توزیع و نگهداری رخ دهد و منجر به از دست دادن مواد مغذی ارزشمند، تغییر رنگ و ایجاد عطر و طعم نامطلوب شود. مطالعات پزشکی بسیاری بر مضرات و تأثیر سوء استفاده از مواد افزودنی سنتزی بر سلامت انسان تأکید می‌کنند. به‌همین دلیل در سال‌های اخیر، عصاره و اسانس استخراج شده از گیاهان دارویی به‌عنوان ضد اکسایندهای طبیعی مورد توجه قرار گرفته‌اند. به‌کارگیری فنول‌ها در فرآورده‌های لبنی نه تنها به‌عنوان ترکیبات ضداکسایندهٔ طبیعی بلکه جهت تولید محصولات با ویژگی‌های طعم و رنگ متنوع در سال‌های اخیر مورد حمایت قرار گرفته‌اند. بنابراین ارزیابی عملکرد عصاره میوه عناب در یک سیستم امولسیونی لبنی مستعد اکسیداسیون، می‌تواند قابلیت کمک فرآوری و پایداری اکسایشی این میوه را به اثبات رساند.

مواد و روش‌ها: با استفاده از دو روش متداول و سیستم اهمیک (یک فناوری حرارتی نوین و سبز) مجهز به تنظیم کننده دما، عصاره عناب به عنوان منبع غنی از ترکیبات زیست فعال، مورد استخراج قرار گرفت و سپس با آنالیز کمی و کیفی ترکیبات فنولی موجود در عصاره‌ها به کمک دستگاه HPLC عصاره بهینه انتخاب گردید. در ادامه، این عصاره به عنوان ضداکسایندهٔ طبیعی به خامه قنادی افزوده شد. نمونه‌های خامه طبق فرمولاسیون بهینه شده در واحد تحقیق و توسعه شرکت زرین غزال در مقیاس پایلوت صنعتی، تولید گردیدند. محصولات تولیدی شامل چهار نوع نمونه حاوی عصاره عناب در سطح ۰/۵ و ۲/۵ درصد، آنتی‌اکسیدان سنتزی بوتیل هیدروکسی تولوئن (BHT) و ترکیب عصاره-BHT بودند. پایداری اکسایشی این نمونه‌ها در شرایط مختلف تاریکی و تابش نور فرابنفش، با استفاده از اندازه‌گیری پراکسید، آنیزیدین و اکسیداسیون کل در طول دوره نگهداری مورد ارزیابی قرار گرفتند.

یافته‌ها: کمترین مقدار اکسیداسیون کل یا به‌عبارتی دیگر، بیشترین اثر مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد تولید شده، مربوط به فرمولاسیون‌های خامه حاوی BHT- عصاره و خامه حاوی عصاره عناب در سطح ۲/۵ درصد بودند. با بررسی عدد آنیزیدین در شرایط عدم حضور نور فرابنفش مشاهده شد که نرخ تولید محصولات ثانویه اکسیداسیون در نمونه‌های حاوی عصاره عناب و BHT به‌تنهایی به‌صورت معنی‌داری نسبت به سرعت تولید در نمونه کنترل کمتر بود. در حضور نور فرابنفش فقط نرخ رشد عدد آنیزیدین نمونه عصاره عناب در سطح ۰/۵ درصد با نمونه کنترل تفاوت معنی‌دار داشت. بنابراین عصاره عناب علاوه بر

*مسئول مکاتبه: niakosar@shirazu.ac.ir

جلوگیری از اکسیداسیون خود به خودی می‌تواند به عنوان ضداکساینده در برابر اکسیداسیون نوری عمل نماید؛ اما مشاهده شد که ضداکساینده‌ها در غلظت و شرایط محیطی مختلف می‌توانند به‌عنوان پراکسیدان عمل نمایند. ضداکساینده‌های مختلف فرمول‌های خامه در کاهش عدد پراکسید و فتواکسیداسیون مشابه عملکرد آنها در نمونه‌هایی است که در معرض نور قرار نداشتند. فرمولاسیون‌های حاوی BHT–عصاره، به‌دلیل عملکرد متفاوت ضداکساینده‌های قطبی و غیرقطبی، اثرات هم افزایی در برابر اکسیداسیون از خود نشان دادند. پس از ارزیابی حسی خامه‌ها، بالاترین امتیاز پذیرش کلی مربوط به نمونه خامه حاوی ۰/۵ درصد عصاره بود که تأثیر مثبت این عصاره بر عطر و طعم، رایحه، بافت و احساس دهانی مطلوب، با اختلاف معنی‌داری در مقایسه با سایر نمونه‌ها مشخص گردید.

نتیجه‌گیری: عصاره عناب می‌تواند به‌عنوان یک جایگزین طبیعی برای ضداکساینده‌های سنتزی در صنایع غذایی و دارویی استفاده شود. اما نتایج ارزیابی حسی، تأثیر منفی افزایش درصد استفاده از این عصاره بر پذیرش کلی محصول را مشخص نمود. از طرفی به‌دلیل اثرات هم‌افزایی ضداکساینده‌های قطبی و غیرقطبی و کاهش اکسیداسیون کل، می‌توان استفاده از ترکیبات فنولی طبیعی به‌جای بخشی از ضداکساینده‌های سنتزی را به‌عنوان بهترین گزینه پیشنهاد کرد. همچنین، خامه غنی‌شده با این عصاره به‌دلیل ویژگی تقویت کننده سلامتی عناب، به عنوان یک ماده غذایی فراسودمند قابل معرفی است.

واژه‌های کلیدی: عناب، استخراج، حرارت‌دهی مقاومتی، ویژگی‌های ضداکسایشی، خامه قنادی

مقدمه

در حال حاضر، توسعه تجاری ترکیبات گیاهی در راستای اهداف تغذیه‌ای و همچنین حفظ و نگهداری موادغذایی از اهمیت زیادی برخوردار است. ترکیبات فنولی، متابولیت‌های ثانویه در گیاهان هستند که در تغییر ویژگی‌های حسی (طعم و مزه، عطر و طعم، رنگ و غیره) و عملکردی (فعالیت ضداکسایشی، ضددردی، فعالیت ضد سرطان و غیره) فرآورده‌های غذایی موثر می‌باشند.

ترکیبات فنولی طبیعی می‌توانند به‌عنوان یک جایگزین برای محافظت از مواد غذایی در برابر اکسیداسیون چربی پیشنهاد شوند. نتایج مطالعات انجام شده در این زمینه نشان داده است که بسیاری از فلاونوئیدها باعث جلوگیری از اکسیداسیون چربی در گوشت، روغن ماهی، لارد و امولسیون‌های روغن در آب می شوند. به عنوان مثال، فعالیت مهار اکسیداسیونی اسید لینولئیک و کلستـرول در یک سیستم مدل امولسیونی توسط فلاوونوئیدها به اثبات رسیده‌است (۱۰). به‌کارگیری فنول‌ها در فرآورده‌های لبنی نه تنها به‌عنوان ترکیبات ضداکساینده طبیعی بلکه جهت تولید محصولات با ویژگی‌های طعم و رنگ متنوع در سال‌های اخیر، مورد حمایت قرار گرفته اند (۲۹). در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۱۱ در کشور چین توسط یورومونیتور جهت تعیین طعم مطلوب در لبنیات انجام شده است، مشخص شد که در بین طعم میوه‌های مختلف، طعم عناب محبوب ترین طعم با ماست بوده است. اولین ماست با طعم عناب توسط شرکت Junlebao (یکی از بزرگترین تولید کننده‌های لبنیات در چین) در سال ۲۰۰۷ معرفی شد. این محصول به سرعت در بازار توسعه یافت و موفق به کسب جایزه "ده محصول برتر لبنی چین" در سال ۲۰۰۷ شد. همین امر سبب شد دیگر تولید کننده‌های لبنیات به استفاده از طعم عناب در محصولات لبنی شامل ماست، شیر طعم دار و بستنی ترغیب شوند (۲۰).

عناب (*Ziziphus* spp.) متعلق به خانواده عنابیان (*Rhamnaceae*) و از قدیمی‌ترین گیاهان دارویی به‌عنوان منبع غنی از ترکیبات فعال بیولوژیکی با

ارزش‌های تغذیه‌ای و دارویی شناخته می‌شود. محتوای فنولی کل میوه عناب در مقایسه با میوه‌هایی مانند گیلاس، سیب، گواوا، خرمالو و انگور قرمز بالاتر است (۱۷). محققان در پژوهشی با ارزیابی ظرفیت ضداکسایشی قسمت‌های مختلف عناب دریافتند که پوست تمام گونه‌ها دارای بالاترین ظرفیت ضداکسایشی است که به بالاترین میزان فنول‌های کل، فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌ها در این بخش بر می‌گردد. آنها همچنین دریافتند که اسیدهای فنولی غالب در عناب پروتوکاتچیک اسید و سپس گالیک، کلروژنیک و کافئیک اسیدها هستند (۳۹).

در تحقیقی، پژوهشگران اسانس روغنی هسته‌های عناب حاصله از روش تقطیر آبی را با استفاده از کروماتوگرافی گازی مورد آنالیز قرار داده و ۲۳ ترکیب را شناسایی نمودند. آنها مشاهده کردند که اسانس و عصاره‌های آلی بدست آمده، اثر ضدمیکروبی و ضداکسایشی از خود نشان می‌دهند. مقدار IC50 در مورد اسانس عناب ۰/۱۸ ± ۲۰/۴۴ میکروگرم بر میلی‌لیتر و در مورد عصاره متانولی ۰/۳ ± ۱۸/۶۰ ارزیابی شد (۲). بنابراین ارزیابی عملکرد عصاره عناب در یک سیستم امولسیونی لبنی مستعد اکسیداسیون، می‌تواند علاوه بر معرفی محصول با طعم نوین، ویژگی‌های مرتبط با پایداری اکسایشی این میوه را به اثبات رساند.

یکی از اثرات منفی هوادهی کردن محصولات غذایی، کاهش مدت ماندگاری ناشی از تشکیل حباب‌های مجزای ریز و افزایش تخلخل و در نتیجه تشدید واکنش‌های اکسیداسیون می‌باشد (۹). خامه زده شده و محصولات مینارین قنادی که اخیراً مورد توجه تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان داخلی قرارگرفته‌اند در دسته مواد غذایی هوادهی‌شده قرار می‌گیرند. این محصولات دیسپرسیونی از حباب‌های گاز هستند که در آن حباب‌ها در لایه مرزی هوا/سرم توسط چربی‌های جزئی بهم متصل شده، احاطه می‌شوند (۳۴).

