مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

مطالعه برخی خواص کیفی و حسی لواشک سیب غنی شده

مرضیه جوادی فارسانی[۱]، حسین میرزایی مقدم[۲*]، احمد رجایی نجف آبادی[۳]

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود.

۲- استادیار، مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود.

۳- دانشیار، تکنولوژی موادغذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود.

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۰۸

کلمات کلیدی:

کیتوزان،

خواص فیزیکی،

امولسیون روغن هسته انار،

ایزوله پروتئین سویا.

DOI: 10.22034/FSCT.19.133.175

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.133.15.0

* مسئول مکاتبات:

hosseinsg@yahoo.com

چکیده

هدف از این پژوهش غنی سازی لواشک سیب با روغن هسته انار درونپوشانی شده با ذرات کیتوزان-ایزوله پروتئین سویا و در ادامه بررسی خواص کیفی رنگ، بافت و حسی لواشک های سیب بود. در ابتدا ذرات کمپلکس کیتوزان-ایزوله پروتئین سویا تهیه شدند و سپس برای پایدارسازی امولسیون های روغن هسته انار (۲۰، ۳۰ و ۵۰ درصد روغن) استفاده شدند. نتایج ضریب خامه ای شدن نشان داد که امولسیون ۲۰ درصد کمترین میزان خامه‌ای شدن را پس از ۱۴ روز نگهداری داشت. در ادامه، اندازه قطرات و ویسکوزیته امولسیون ۲۰ درصد ارزیابی شد. نتایج نشان داد که اندازه قطرات امولسیون در حد ۱ میکرومتر و رفتار جریان امولسیون نیوتنی بود. سپس اثر امولسیون روغن هسته انار (با غلظت‌های ۰/۲، ۰/۵ و۱ درصد) بر خواص رنگ، بافت و ارزیابی حسی لواشک سیب بررسی شد. نتایج ارزیابی حسی نشان داد که لواشک سیب بدون امولسیون در مقایسه با نمونه‌های که دارای درصد امولسیون بیشتر بودند رنگ روشن‌تری داشت. مقبولیت کلی لواشک ها برای نمونه شاهد و۰/۲ درصد امولسیون تفاوت معنی داری نداشت و بنابراین می توان بیان کرد که استفاده از روغن هسته انار در لواشک سیب به شکل امولسیون تا حد ۰/۲ درصد مناسب است.

۱- مقدمه

انار یکی از قدیمی‌ترین میوه‌های خوراکی با نام علمی *Punica granatum* می‌باشد که در مقایسه با دیگر میوه‌ها دارای غلظت بالایی از پلی‌فنل‌هاست [۱]. روغن هسته انار (PSO)[1] یک روغن زرد رنگ با بوی ملایم و با ارزش تغذیه ای بالا است [۲]. از نظر شیمیایی اسیدپونیسیک که اسیدچرب اصلی روغن هسته انار است حاوی ٦٦ درصد باند دوگانه سیس و ۳۳ درصد باند دوگانه ترانس می‌باشد [۲]. مفهوم درونپوشانی نسبتاً جدید است که به‌طور گسترده در سیستم‌های تحویل موادغذایی و دارویی و تثبیت آن‌ها استفاده می‌شود[۳]. در فرآیند درونپوشانی، پوسته‌ها یا به اصطلاح دیواره‌ها، غشایی را در اطراف مواد هسته تشکیل می‌دهند و از آن محافظت می‌کنند[٤]. روش های مختلفی برای درونپوشانی وجود دارد که امولسیون از جمله این روش ها می باشد. امولسیون‌ها از دوفاز غیرقابل امتزاج تشکیل شده‌اند، فاز پراکنده شامل قطرات کروی است که در یک فاز پیوسته توزیع می‌شود [۵]. امولسیون‌ها از هرنوعی که باشند مانند: روغن در آب یا آب در روغن و یا حتی چندگانه زمانی که توسط ذرات جامد در موقعیت سورفاکتانت تثبیت شده باشند، امولسیون پیکرینگ نامیده می‌شوند. درامولسیون‌های پیکرینگ برخلاف امولسیفایرهای کلاسیک از ذرات جامد به جای سورفاکتانت استفاده می‌شود. سازگاری با محیط زیست و پایداری بالای این ذرات توجه محققین را به سوی خودشان جلب کرده اند [٦]. در دهه‌های اخیر تهیه امولسیون پیکرینگ به‌دلیل کاربردهای فراوان آن در صنایع‌غذایی و دارویی، آرایشی و بهداشتی رو به افزایش است. تحقیقات متعددی درسال های اخیر در زمینه‌ی امولسیون پیکرینگ انجام شده است که قابلیت امولسیون پیکرینگ به منظور افزایش ثبات اکسیداسیونی امولسیون ها مورد بررسی قرار گرفته است [۷].