ساختار شیمیایی لیپیدها، حساسیت آنها نسبت به اکسیداسیون را تعیین می‌کند. در واقع تعداد و موقعیت پیوندهای دوگانه از عوامل اصلی تعیین کننده می‌باشند (۲۸). شیر شامل ۶۵-۶۰ درصد اسیدهای چرب اشباع و ۴۰-۳۵ درصد اسیدهای چرب غیراشباع می‌باشد. عطر و طعم اکسید شده در محصولات لبنی، عمدتاً ناشی از اکسیداسیون خود به خودی اسیدهای چرب اشباع نشده‌ی اسید اولئیک، لینولئیک و لینولنیک متصل به فسفولیپیدهای غشای گلبول‌های چربی می‌باشد (۱۴). از طرفی استفاده از شورتنینگ‌های گیاهی با عدد یدی ۷۰-۶۵ نیز باعث افزایش محتوای اسیدهای چرب غیراشباع در محصولات خامه قنادی می‌شود. نکته قابل توجه این است که بین اکسیداسیون چربی توده‌ای و چربی‌های پراکنده در یک امولسیون تفاوت‌های قابل توجهی وجود دارد. تعداد زیادی از موادغذایی به طور کامل یا بخشی از آنها امولسیون می‌باشند. شیر، خامه، پنیر، مایونز، مارگارین، کره، بستنی، سوپ‌ها، سس‌ها، غذای کودکان و غیره از دسته موادی هستند که در حین تولید امولسیون شده‌اند. اکسیداسیون امولسیون‌های غذا در سطح قطرات چربی شروع می‌شود، زمانی که پرواکسیدان‌ها قادر به نفوذ و پخش شدن از طریق غشای محافظ باشند. توسعه رادیکال‌های پراکسید در این لایه مرزی رخ می‌دهد. با پیشرفت اکسیداسیون، رادیکال‌ها به درون قطره مهاجرت می‌کنند و به ترکیبات فاسد تجزیه می‌شوند. در نهایت، اکسیداسیون فاز روغنی در امولسیون با ایجاد طعم نامطلوب می‌تواند کیفیت محصول را به‌طور کلی تحت تأثیر قرار دهد. بنابراین جهت محدود کردن اکسیداسیون در امولسیون، گلبول‌های چربی باید در برابر عواملی که منجر به تخریب

اکسیداتیو می‌شوند، محافظت شوند. استراتژی‌های مختلفی در راستای کاهش اکسیداسیون چربی مورد بررسی قرار گرفته است که اصلاح مواد بسته‌بندی، استفاده از ضداکسایندههای سنتزی و افزودن عصاره‌های طبیعی از منابع مختلف از قبیل ادویه جات، گیاهان و میوه‌های دارویی را شامل می‌شوند (۲۸). در همین راستا، پژوهشی در راستای بهبود کیفیت کره تهیه شده از خامه با افزودن عصاره دارچین انجام شده است. کره، با ترکیب عصاره دارچین در سه سطح ۱، ۳ و ۵ درصد حجمی تهیه شد. تغییرات در عدد پراکسید، اسیدهای چرب آزاد، pH و ارزیابی‌های میکروبی در فواصل هفتگی تحت نظارت قرار گرفتند. کره فرموله شده با عصاره دارچین سطوح پایینی از عدد پراکسید، اسیدهای چرب آزاد و شمارش میکروبی پایینی را در مقایسه با کره معمولی (بدون نگهدارنده) و کره ترکیب شده با پتاسیم سوربات نشان داد (۳۷). در مطالعه دیگری اثر عصاره رزماری در جلوگیری از اکسیداسیون لیپیدها و بهبود عطر و طعم در محصولات لبنی به اثبات رسید؛ به طوری که این ضد اکساینده طبیعی در لایه مرزی روغن و هوا قرار می‌گیرد و از فاز روغنی در برابر اکسایش محافظت می‌کند (۱۶).

در پژوهش کنونی از عصاره استخراج شده به روش حرارت‌دهی مقاومتی در شرایط بهینه، به‌عنوان یک ضداکساینده طبیعی در خامه قنادی استفاده گردید. این سیستم، از تکنولوژی‌های نوینی است که در کشورهای اروپایی، آمریکا و ژاپن به صورت تجاری در حال استفاده می‌باشد و به صورت فرآیندی تعریف می‌شود که در آن یک جریان الکتریکی متناوب، از میان مواد عبور کرده و می‌تواند برای تولید گرما در داخل محصول به‌کار رود. مطالعاتی در راستای استخراج اسانس از گیاهان دارویی به کمک فرآیند گرمایش مقاومتی توسط گواهیان و همکاران (۲۰۱۵) انجام گرفته است که مزایایی همچون کاهش زمان و انرژی مصرفی لازم برای استخراج را به همراه داشتند (۱۸). همچنین اسانس‌های حاصل از این روش، فعالیت ضداکسایشی و ضدمیکروبی بالاتری را نسبت به روش معمولی از خود نشان دادند (۱۸، ۳۲). علی‌رغم گزارش مطالعات زیاد در مورد روش‌های مختلف استخراج (معمول، فراصوت و مایکروویو) از میوه‌ی عناب، تاکنون، هیچ گزارشی در رابطه با استخراج عصاره‌ی این میوه به کمک دستگاه استخراجگر مقاومتی انجام نشده است. بنابراین اهداف این پژوهش، استخراج عصاره میوه عناب به دو روش متداول و استخراجگر مقاومتی، مقایسه آنها از لحاظ ترکیبات فنولی مختلف و کاربرد عصاره‌ی بهینه به عنوان ضد اکساینده طبیعی در خامه قنادی به‌منظور افزایش پایداری اکسایشی آن می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه و تجهیزات: در ابتدا دستگاه حرارت دهی مقاومتی (اهمیک) مجهز به سیستم کنترل دما حین فرآیند، به حجم های ۱۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌لیتری، در آزمایشگاه فناوری‌های نوین بخش صنایع غذایی دانشگاه شیراز طراحی و تهیه گردید. همزن مغناطیسی مدل Labinco با توان ۶۲۵ وات، کندانسور، وات متر، ترازوی سه رقم و چهار رقم اعشار، قیف بوخنر، پمپ خلأ سایر ابزار به کار گرفته شده جهت استخراج بودند. مواد اولیه تولید خامه قنادی شامل شیر تازه ۳/۲ درصد چربی، خامه ۴۶ درصد، شیر خشک بدون چربی، پایدارکننده (مونو و دی‌گلیسریدهای اسید لاکتیک، میکروکریستال سلولز، کاراگینان، کربوکسی متیل سلولز)، لسیتین، شکر و وانیل از شرکت لبنی زرین غزال، شورتنینگ گیاهی بدون آنتی‌اکسیدان از شرکت روغن نرگس و مواد شیمیایی شامل آنتی اکسیدان BHT، استیک اسید

گلایسیال، ایزواوکتان، معرف پاراآنیزیدین، کلروفرم، یدید پتاسیم، معرف نشاسته و تیوسولفات سدیم از شرکت مرک آلمان و شارلو تهیه گردیدند.

استخراج عصاره میوه عناب: جهت استخراج عصاره میوه عناب از دو روش همزن مغناطیسی و دستگاه حرارت‌دهی مقاومتی (اهمیک) استفاده گردید. در ابتدا طی مراحل متعدد آزمون و خطا شرایط کلی از نظر نوع حلال (آب مقطر، اتانول و ترکیب آب-اتانول) و نسبت جامد به حلال (۱:۵، ۱:۱۰ و ۱:۲۰) بهینه گردید و سپس این شرایط برای هر دو روش استخراج به کار گرفته شد. شرایط ترجیحی استفاده از حلال آب و نسبت جامد به حلال ۱:۵ تعیین گردید.

در روش استخراج با همزن مغناطیسی عصاره گیری در شرایط بهینه با استفاده از دستگاه همزن مغناطیسی با ۴۵۰ دور بر دقیقه و اعمال هم‌زمان حرارت از طریق صفحه داغ در مدت زمان ۶۵ دقیقه و در روش استخراج با حرارت‌دهی مقاومتی (اهمیک) با اعمال ولتاژ ۳۰۰ ولت و زمان ۱۰ دقیقه صورت گرفت. در مرحله بعد عصاره‌ها صاف شده، به کمک دستگاه روتاری اواپراتور تغلیظ گردید و در نهایت با بریکس مشخصی، به‌عنوان آنتی‌اکسیدان طبیعی خامه قنادی مورد استفاده قرار گرفت.

بررسی ترکیبات فنولی با استفاده از کروماتوگرافی با کارآیی بالا (HPLC): ۲۰ میکرولیتر عصاره پس از عبور از فیلتر نایلونی ۰/۲۲ µm، به HPLC مدل Agilent سری ۱۲۰۰ ساخت کشور آلمان، تزریق گردید. ستون مورد نظر با مشخصات، Zorbax eclipse (XDB) C18, 5µm (ID), 4.6 × 150 mm (FT) و دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد مورد استفاده قرار گرفت. متانول-فرمیک اسید ۱ درصد با سرعت جریان ۱ میلی‌لیتر بر دقیقه، به‌عنوان فاز متحرک و زمان کلی ۴۰ دقیقه برای اجرای عملیات در نظر گرفته شد. عملیات شناسایی در طول موج های ۲۸۰ و ۳۲۰ نانومتر با استفاده از شناساگر DAD و نرم افزار Chemstation صورت پذیرفت. ترکیبات فنولی عصاره‌ها، با مقایسه زمان بازدارندگی نمونه‌های استاندارد موجود تشخیص داده شدند.

تولید خامه قنادی: فرآیند صنعتی تولید نمونه‌های خامه قنادی، طبق فرمولاسیون بهینه‌سازی شده در واحد تحقیق و توسعه شرکت زرین غزال در مقیاس پایلوت اجرا گردید. درصد مورد استفاده عصاره عناب در فرمولاسیون‌های مختلف بر اساس مقایسه میزان IC50 عصاره بهینه (۱/۳۷ mg/ml) با IC50 آنتی‌اکسیدان سنتزی BHT (۱۷/۲۵ µg/ml) محاسبه شد. فرمولاسیون‌های مورد نظر که شامل ۱) نمونه کنترل، ۲) نمونه حاوی عصاره عناب در سطح ۰/۵ درصد (معادل BHT)، ۳) نمونه حاوی عصاره عناب در سطح ۲/۵ درصد، ۴) نمونه حاوی آنتی اکسیدان سنتزی BHT، و ۵) نمونه ترکیبی BHT-عصاره بودند، طی تولید دو بچ ۲۰ کیلوگرمی خامه بدست آمدند. بدین صورت که در بچ اول، فرمولاسیون‌های شماره ۱، ۲ و ۳ بدون افزودن هیچگونه آنتی اکسیدان سنتزی تهیه شدند. در بچ دوم، فرمولاسیون‌های ۴ و ۵ با حل نمودن آنتی اکسیدان سنتزی BHT در فاز روغنی تولید شدند. درصد مورد استفاده عصاره عناب در فرمولاسیون‌های مختلف بر اساس مقایسه میزان IC50 عصاره بهینه با IC50 آنتی‌اکسیدان سنتزی BHT انتخاب شد. بر این مبنا مقدار عصاره عناب معادل مقدار BHT انتخابی، محاسبه گردید (عصاره عناب در سطح ۰/۵ درصد) و میزان ۵ برابر بیشتر از این میزان معادل احتساب شده نیز به عنوان فرمولاسیون حاوی عصاره عناب با درصد بیشتر در نظر گرفته شد (عصاره عناب در سطح ۲/۵ درصد). همچنین جهت آماده‌سازی نمونه‌های حاوی عصاره عناب، عصاره در مرحله پیش از سردخانه‌گذاری به نمونه‌ها اضافه

گردید. مواد مورد نیاز جهت تهیه خامه در جدول ۱ ارائه شده است.

پس از توزین مواد اولیه، ترکیبات مورد نظر برای تولید ۲۰ کیلوگرم خامه به درون تانک اختلاط افزوده شدند؛ بدین صورت که جهت اختلاط بهتر، ابتدا مواد خشک با شیر با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد مخلوط و سپس به درون تانک پمپ شدند. پس از آن فاز روغنی شامل خامه و شورتنینگ به تانک اضافه گردید. بعد از ۱۰ دقیقه مخلوط شدن کامل در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد مواد جهت همگن شدن به هموژنایزر یک مرحله‌ای با فشار ۹۰ بار انتقال یافتند. سپس مخلوط همگن به‌طور پیوسته به پاستوریزاتور منتقل شد و به مدت ۳۰ ثانیه تحت دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد پاستوریزه گردید. آنتی‌اکسیدان‌ها (عصاره عناب، BHT) بر اساس توضیحات ارائه شده و مطابق جدول ۲ به مخلوط اضافه شدند. در نهایت پس از آماده‌سازی فرمولاسیون‌های مختلف مخلوط خامه، در ظروف پلاستیکی درب‌دار بسته‌بندی و کدگذاری شدند و به مدت ۴۸ ساعت در فریزر با دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد قبل از هوادهی نگهداری شدند. در مرحله انجماد، بلورهای سوزنی شکل گلبول‌های چربی موجب پاره شدن لایه‌های پروتئینی امولسیفایرها و در نتیجه اتصال نسبی گویچه‌های چربی به یکدیگر می‌شوند که این پدیده، پایداری حباب‌های هوا در مرحله هوادهی را بهبود می‌بخشد. بعد از طی مرحله نگهداری، نمونه‌ها از فریزر خارج گشته و در دمای محیط انجمادزدایی شدند تا حالت خمیری پیدا کنند و در مرحله بعد جهت تزریق هوا به امولسیون‌های خامه، با استفاده از همزن برقی با دور یکسان به مدت ۶ دقیقه تحت همزنی و هوادهی قرار گرفتند. خامه‌های هوادهی‌شده تولیدی، به جهت بررسی پایداری اکسایشی در شرایط مختلف تاریکی و تابش نور فرابنفش (روزانه ۳۰ دقیقه) طی دو هفته در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد ارزیابی شدند.

جدول ۱- مواد مورد نیاز برای تهیه ۲۰ کیلوگرم خامه قنادی

Table 1. Required ingredients for preparation of confectionery cream (20 kg)

ماده اولیه (ingredient)	مقدار مورد استفاده (amount)
شیر تازه ۳/۲ درصد چربی (Fresh milk 3.2% fat)	3.408 kg
خامه ۳۴ درصد چربی (Cream 34% fat)	8.140 kg
شیرخشک بدون چربی (Skim milk powder)	600 g
استابیلایزر (Stabilizer)	42 g
لسیتین (Lecithin)	10 g
شکر (Sugar)	5 kg
شورتنینگ گیاهی بدون آنتی اکسیدان (Vegetable shortening without antioxidants)	2.8 kg
وانیل (Vanilla)	30 g
آنتی اکسیدان طبیعی یا سنتزی (Natural or synthetic antioxidants)	بر حسب نیاز As required
وزن کلی (total weight)	20 kg
درصد چربی کل (total fat %)	28%

جدول ۲- مقدار معادل‌سازی شده آنتی‌اکسیدان‌های مورد استفاده در هر کیلوگرم خامه قنادی حاوی ۲۸ درصد چربی

Table 2. Equivalent amount of antioxidants used per kilogram of confectionery cream (28% fat)

غلظت معادل سازی شده عصاره عناب Equivalent concentration of jujube extract (mg/kg)	غلظت مورد استفاده BHT BHT concentration (mg/kg)	فرمولاسیون (Formulation)
-	-	۱) نمونه شاهد (Control)
5130.77	-	۲) نمونه حاوی عصاره عناب در سطح 0.5% (Sample containing jujube extract at level of 0.5%)
25653.85	-	۳) نمونه حاوی عصاره عناب در سطح 2.5% (Sample containing jujube extract at level of 2.5%)
-	*19.6	۴) نمونه حاوی آنتی‌اکسیدان BHT (Sample containing BHT antioxidant)
2565.38	9.8	۵) نمونه حاوی BHT-عصاره (۱:۱) (Sample containing BHT-extract)

* مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۱۰۵۰۰، مقدار مجاز استفاده از آنتی‌اکسیدان سنتزی BHT حداکثر ۷۵ mg/kg (میلی‌گرم بر کیلوگرم فاز روغنی) می‌باشد که در این پژوهش به میزان ۷۰ mg/kg مورد استفاده قرار گرفت.

*According to Iranian National Standard No. 10500, the permitted amount of BHT synthetic antioxidant is 75 mg / kg (mg / kg of oil phase). In this study 70 mg / kg of this antioxidant has been used.

ارزیابی پایداری اکسایشی در طول دوره نگهداری

اندازه‌گیری عدد پراکسید: جهت بررسی عدد پراکسید امولسیون خامه از روش AOCS به شماره Ja 8-87 استفاده شد. ۵ گرم نمونه درون یک فلاسک ۲۵۰ میلی‌لیتری توزین گردید. سپس ۳۰ میلی‌لیتر محلول استیک اسید-کلروفرم تهیه شده به نسبت ۲:۳ به نمونه اضافه و به خوبی مخلوط شد تا کاملاً حل شود. ۰/۵ میلی‌لیتر یدید پتاسیم به مخلوط فوق افزوده و همزنی انجام شد. پس از گذشت ۱ دقیقه، ۳۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد و سپس محلول حاصل به آرامی با تیوسولفات سدیم ۰/۰۱ نرمال تیتر شد. بعد از آنکه رنگ زرد از بین رفت، ۰/۵ میلی‌لیتر معرف نشاسته یک درصد به آن افزوده و تیتراسیون تا از بین رفتن رنگ آبی ادامه یافت. در ضمن تیتراسیون، محلول به شدت تکان داده شد تا ید از لایه کلروفرم آزاد شود. این آزمایشات با ۳ تکرار انجام گرفت و در نهایت با استفاده از رابطه ۱ عدد پراکسید محاسبه گردید (۳):

رابطه ۱.

$$\text{عدد پراکسید } \left(\mathbf{meq}\,\frac{\mathbf{O2}}{\mathbf{Kg}}\right) = \frac{\mathbf{1000} \times \text{نرمالیته} \times (\text{میلی‌لیتر تیوسولفات سدیم نمونه} - \text{میلی‌لیتر تیوسولفات سدیم شاهد})}{\text{گرم وزن نمونه}}$$

اندازه‌گیری عدد آنیزیدین: اندازه‌گیری عدد آنیزیدین نمونه‌ها، بر اساس روش کارگر و همکاران (۲۰۱۱) انجام گرفت. بدین صورت که ۱ میلی‌لیتر امولسیون با ۲۵ میلی‌لیتر ایزواوکتان مخلوط شد. پس از سانتریفوژ کردن نمونه با دور ۴۰۰۰ rpm به‌مدت ۲۰ دقیقه، ۵ میلی‌لیتر از محلول شفاف رویی جداسازی گردید و جذب آن با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۳۵۰ نانومتر خوانده شد (A1). دوباره این ۵ میلی‌لیتر به ۱ میلی‌لیتر محلول پاراآنیزیدین که از حل کردن ۰/۲۵ گرم معرف پاراآنیزیدین در ۱۰۰ میلی‌لیتر استیک اسید تهیه شده بود، اضافه شد. مجدداً بعد از ۱۰ دقیقه، جذب نمونه در طول موج ۳۵۰ نانومتر مورد ارزیابی قرار گرفت (A2). عدد آنیزیدین با استفاده از رابطه ۲ محاسبه شد (۲۲):

رابطه ۲.

(mg/kg) عدد آنیزیدین = ۲۵ × ((۱/۲A2) − A1)

تعیین میزان اکسیداسیون کل: میزان اکسیداسیون کل را با ارزش توتوکس نشان می‌دهند. این اندیس نماد کیفی از میزان پیش ساز ترکیبات کربونیل غیرفرار و همزمان با آن ترکیبات اکسایشی توسعه یافته است و با رابطه ۳ محاسبه می‌شود (۵) :

رابطه ۳ .

عدد توتوکس = عدد آنیزیدین + ((عدد پراکسید) × ۲)

ارزیابی حسی: برای ارزیابی حسی نمونه های خامه هوادهی شده در ابتدای دوره نگهداری به‌طور تصادفی با اعداد و حروف انگلیسی کدگذاری شده و به همراه فرم‌ها (پیوست) در اختیار ارزیابان قرار گرفتند. فرمولاسیون‌های مورد نظر شامل ۱) نمونه کنترل، ۲) نمونه حاوی عصاره عناب با درصد بیشتر، ۳) نمونه‌های حاوی درصدهای مختلف عصاره عناب معادلسازی شده، ۴) نمونه حاوی آنتی اکسیدان سنتزی BHT و ۵) نمونه ترکیبیBHT- عصاره بودند. این خامه‌ها در دمای محیط و در اتاق ایزوله مجهز به نور کنترلی در اختیار ۱۰ ارزیاب قرار گرفته و ارزیابی با استفاده از آزمون هدونیک ۵ نقطه‌ای صورت پذیرفت. پارامترهای حسی شامل وضعیت ظاهری، رنگ، بافت، احساس دهانی، عطر و رایحه و پذیرش کلی مورد بررسی قرار گرفت.

آنالیز آماری: به منظور آنالیز داده‌ها و بررسی اطلاعات حاصل از آزمایش‌های مختلف، از طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. جهت تعیین اختلاف بین میانگین‌ها، پس از آنالیز واریانس از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال کمتر از ۵ درصد استفاده گردید. در تمام مراحل، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS صورت گرفت. همچنین نمودارهای مربوطه با استفاده از نرم‌افزار اکسل ۲۰۱۰ و مینی‌تب ترسیم گردیدند.

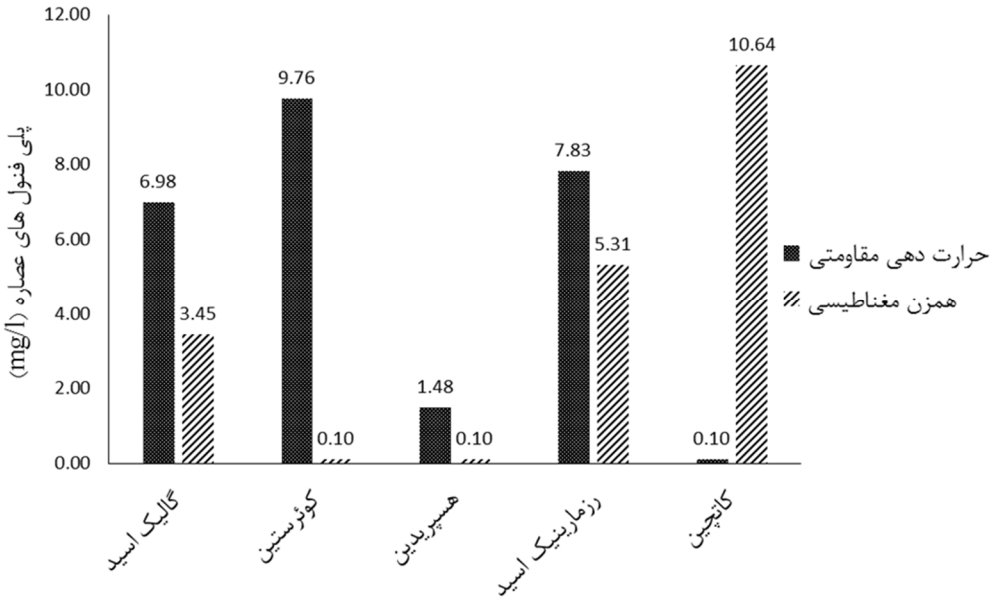
نتایج و بحث

بررسی ترکیبات فنولی با استفاده از کروماتوگرافی با کارآیی بالا (HPLC): میزان ترکیبات فنولی عمده درعصاره‌های عناب حاصل از اعمال روش‌های استخراج حرارت دهی مقاومتی و همزن مغناطیسی باتوجه به زمان بازداری‌شان، شناسایی شدند و میزان هریک از ترکیبات با ارزیابی سطح زیر پیک ایجاد شده توسط هر ترکیب محاسبه گردید. طبق نتایج آنالیز HPLC در مجموع بر اساس استانداردهای موجود در شکل ۱ هفت ترکیب پلی‌فنول شامل گالیک‌اسید، کوئرستین، هیسپریدین، روزماریک اسید و کاتچین در عصاره‌های عناب شناسایی شدند. اولین نکته قابل ذکر در نتایج به دست آمده این است که نسبت ترکیبات شناسایی شده در عصاره حاصل از فرایند مقاومتی به شکل قابل توجهی بیشتر از عصاره حاصل از روش متداول است (شکل ۱). کوئرستین (۹/۷۶ میلی‌گرم بر لیتر)، رزماریک اسید (۷/۸۳ میلی‌گرم بر لیتر)، گالیک اسید (۶/۹۸ میلی‌گرم بر لیتر) و هیسپریدین (۱/۴۸ میلی‌گرم بر لیتر) به‌ترتیب بیشترین ترکیبات موجود در عصاره های حاصل از روش حرارت دهی مقاومتی بودند. رزماریک اسید (۵/۳۱ میلی‌گرم بر لیتر)، کاتچین (۱۰/۶۴ میلی‌گرم بر لیتر) و گالیک اسید (۳/۴۵ میلی‌گرم بر لیتر) ترکیبات فنولی یافت شده در عصاره حاصل از روش متداول بودند. همچنین در بررسی کروماتوگرام‌های عصاره‌های مربوط به هر دو روش، پیک‌های کاملاً مشخصی در زمان بازداری ۲۸/۵۷ دقیقه مشاهده شد که احتمالاً مربوط به ترکیبات فنولی کامپفرول می‌باشد. نکته قابل ذکر این است که سطح زیر پیک

این ترکیب در روش حرارت دهی مقاومتی بسیار بزرگ‌تر از همین پیک در روش معمولی است.

ترکیبات فنولی عصاره میوه عناب با استفاده از HPLC-DAD توسط محققین قبلاً مورد ارزیابی قرار گرفته و با توجه به استانداردها، وجود ترکیبات گالیک‌اسید، کاتچین، کلروژنیک‌اسید، کافئیک‌اسید، الاجیک‌اسید، اپی‌کاتچین، روتین، ایزوکوئرسیترین، کوئرستین و کامپفرول به اثبات رسیده است (۹). ژائو و همکاران (۲۰۱۴) نیز در مطالعه ترکیبات فنولی عصاره‌های ۷ نوع مختلف عناب به کمک روش HPLC ترکیبات فنولی مختلف شامل فلورزین، کاتچین، گالیک‌اسید، کلروژنیک اسید و کافئیک اسید را شناسایی نمودند. بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه قدرت آنتی‌اکسیدانی معنی‌داری در محیط آزمایشگاهی و در موجود زنده برای عناب ارزیابی گردید و امکان به کارگیری آن در مواد غذایی به عنوان ضداکساینده طبیعی مورد تأکید قرار گرفت. اما تاکنون گزارشی مبنی بر وجود هسپریدین و رزماریک‌اسید در عصاره عناب منتشر نشده است (۳۹).

فرایند حرارت‌دهی مقاومتی به‌دلیل اعمال حرارت سریع و همگن در بافت مواد غذایی به‌عنوان یک راه حل برای کاهش تخریب مواد حساس و مغذی و به حداقل رساندن افت کیفیت مواد غذایی معرفی شده است. بر اساس مطالعات مختلف صورت گرفته توسط محققین، این روش راهکاری کارامد جهت حفظ و کاهش تخریب مواد مختلف شامل ویتامین‌ها، رنگدانه‌ها و مواد مغذی دیگر به‌دلیل پروفایل خاص اعمال حرارت در مواد غذایی شناخته شده است؛ اما در این پژوهش کاتچین بر خلاف عصاره به دست آمده از روش متداول در عصاره حاصل از فرایند مقاومتی شناسایی نگردیده است.



شکل ۱- ترکیبات فنولی تشخیص داده شده به وسیله کروماتوگرافی مایع با کارآیی بالا (HPLC)

Figure 1. Phenolic compounds detected by high performance liquid chromatography

این موضوع می‌تواند به‌دلیل اثر تخریبی روش حرارت‌دهی مقاومتی با تیمار شدید بر این ترکیب باشد. سارکیس و همکارن (۲۰۱۳) در همین راستا پیرامون اثر روش‌های گرمایش مقاومتی و معمولی بر میزان تخریب آنتوسیانین‌های میوه بلوبری مطالعه‌ای را انجام دادند. این محققین با استفاده از روش HPLC

میزان تخریب این ترکیبات حساس به حرارت را پس از اعمال فرایندهای الکتریکی در ولتاژهای مختلف و حرارت‌دهی معمولی ارزیابی نمودند. نتایج نشان داد که استفاده از قدرت میدان الکتریکی بالا تخریب این ترکیبات را افزایش می‌دهد و استفاده از ولتاژهای پایین، موجب تخریب کمتر یا یکسانی نسبت به روش معمولی شدند (۳۵). نهایتاً بر اساس نتایج، عصاره اهمیک، به‌عنوان عصاره بهینه برای ادامه فرآیند و استفاده در خامه انتخاب گردید.

بررسی شاخص‌های اکسیداسیون: تغییرات شاخص‌های شیمیایی اکسیداسیون لیپیدها (عدد پراکسید، آنیزیدین و اکسیداسیون کل) مربوط به فرمولاسیون‌های مختلف خامه در حضور نور فرابنفش و بدون آن در طول دوره نگهداری در شکل‌های ۱، ۲ و ۳ نشان داده شده است. در اثر واکنش اکسیژن با اسیدهای چرب غیراشباع ترکیباتی به نام هیدروپراکسیدها (پراکسیدها) تولید می‌شوند که غلظت آنها را معمولاً به صورت عدد پراکسید (PV) بیان می‌کنند. عدد پراکسید با اندازه‌گیری مقدار ید آزاد شده (اکسایش یافته) از یدور پتاسیم به‌دست می‌آید و به‌صورت میلی‌اکی‌والان پراکسید در ۱۰۰۰ گرم روغن بیان می‌شود. پراکسیدها محصولات اولیه اکسیداسیون می‌باشند و هیچگونه طعم و بویی در محصول ایجاد نمی‌کنند و فرار نیستند. شکل ۲-الف نشان می‌دهد که شاخص عدد پراکسید با افزایش زمان نگهداری در تمام نمونه‌های خامه افزایش و پس از رسیدن به میزان حداکثری خود، کاهش یافته است. این میزان در نمونه‌های خامه حاوی BHT-عصاره معادل ۱۲، در نمونه‌های حاوی عصاره عناب در سطح ۲/۵ درصد و BHT به تنهایی باهم معادل ۱۳/۷ و خامه حاوی ۰/۵ درصد عصاره معادل ۱۴/۹ میلی‌اکی‌والان اکسیژن بر کیلوگرم نمونه بودند. این نتایج در مقایسه با عدد پراکسید نمونه شاهد (۱۶/۹) ویژگی ضداکسایشی عصاره طبیعی میوه عناب را به اثبات رساندند. با توجه به شکل ۲-ب این عصاره همچنین فعالیت ضداکسایشی مناسبی تحت شرایط تشدیدکننده اکسیداسیون (تابیدن نور فرابنفش) از خود نشان داده است. می‌توان گفت میزان پراکسید تولید شده در نمونه شاهد، خامه‌های حاوی BHT-عصاره (۱:۱)، عصار عناب در سطح ۲/۵ درصد، BHT و حاوی عصاره در سطح ۰/۵ درصد که به ترتیب ۱۴/۵، ۱۵/۵ و ۱۷ اندازه‌گیری شدند، شاهدی بر این ادعا می‌باشند. گزارش شده است که خواص ضداکسایشی این میوه مرتبط با هیدروکسی بنزوئیک اسیدها (پروتوکاتچیک و گالیک‌اسید)، اسید غالب در هسته، پالپ و حتی کل میوه عناب است که به ترتیب ۵۱/۷، ۴۷/۷ و ۲۵ درصد از میزان کل را شامل می شود. همچنین کوماریک، سینامیک و کلروژنیک اسیدها که به مقدار زیادی در پوسته حضور دارند (۱۲).

شکل ۲ و ۴ روند تغییرات کاملاً مشابهی در تغییرات اکسیداسیون کل و عدد پراکسید نشان می‌دهند. روند نمودارهای عدد پراکسید و اکسیداسیون کل مربوط به دوره اکسیداسیون تند، متشکل از مراحل افزایش سریع عدد پراکسید و کاهش سریع آن می‌باشد. عدم مشاهده دوره اکسیداسیون کند (دوره القاء) در نمونه‌ها را می‌توان به شروع اکسایش در شورتنینگ گیاهی بدون ضداکساینده قبل از تولید خامه طی دوره نگهداری نسبت داد. با این وجود با بررسی اعداد پراکسید و اکسیداسیون کل مربوط به روز هفتم نگهداری، اثر آنتی‌اکسیدانی ترکیبات فنولی طبیعی(عصاره عناب) و سنتزی (BHT) موجود در فرمولاسیون‌های مختلف در مقایسه با نمونه کنترل کاملاً مشخص و دارای تفاوت معنی‌داری ($P<0.05$) هستند که به ترتیب به شرح ذیل می‌باشد:

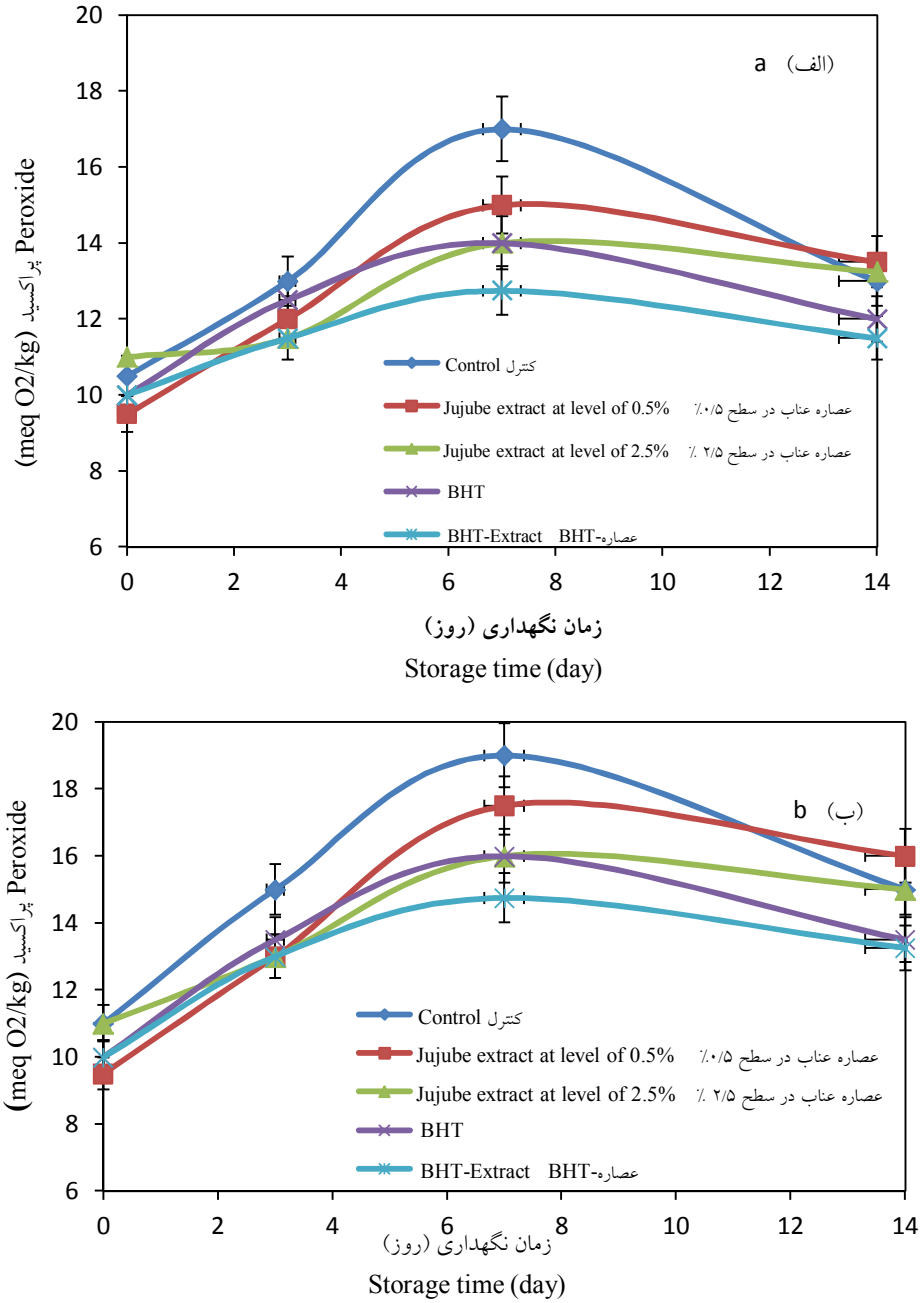
کنترل < عصاره عناب در سطح ۰/۵ درصد < BHT = عصاره عناب در سطح ۲/۵ درصد < BHT-عصاره

کیم و چویی (۲۰۱۹) با انجام پژوهشی به نتایج مشابه مطالعه حاضر دست یافتند. آنها اثر سینرژیستی و برهمکنش توکوفرول‌ها و عصاره نعنای فلفلی افزوده شده به امولسیون روغن در آب، طی اکسیداسیون کاتالیز شده توسط آهن را مورد بررسی قرار دادند. عدد پراکسید و آنیزیدین نمونه‌ها طی ۶ روز نگهداری اندازه‌گیری شدند و نتایج نشان دادند که امولسیون حاوی توکوفرول‌ها و عصاره نعنا به صورت همزمان، دارای پایداری اکسیداتیو بیشتری نسبت به امولسیون حاوی عصاره نعنا به تنهایی می‌باشد (۲۴).

آزمون آنیزیدین برای اندازه‌گیری آلدهیدها (مهمترین محصولات ثانویه اکسیداسیون) به‌کار می‌رود و بر مبنای آن است که پاراآنیزیدین در حضور استیک اسید با ترکیبات آلدهیدی غیر اشباع موجود در فاز روغنی واکنش می‌دهند و محصولات متمایل به زرد تولید می‌کند و شدت رنگ تولیدی در ۳۵۰ نانومتر خوانده می‌شود. با توجه به شکل ۳ عدد آنیزیدین نمونه‌ها در طی دوره نگهداری همواره روند افزایشی از خود نشان دادند و از روز هفتم به بعد به صورت معنی‌داری به بالاترین میزان خود رسیدند. با بررسی این پارامتر در شرایط عدم حضور نور فرابنفش در مدت نگهداری می‌توان یافت که سرعت تولید محصولات ثانویه اکسیداسیون در نمونه‌های حاوی عصاره عناب (۰/۱۲ mg/kg.day) و BHT به تنهایی (۰/۱۱ mg/kg.day) به‌صورت معنی‌داری نسبت به سرعت تولید در نمونه کنترل (mg/kg.day ۰/۱۵) کمتر بود. در حالی که نمونه حاوی BHT–عصاره نسبت به نمونه شاهد تفاوت معنی‌داری از خود نشان نداد. بنابراین این نتیجه می‌تواند نشان دهنده این باشد که عصاره عناب، می‌تواند به اندازه آنتی‌اکسیدان سنتزی BHT در کاهش نرخ تولید محصولات ثانویه اکسیداسیون موثر واقع شود اما از روز هفتم نگهداری به بعد BHT نسبت به سایرین موثرتر عمل نموده است. بررسی میزان عصاره عناب افزوده شده به نمونه‌های خامه (جدول ۲) و نتایج این مطالعه، وابستگی خاصیت ضداکسایشی گیاهان دارویی به غلظت مورد استفاده را تأیید می‌نماید و احتمالاً غلظت‌های بیشتری از این عصاره در فرمولاسیون حاوی BHT–عصاره جهت جلوگیری از افزایش عدد آنیزیدین مورد نیاز بوده است (۱۱).

در حضور نور فرابنفش فقط نرخ رشد عدد آنیزیدین نمونه عصاره عناب در سطح ۰/۵درصد (۰/۱۱ mg/kg.day) با نمونه کنترل (mg/kg.day ۰/۱۶) تفاوت معنی‌دار داشت. بنابراین عصاره عناب در این غلظت علاوه بر اکسیداسیون خود به خودی می‌تواند به عنوان ضداکساینده در برابر اکسیداسیون نوری عمل نماید. هیچ تفاوت معنی‌داری بین عدد آنیزیدین سایر نمونه‌ها در این شرایط مشاهده نشد که نشان دهنده تشدید تولید ترکیبات آلدهیدی ناشی از اکسیداسیون نوری در این نمونه‌ها می‌باشد. این مسئله می‌تواند ناشی از آن باشد که عصاره عناب در غلظت‌های بالاتر و BHT تحت شرایط تشدیدکننده اکسیداسیون به عنوان پرواکسیدان عمل نموده‌اند. عوامل مختلفی مانند غلظت پلی‌فنول، نوع امولسیفایرها، pH، فلزات، چلاته کننده‌های فلز و عوامل محیطی (نور و دما) در ایفای نقش پلی‌فنول‌ها به عنوان ضداکساینده یا اکسید کننده در یک امولسیون موثر می‌باشند (۲۹). فعالیت‌های پراکسیدانی پلی‌فنول‌ها با پتانسیل ردوکس آنها ارتباط دارند. گزارش شده است که فنول‌های دارای پتانسیل اکسیداسیون بالا مانند سالسیلیک، هیدروکسی بنزوئیک، وانیلیک و اسید کوماریک در غلظت‌های ۴ میلی‌مولار به عنوان پراکسیدان عمل می‌کنند (۳۳). همچنین گزارش شده است که BHT تحت شرایط خاص اثرات پراکسیدانی از خود نشان داد و در غلظت‌های بالا موجب افزایش سرعت تولید آنیون پراکسید شد (۳۵). در همین رابطه اثر افزودن

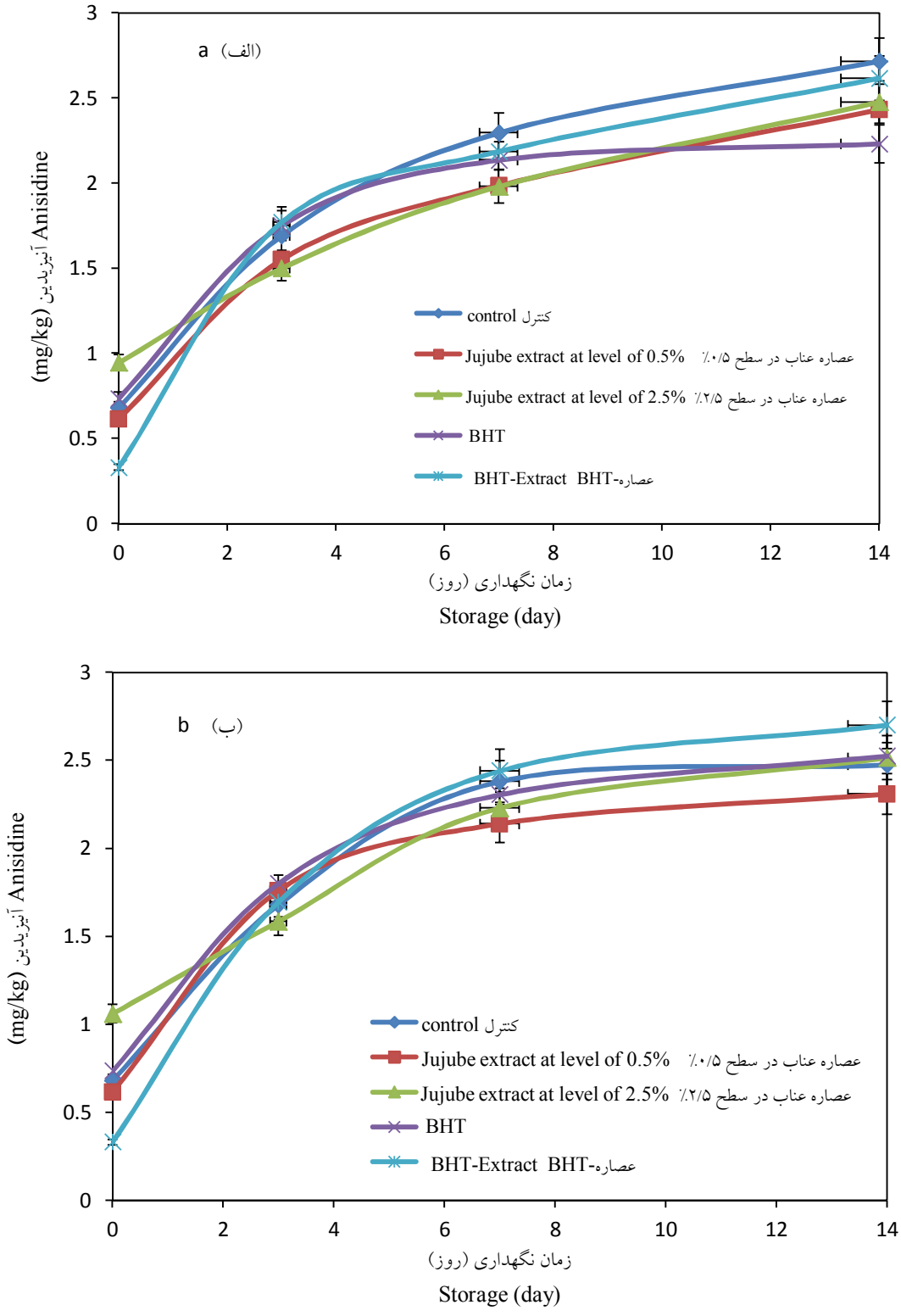
عصاره‌های گیاهی (رزماری، ریحان، نعنا، آویشن و پونه کوهی) به امولسیون روغن سویا در آب با اندازه‌گیری شاخص‌های پراکسید و آنیزیدین طی ۱۴ روز دوره نگهداری مورد ارزیابی قرار گرفت و مشاهده شد که افزودن این عصاره‌های طبیعی با کاهش اعداد پراکسید و آنیزیدین نسبت به نمونه شاهد، پایداری اکسایشی این امولسیون را بهبود بخشید (۲۳). در حالی که در مطالعه دیگری، کافئیک اسید در امولسیون روغن ماهی در آب با غلظت‌های ۵۰-۲۵ میکرومولار از خود بالاترین اثر پراکسیدانی نشان داد (۱).



شکل ۲- تغییرات عدد پراکسید فرمولاسیون‌های مختلف خامه قنادی در طی زمان نگهداری

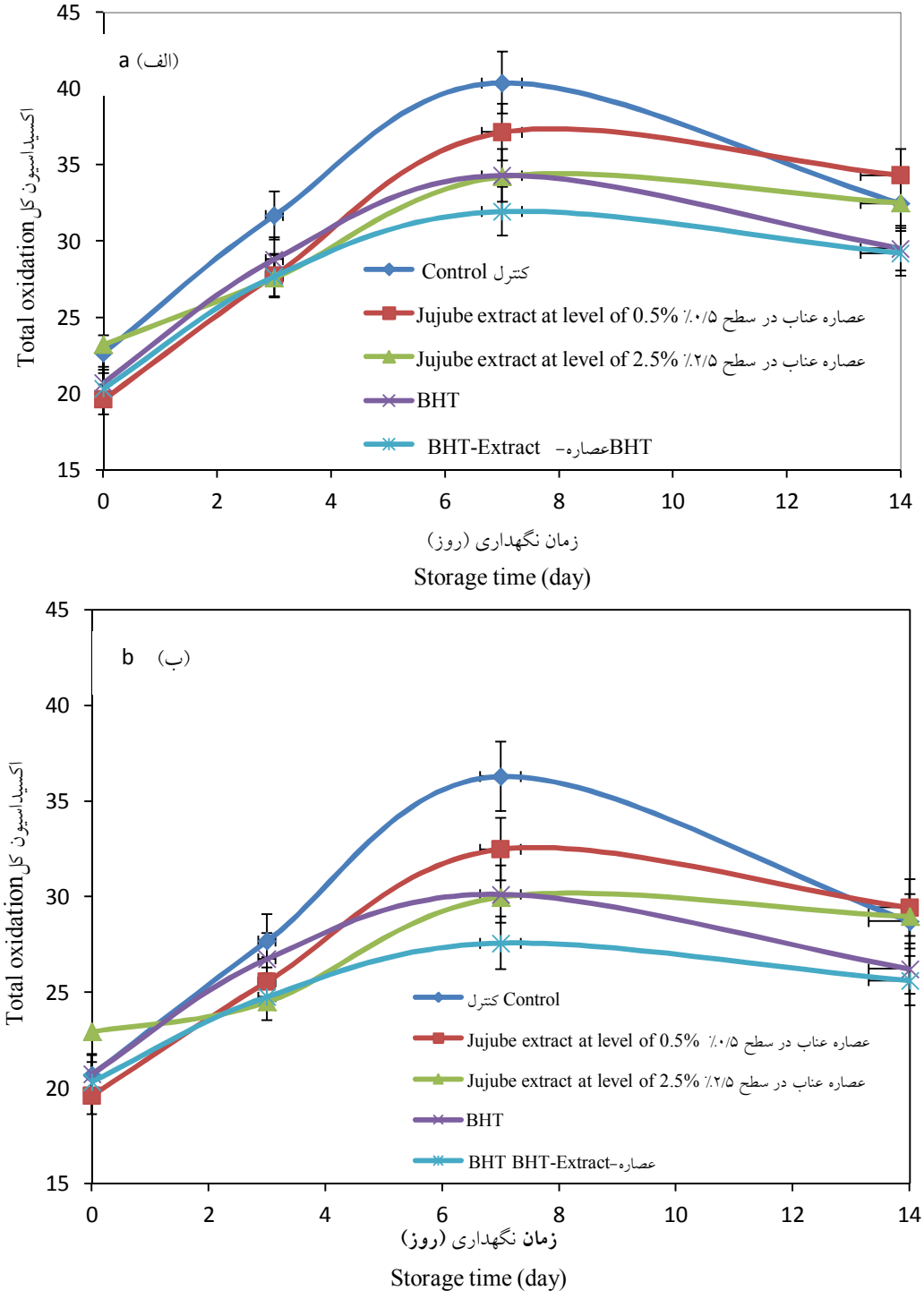
الف) عدم حضور نور فرابنفش ب) در حضور نور فرابنفش

Figure 2. Changes in peroxide values of confectionery cream formulations during storage
a) in absence of UV light b) in presence of UV light



شکل ۳- تغییرات عدد آنیزیدین فرمولاسیون‌های مختلف خامه قنادی در طی زمان نگهداری الف) عدم حضور نور فرابنفش ب) در حضور نور فرابنفش

Figure 3. Anisidine number variation of confectionery cream formulations during storage a) in the absence of UV light b) in the presence of UV light



شکل ٤- تغییرات اکسیداسیون کل فرمولاسیون‌های مختلف خامه قنادی در طی زمان نگهداری الف) عدم حضور نور فرابنفش ب) در حضور نور فرابنفش

Figure 4- Total oxidation variation of confectionery cream formulations during storage a) in the absence of UV light b) in the presence of UV light

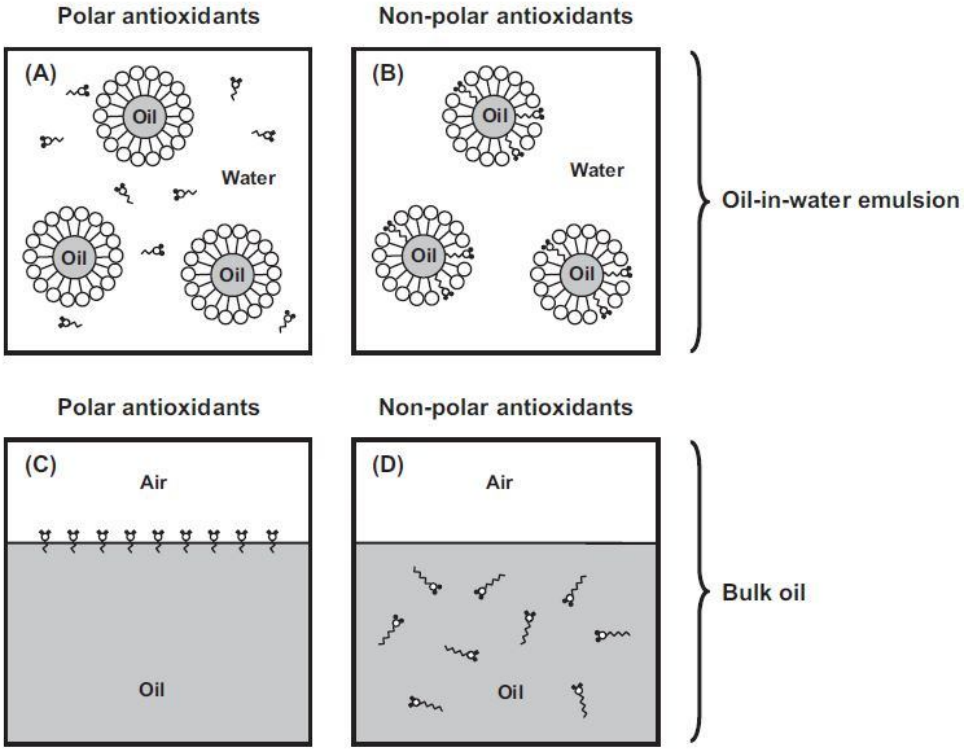
همانطور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود کمترین مقدار عدد توتوکس (اکسیداسیون کل) و به‌عبارتی بیشترین اثر مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد تولید شده، مربوط به فرمولاسیون‌های خامه حاوی BHT-عصاره (۱:۱)، خامه حاوی عصاره عناب در سطح ۲/۵ درصد و فرمولاسیون حاوی BHT می‌باشد که به صورت معنی‌داری با نمونه‌های کنترل و حاوی عصاره عناب با ۰/۵ درصد متفاوت بودند. تفاوت در اثربخشی ضداکسایندهها را می‌توان به تفاوت میل ترکیبی آنها به لایه‌های مرزی هوا-روغن یا آب-روغن در دو سیستم روغن توده‌ای و امولسیونی نسبت داد. در مطالعات نشان داده شده است که اثربخشی آنتی‌اکسیدان‌های قطبی و غیرقطبی در امولسیون ممکن است به‌طور قابل توجهی نسبت به آنتی‌اکسیدان مشابه در روغن توده‌ای متفاوت باشد. آنتی‌اکسیدان‌های قطبی (ترکیبات فنولی میوه عناب) در روغن‌های توده‌ای مؤثرتر هستند، زیرا آنها در لایه مرزی هوا-روغن یک غشای محافظ ایجاد می‌کنند که دسترسی سوبسترای چربی به اکسیژن را کاهش می‌دهد. در مقابل آنتی‌اکسیدان‌های غیرقطبی (BHT) که مقداری فعالیت سطحی دارند، به‌دلیل ایجاد غشای محافظتی اطراف قطرات در امولسیون‌ها موثرتر هستند. در شکل ۵ عملکرد ضداکسایندهای قطبی و غیرقطبی به تصویر کشیده شده است. همچنین در طول اکسیداسیون لیپید، بسیاری از محصولات اکسیداسیون کوچکتر هستند و دارای اتم‌های اکسیژن بیشتری نسبت به روغن اولیه هستند. این مولکول‌ها احتمالاً فعالیت سطحی بیشتری نسبت به لیپید اولیه دارند و بعضی از آنها حتی ممکن است نسبتاً در آب محلول باشند (مانند پروپانال) و وارد فاز آبی شوند (۱۳). بنابراین با استفاده همزمان از آنتی‌اکسیدان BHT و عصاره عناب، در سیستم امولسیونی خامه قنادی متشکل از هوا-آب-روغن، یک اثر هم افزایی در مهار رادیکال‌های آزاد مورد انتظار است که یافته‌های پژوهش کنونی این مسئله را تأیید می‌نماید.

در همین زمینه میزان اثربخشی انواع آنتی‌اکسیدان‌ها در دو سیستم روغن ذرت توده‌ای و امولسیون روغن ذرت در آب مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان دادند که آنتی‌اکسیدان‌های غیرقطبی (آلفا توکوفرول) عمدتاً در امولسیون روغن در آب و انواع قطبی (ترولاکس و آسکوربیک اسید) در روغن توده‌ای موثرتر واقع شدند (۲۶، ۱۵). همچنین تحقیقات علمی نشان داده است که فعالیت ترکیبی آنتی‌اکسیدان‌ها به علت هم‌افزایی تأثیر یکدیگر، بهتر از فعالیت یک آنتی‌اکسیدان منفرد است و آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی دسترسی زیستی بالاتری نسبت به انواع سنتزی دارند (۷).

استفاده از ترکیبات فنولی جهت مهار رنسیدیتی اکسایشی در تعدادی از محصولات و امولسیون‌های لبنی مورد بررسی قرار گرفته است. در مطالعه‌ای اثر آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی چغندر، نعناع و زنجبیل در کاهش اکسیداسیون چربی در مقایسه با آنتی‌اکسیدان‌های مصنوعی (TBHQ، BHA و BHT) تحت تیمار حرارتی در یک نوع دسر لبنی هندی ارزیابی شد. نعناع، چغندر و زنجبیل و همچنین ترکیبات آن، برای مهار اکسیداسیون لیپید در سطوح قابل مقایسه‌ای با BHA و BHT یافت شدند (۴).

با مشاهده نمودارهای شاخص اکسیداسیون، افزایش عدد پراکسید و اکسیداسیون کل در حضور نور UV به وضوح مشخص است. عملکرد آنتی‌اکسیدان‌های مختلف فرمول‌های خامه در برابر فتواکسیداسیون مشابه عملکرد آنها در نمونه‌هایی است که در معرض نور قرار نداشتند. به‌طور کلی می‌توان گفت فرمولاسیون‌های حاوی عصاره عناب BHT و عصاره عناب در سطح ۲/۵ درصد، بهترین عملکرد را در برابر مهار اکسیداسیون خود به خودی و

نوری سیستم خامه قنادی از خود نشان دادند. نور به عنوان یکی از عوامل آغازکننده فرآیندهای اکسیداسیون در غذاها شناخته شده است که منجر به از دست دادن مواد مغذی ارزشمند، تغییر رنگ و ایجاد عطر و طعم نامطلوب ناشی از ترکیباتی مانند آلدئیدها، کتون ها، متیونال و دی متیل‌دی‌سولفید می‌شود. محصولات لبنی نیز اغلب هنگام نگهداری و عرضه در ویترین خرده فروشی‌ها در معرض نور قرار می‌گیرند. ایجاد اکسیداسیون ناشی از نور وابسته به حضور اکسیژن، منبع تابش UV و ترکیبات حساس به نور می‌باشد که محصولات لبنی با توجه به مقادیر بالای ترکیبات حساس به نور (ریبوفلاوین، ویتامین B2) بسیار مستعد این نوع اکسیداسیون هستند (۶). قرار گرفتن در معرض نور پنیرهای چدار پس از ۳ روز نگهداری، به دلیل توسعه رنگ صورتی ناشی از اکسیداسیون لیپید، پذیرش حسی محصول را کاهش داد (۲۵،۲۱). همچنین مطالعات نشان داده است که یکی از مشکلات عمده محصولات پنیر خامه‌ای، تغییرات نامطلوب ناشی از اکسیداسیون نوری در طول نگهداری می‌باشد. اکسیداسیون نوری اینگونه محصولات، منجر به تشکیل پنتانال و هگزانال می‌شود که به شدت بر ویژگی های حسی ارزیابی شده تأثیر می‌گذارد (۳۰). برای پنیرهای پروسس حاوی ۳۱ درصد چربی، نگهداری در معرض نور در مقایسه با نگهداری در تاریکی پس از ۱۴ روز، افزایش شدید غلظت محصولات فرار اکسیداسیون اکتان، هگزانال، هپتانال، اکتانال و نونانال را در پی داشت (۳۶).

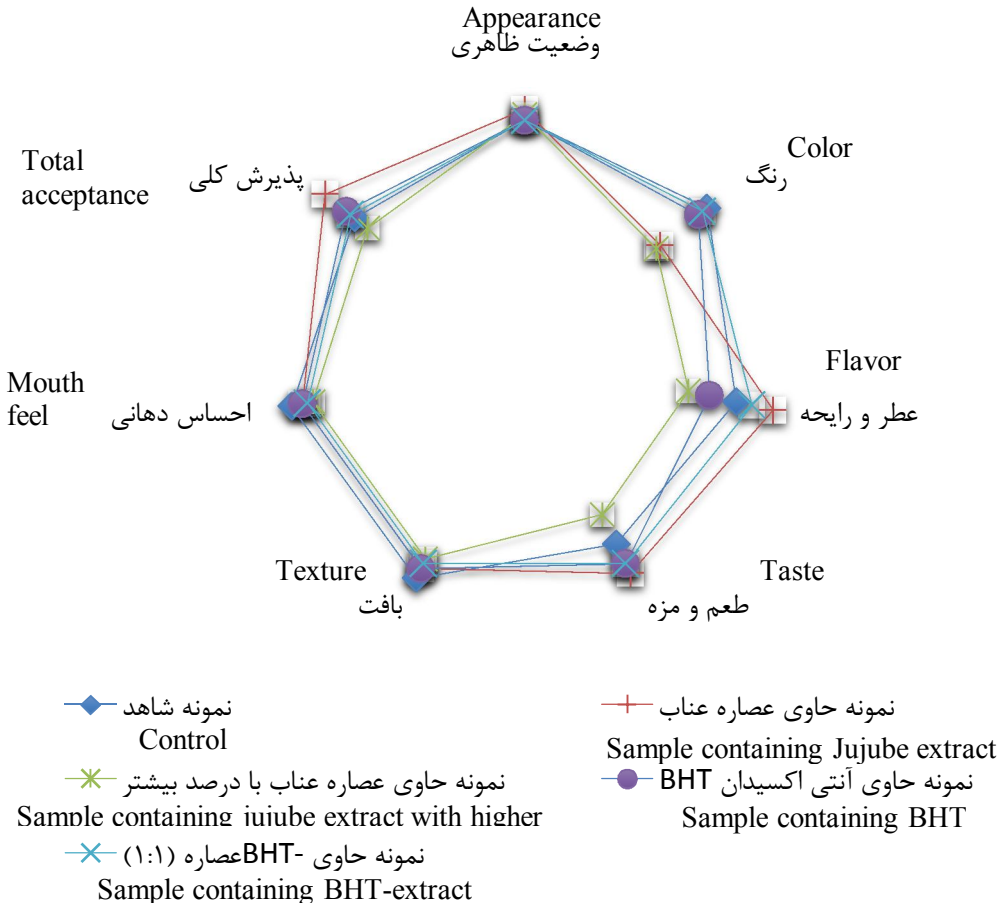


شکل ۵- عملکرد آنتی‌اکسیدان‌های قطبی و غیرقطبی در روغن توده‌ای و امولسیون روغن در آب (۲٤)

Figure 5- Function of polar and non-polar antioxidants in bulk oil and oil in water emulsion

ارزیابی حسی: از نظر وضعیت ظاهری، تفاوت معنی‌داری بین فرمولاسیون‌های مختلف خامه‌های فرم گرفته مشاهده نشد که اثبات کننده میزان و زمان هوادهی یکسان با استفاده از همزن می‌باشد. بالاترین

میزان عطر و رایحه از نظر ارزیابان مربوط به نمونه حاوی عصاره عناب با درصد کمتر بود؛ این در حالی بود که با افزایش میزان عصاره عناب عطر و رایحه خامه به کمترین میزان کاهش یافت و به نظر می‌رسد درصد بیشتر عصاره عناب، خامه را از مزه خاص و قابل انتظار آن دور می‌کند. نمونه حاوی عصاره عناب- ضداکساینده BHT، نیز امتیاز بالایی را کسب نمود و با اختلاف معنی‌داری بهتر از نمونه‌های شاهد، نمونه حاوی ضداکساینده BHT و نمونه حاوی عصاره عناب با درصد بالا ارزیابی گردید.



شکل ٦- نمودار ارزیابی حسی

Figure 6- Sensory evaluation chart

طعم و مزه نیز روندی تقریباً مشابه با عطر و رایحه را نشان داد و بالاترین امتیاز طعم و مزه به نمونه حاوی عصاره عناب با درصد کمتر اختصاص داده شد؛ در حالی که نمونه با درصد بیشتر، کمترین امتیاز را کسب کرد. نمونه‌های حاوی ضداکساینده سنتزی نیز با نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری نشان ندادند.

کمترین امتیازهای رنگ به نمونه‌های حاوی عصاره عناب تعلق گرفت و این امر را می‌توان به انتظاری که ارزیابان از رنگ خامه دارند مرتبط دانست. رنگ نارنجی عصاره عنابا ندکی روی رنگ خامه تأثیر می‌گذارد و محصول را از رنگ طبیعی خود دور می‌کند که این امر امتیاز کمتر ارزیابان را موجب شده است. نمونه شاهد و نمونه‌های حاوی آنتی اکسیدان سنتزی

اختلاف معنی‌داری نداشتند و BHT اثر مشخصی از این نظر روی نمونه های خامه نداشت.

از نظر بافت، نمونه شاهد بالاترین امتیاز را بدست آورد. ممکن است افزودن عصاره طبیعی یا آنتی اکسیدان سنتزی، بافت خامه را اندکی تحت تأثیر قرار داده باشد اما این اثر در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود و تمام ۵ تیمار خامه در یک سطح قرار داشتند. بنابراین استفاده از درصد کمتر عصاره (میزان معادل ضداکسایندگی سنتزی)، با اثر مثبت بر طعم و مزه و عطر و رایحه، تأثیر منفی معنی‌داری را نیز در بافت محصول موجب نمی‌شود. این امر را می‌توان به عنوان پارامتری مثبت برای استفاده از این نوع عصاره‌های گیاهی در محصولات لبنی ارزیابی نمود. احساس دهانی نیز مطابق انتظار، روندی مشابه با بافت را نشان داد و اختلاف معنی‌داری در بین نمونه‌های مختلف مشاهده نشد که این ثبات شاخص، نیز بیانگر حداقل بودن اثرات منفی افزودن عصاره عناب بر بافت و خصوصیات دهانی محصول است.

در مجموع با توجه به مطالب ذکر شده و تأثیر مثبت عصاره عناب بر عطر و طعم، رایحه و از طرفی بافت و احساس دهانی مطلوب، مطابق انتظار بالاترین امتیاز پذیرش کلی مربوط به نمونه خامه حاوی درصد حداقلی عصاره عناب (۰/۵ درصد) بود و با اختلاف معنی‌داری بهتر از سایر نمونه ها ارزیابی گردید. نمونه‌های حاوی BHT از نظر پذیرش کلی اختلاف معنی‌داری با نمونه شاهد نشان ندادند که می‌توان آن را به تأثیر اندک ضداکسایندگی سنتزی نسبت داد. نمونه حاوی درصد بالای عناب کمترین امتیاز از نظر پذیرش کلی را بدست آورد ($P<0/05$).

نتیجه‌گیری

میوه عناب تازه و خشک دارای خواص درمانی، آنتی‌اکسیدانی و تغذیه‌ای متعددی می‌باشد اما سرانه مصرف این میوه ارزشمند در کشور ایران بسیار پایین است. بنابراین یافتن راه‌حلی بهینه، جهت استخراج عصاره از عناب و فرآوری آن، ضمن کمک به توسعه اقتصادی استان‌های فارس، اصفهان و خراسان جنوبی به عنوان قطب‌های تولید این محصولات در کشور، می‌تواند گامی مناسب برای کمک به کشاورزان، همچنین ارائه‌دهنده ایده‌های نوینی در حیطه صنایع غذایی و دارویی و عامل افزایش سرانه مصرف این میوه باشد. امروزه به منظور کاهش زمان استخراج، بهبود راندمان، افزایش کیفیت عصاره‌ها و همچنین کاهش هزینه‌های عملیاتی، توجهات به سمت روش-های جدید نظیر حرارت‌دهی مقاومتی (اهمیک) جلب شده است. بنابراین یک سیستم گرمایشی مقاومتی مجهز به کنترل‌گر دما به‌صورت اختصاصی در راستای اهداف این پژوهش در آزمایشگاه فناوری‌های نوین صنایع غذایی طراحی و تولید گردید. همچنین تمایل به استفاده از نگهدارنده‌های شیمیایی و موادی که بر روی سلامت انسان و محیط زیست اثر منفی دارند، از طرف مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان صنعت موادغذایی کاهش یافته است. با همین دیدگاه در ادامه این پژوهش، خاصیت آنتی‌اکسیدانی عصاره عناب به عنوان یک ضداکساینده طبیعی در خامه قنادی به عنوان یک سیستم امولسیونی-غذایی مستعد اکسیداسیون نسبت به آنتی‌اکسیدان سنتزی BHT مورد ارزیابی قرار گرفت. در روز هفتم نگهداری اثر هم-افزایی BHT و عصاره عناب (با ماهیت‌های متفاوت از لحاظ قطبیت)، بر کاهش عدد پراکسید (از عدد ۱۹ به ۱۴/۵ و ۱۶/۹ به ۱۲) و اکسیداسیون کل (از عدد ۴۰ به ۳۱ و ۳۶ به ۲۶) به‌ترتیب در حضور یا عدم حضور نور فرابنفش به اثبات رسید. همچنین با بررسی عدد آنیزیدین نمونه‌های مختلف در حضور نور فرابنفش اثر شرایط محیطی و غلظت بر بروز خاصیت ضداکسایشی یا پراکسیدانی مشاهده گردید.

بنابراین با توجه به کاهش امتیاز پذیرش کلی محصول با افزایش درصد عصاره مصرفی و همچنین اثر هم‌افزایی ترکیبات ضد اکسایشی، خامه قنادی تولید شده حاوی BHT و عصاره عناب با نسبت یکسان را می‌توان به عنوان بهترین گزینه و در عین حال محصول عملگرا معرفی نمود.

منابع

1. Aaneby, J. 2012. Iron Catalyzed Lipid Oxidation in Emulsions and the Influence of Antioxidants Master thesis, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway. 57-58.
2. Al-Reza, S. M., Bajpai, V.K., and Kang, S. C. 2009. Antioxidant and antilisterial effect of seed essential oil and organic extracts from *Zizyphus jujuba*. Food and Chemical Toxicology. 47: 9).2374-2380.
3. AOCS Official method Ja 8-87 2009. Peroxide value. Champaign, IL: AOCS.
4. Bandyopadhyay, M., Chakraborty, R., and Raychaudhuri, U. 2008. Antioxidant activity of natural plant sources in dairy dessert (Sandesh) under thermal treatment. LWT-Food Science and Technology. 41:5.816-825.
5. Barriuso, B., Astiasarán, I., and Ansorena, D. 2013. A review of analytical methods measuring lipid oxidation status in foods: a challenging task. European food research and technology. 236:1).1-15.
6. Bekbölet, M. 1990. Light effects on food. Journal of Food Protection.53:5.430-440.
7. Benedetti, S., Benvenuti, F., Pagliarani, S., Francogli, S., Scoglio, S., and Canestrari, F. 2004. Antioxidant properties of a novel phycocyanin extract from the blue-green alga *Aphanizomenon flos-aquae*. Life Science. 75: 23.53–2362.
8. Brito, S.M., Coutinho, H.D., Talvani, A., Coronel, C., Barbosa, A.G., Vega, C. and Athayde, M.L. 2015. Analysis of bioactivities and chemical composition of Ziziphus joazeiro Mart. using HPLC–DAD. Food Chemistry. 186: 185-191.
9. Campbell, G. M., and Mougeot, E. 1999. Creation and characterisation of aerated food products. Trends in food science and technology. 10:9.283-296.
10. Chen, Z Y., Chan, P.T., Ho, K.Y., Fung, K.P., and Wang, J. 1996. Antioxidant activity of natural flavonoids is governed by number and location of their aromatic hydroxyl groups. Chemistry and Physics of Lipids. 79:2.157-163.
11. Choe, E. 2020. Roles and action mechanisms of herbs added to the emulsion on its lipid oxidation. Food Science and Biotechnology. 29:9.1165-1179.
12. Choi, S.H., Ahn, J.B., Kozukue, N., Levin, C.E., and Friedman, M. 2011. Distribution of free amino acids, flavonoids, total phenolics, and antioxidative activities of jujube (*Ziziphus jujuba*) fruits and seeds harvested from plants grown in Korea. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 59:12.6594-6604.
13. Coupland, J. N., and McClements, D. J. 1996. Lipid oxidation in food emulsions. Trends in Food Science and Technology. 7: 3.83-91.
14. Downey, W.K. 1969. Lipid oxidation as a source of off-flavour development during the storage of dairy products. International Journal of Dairy Technology. 22:3.154-161.
15. Frankel, E. N. 1996. Antioxidants in lipid foods and their impact on food quality. Food Chemistry. 57: 1.51-55.
16. Gad, A.S., and Sayd, A.F. 2015. Antioxidant properties of rosemary and its potential uses as natural antioxidant in dairy products—A review. Food and Nutrition Sciences. 6: 1.179.
17. Gao, Q.H., Wu, C.S., Wang, M., Xu, B.N., and Du, L.J. 2012. Effect of drying of Jujubes (*Ziziphus jujuba* Mill.) on the contents of sugars, organic acids, α-tocopherol, β-carotene, and phenolic compounds. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 60: 38.9642-9648.
18. Gavahian, M., Farhoosh, R., Javidnia, K., Shahidi, F., and Farahnaky, A. 2015. Effect of applied voltage and frequency on extraction parameters and extracted essential oils from *Mentha piperita* by

ohmic assisted hydrodistillation. Innovative Food Science & Emerging Technologies. 29: 2.161-169.
19. Iran Institute of Standards and Industrial Research. 2015. No. 10500, Edible Oils and Fats - Minarine - Characteristics and Test Methods, First Review.
20. Johnstone, R. 2014. Development of the Chinese jujube industry in Australia. RIRDC Publications. 7: 6).45.
21. Juric, M., Bertelsen, G., Mortensen, G., and Petersen, M. A. 2003. Light-induced colour and aroma changes in sliced, modified atmosphere packaged semi-hard cheeses. International Dairy Journal. 13: 3).239-249.
22. Kargar, M., Spyropoulos, F., and Norton, I.T. 2011. The effect of interfacial microstructure on the lipid oxidation stability of oil-in-water emulsions. Journal of Colloid and Interface Science. 357: 2.527-533.
23. Kim, J., and Choe, E. 2016. Effects of selected herb extracts on iron-catalyzed lipid oxidation in soybean oil-in-water emulsion. Food science and biotechnology. 25: 4.1017-1022.
24. Kim, J., and Choe, E. 2019. Interaction effect of tocopherol homologs with peppermint extract on the iron-catalyzed oxidation of soybean oil-in-water emulsion. Food Science and Biotechnology. 28: 6.1679-1685.
25. Kristensen, D., Hansen, E., Arndal, A., Trinderup, R.A., and Skibsted, L.H. 2001. Influence of light and temperature on the colour and oxidative stability of processed cheese. International Dairy Journal. 11: 10.837-843.
26. Laguerre, M., Bayrasy, C., Panya, A., Weiss, J., McClements, D.J., Lecomte, J. and Villeneuve, P. 2015. What makes good antioxidants in lipid-based systems? The next theories beyond the polar paradox. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 55: 2.183-201.
27. Medina, I., Undeland, I., Larsson, K., Storro, I., Rustad, T., Jacobsen, C., Kristinova, V., and Gallardo, JM. 2012. Activity of caffeic acid in different fish lipid matrics: A review. Food chemistry. 131: 730-740.
28. McClements, D.J., and Decker, E.A. 2000. Lipid oxidation in oil-in-water emulsions: Impact of molecular environment on chemical reactions in heterogeneous food systems. Journal of Food Science. 65:8.1270-1282.
29. O'connell, J.E., and Fox, P.F. 2001. Significance and applications of phenolic compounds in the production and quality of milk and dairy products: a review. International Dairy Journal. 11:3.103-120.
30. Pettersen, M.K., Eie, T., and Nilsson, A. 2005. Oxidative stability of cream cheese stored in thermoformed trays as affected by packaging material, drawing depth and light. International Dairy Journal. 15: 4.355-362.
31. Sarkis, J.R., Jaeschke, D.P., Tessaro, I.C., and Marczak, L.D. 2013. Effects of ohmic and conventional heating on anthocyanin degradation during the processing of blueberry pulp. LWT-Food Science and Technology. 51:1.79-85.
32. Seidi Damyeh, M., Niakousari, M., Golmakani, M.T., and Saharkhiz, M.J. 2016. Microwave and ohmic heating impact on the in situ hydrodistillation and selective extraction of *Satureja macrosiphonia* essential oil. Journal of Food Processing and Preservation. 40:4.647-656.
33. Simic, A., Manojlovic, D., Segan, D., and Todorovic, M. 2007. Electrochemical behavior and antioxidant and prooxidant activity of natural phenolics. Molecules. 12: 2327-2340.
34. Shim, S.Y., Ahn, J., and Kwak, H.S. 2003. Functional properties of cholesterol-removed whipping cream treated by β-cyclodextrin. Journal of Dairy Science. 86: 9.2767-2772.
35. Smirnova, EG., Lyubimov, YI., Malinina, TG., Lyubimova, EY., Alexandrushkina, NI., Vanyushin, BF., Kolesova, GM., and Yaguzhinsky, LS. 2002. BHT produces superoxide anion. Biochem Moscow. 67: 11.12771-1275.
36. Sunesen, L.O., Lund, P., Sørensen, J., and Hølmer, G. 2002. Development of volatile compounds in processed cheese during storage. LWT-Food Science and Technology. 35: 2.128-134.

37. Vidanagamage, S.A., Pathiraje, P.M.H.D., and Perera, O.D.A.N. 2016. Effects of Cinnamon (*Cinnamomum Verum*) Extract on Functional Properties of Butter. Procedia Food Science. 6: 1.136-142.
38. Zhang, H., Jiang, L., Ye, S., Ye, Y., and Ren, F. 2010. Systematic evaluation of antioxidant capacities of the ethanolic extract of different tissues of jujube (*Ziziphus jujuba Mill*.) from China. Food and Chemical Toxicology. 48: 6.1461-1465.
39. Zhao, H.X., Zhang, H.S., and Yang, S.F. 2014. Phenolic compounds and its antioxidant activities in ethanolic extracts from seven cultivars of Chinese Jujube. Food Science and Human wellness. 3: 34.183-190.

EJFPP, Vol. 13 (2): 95-118
http://ejfpp.gau.ac.ir

Antioxidant characteristics and evaluation of *Ziziphus Jujuba* fruit extract obtained by ohmic heating method in confectionery cream

Razieh Jamalifard[1], Mehrdad Niakosari[1]*, MohammadHadi Eskandari[1], Mohammad Taghi Golmakani[1], Mehrab Mirabzade ardekani[2]

[1]Department of Food Science and Technology, School of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran.
[2]Faculty of Traditional Medicine, Medical University of Tehran, Tehran, Iran.

Received: 2020/08/17; Accepted: 2020/09/29

Abstract

Background and objectives: Lipid oxidation is one of the most common problems in dairy products rich in unsaturated fatty acids. This phenomenon can occur during processing, distribution and storage steps and lead to loss of valuable nutrients, discoloration and unpleasant flavor. Many medical studies confirmed side effects of synthetic additives on human health. Accordingly, extracts and essential oils obtained from medicinal plants and fruits have received more attention as natural antioxidants in recent years. The use of phenols in dairy products has long been supported not only as natural antioxidants but also to produce products with new taste and various color characteristics. Therefore, evaluating the function of jujube extract in a dairy emulsion system, which is susceptible to oxidation could prove the potential of this fruit in processing and enhancing the oxidative stability of food products.

Material and methods: First, ohmic heating system equipped with a temperature regulator was designed and made. This system (a new and green heating technology) was applied in optimal conditions in order to obtain Jujube extract as a rich source of bioactive compounds which was added to confectionery cream as a natural antioxidant. Confectionery cream samples were produced at the industrial pilot scale according to optimized formulation in the research and development unit of Zarrin Ghazal company. Formulations were contained jujube extract at the level of 0.5 and 2.5%, synthetic antioxidant butyl hydroxytoluene (BHT), and BHT-extract combination. Assessment of oxidative stability was conducted by measuring peroxide, p-anisidine and total oxidation values during the storage period under different conditions such as darkness and ultraviolet light radiation.

Results: The results showed that cream formulations containing BHT-extract and Jujube extract at the level of 2.5% had the lowest values of total oxidation, which represented the highest free radicals inhibitory effect. Evaluation of anisidine number in the absence of ultraviolet light revealed that the production rate of secondary products of oxidation in samples containing jujube extract and BHT separately was significantly lower than the production rate in control sample. While in the presence of ultraviolet light, only the growth rate of anisidine number of cream containing Jujube extract sample at the level of 0.5% was significantly different in comparison to control sample. However, it was observed that antioxidants in different concentrations and environmental conditions may act as prooxidants. Only the growth rate of the anisidine number of the sample containing 0.5% of jujube extract in the presence of ultraviolet light was significantly different from the control sample. Therefore, Jujube extract can act as an antioxidant against auto- and photo-oxidation. It also demonstrated antioxidant properties in confectionery cream emulsion and BHT-extract combination was affirmed to have synergistic effects against oxidation, due to different functions of polar and non-polar antioxidants. According to the sensory evaluation results, the highest total acceptance score was

*Corresponding author; niakosar@shirazu.ac.ir

related to the cream sample containing 0.5% Jujube extract. The positive effect of this extract on flavor, aroma, texture and desired mouthfeel was determined with a significant difference compared to other samples.

Conclusion: Jujube extract could be used as a natural alternative to synthetic antioxidants in the food and pharmaceutical industries. However, according to the results of sensory evaluation, by increasing the percentage of these compounds a negative impact on overall acceptance was observed. On the other hand, due to the synergistic effects of polar and non-polar antioxidants and reducing the total oxidation, the use of natural phenolic compounds instead of some synthetic antioxidants can be suggested as the optimal option. Furthermore, fortified cream prepared in the present study could be introduced as a functional food because of health-promoting properties of Jujube extract.

Keywords: Jujube, Extraction, Ohmic heating, Antioxidant properties, Confectionary cream