کیتوزان پلی‌ساکارید خطی که از استیل‌زدایی کیتین به دست می‌آید، دومین بسپار زیستی و بعد از سلولز فراوان‌ترین بسپار در طبیعت است که مشتق شده از اسکلت بیرونی سخت پوستان، کوتیکول حشرات و دیواره سلولی برخی قارچ‌ها وجود دارد و یک بیوبسپارهای طبیعی با بار مثبت است. همچنین ذرات مبتنی بر کیتوزان به‌دلیل ویژگی زیست تخریب‌پذیر و زیست سازگاری، جایگزین‌های مناسبی به‌عنوان پایدارکننده امولسیون پیکرینگ هستند [۵]. کمپلکس بین کیتوزان و سایر بسپارها عمدتاً توسط جاذبه الکترواستاتیکی بین کیتوزان با بار مثبت در pH اسیدی و بسپارهای دارای بار منفی ایجاد می‌شود. کمپلکس شدن پروتئین‌ها با پلی‌ساکاریدهای آنیونی مانند (پروتئین سویا) نه تنها تثبیت فضایی پروتئین‌ها را فراهم می‌کند، بلکه باعث بهبود تثبیت زیست فعال‌های محصور شده در ترکیبات می‌شود.

دانه سویا با نام علمی *Glycine max* از خانواده‌ی حبوبات و مربوط به شبدر، نخود ویونجه می‌باشد که غنی از پروتئین است و لیزین فراوان و متیونین پایینی دارد که برای تقویت متیونین در نوزادان همراه شیر مادر توصیه می‌شود[۸و ۹]. خالص‌ترین شکل پروتئین سویا، ایزوله پروتئین سویا است که از فراکسیون اصلی ایزوله پروتئین سویا پس از حذف اجزای غیرپروتئینی تولید شده است. ایزوله پروتئین سویا از مهم‌ترین پروتئین‌های تجاری است که استفاده از آن به‌علت ویژگی‌های عملکردی مطلوب در سیستم‌های غذایی، هضم راحت و ارزش غذایی بالا و به‌دلیل کم هزینه بودن جایگزین بهتری برای مواد محصور کننده و همچنین به‌دلیل ماهیت آب‌گریزی سطحی آن راهکارهای مناسبی برای تولید محصولاتی جدید، فراسودمند و عاملی مطلوب در بهبود کیفیت تغذیه مصرف کنندگان است [۱۰].

یکی از بزرگ‌ترین تجارت جهانی در بین میوه‌های باغی و مناطق سردسیر و معتدل سیب است، سیب منبع خوبی از ویتامین C، فیبر و غنی از ترکیبات فنلی هم‌چون اسید کلروژنیک، پروسیانیدین B_2 و کورستین است این میوه خاصیت آنتی‌اکسیدانی زیادی دارد و خطر ابتلا به سرطان پروستات، کبد و ریه را کاهش می‌دهد. از دیرباز تاکنون خشک کردن و تهیه لواشک از روش‌های کاربردی و مفید در حفظ و نگهداری طولانی‌مدت محصولات کشاورزی به‌خصوص میوه‌ها به شمار می‌روند. لواشک یک ورقه نازک یا نوار انعطاف‌پذیر از پوره میوه یا کنسانتره آب میوه ساخته می‌شود و در بعضی موارد با افزودن مواد غلیظ‌کننده مانند: نشاسته، ژلاتین، صمغ، مشتقات سلولز باعث تقویت آن می‌شوند [۱۱]. جاواریا و همکاران (۲۰۲۱) در پژوهشی لواشک میوه غنی از مواد مغذی را برای مصرف‌کنندگان تولید کردند که در این پژوهش مخلوط لواشک میوه سیب و هلو

1. Pomegranate seed oil

از نظر ارزیابی حسی رنگ و مزه مورد پسند بیشتر متخصصین قرار گرفت [۱۲]. تورس و همکاران (۲۰۱۵) در مطالعه‌ای لواشک سیب را بدون افزودن مواد نگهدارنده تهیه کردند که نتایج نشان داد که نمونه‌ها از نظر میکروبیولوژیکی تا ٦ ماه نگهداری پایدار بودند [۱۳]. بنابراین با توجه به مطالب مذکور و همچنین با بررسی منابع، در ارتباط با خواص مختلف لواشک سیب غنی شده با روغن هسته انار، پژوهشی مشاهده نشد. لذا هدف از انجام این تحقیق، مطالعه برخی خواص کیفی و حسی لواشک سیب غنی شده با روغن هسته انار درونپوشانی شده با امولسیون کیتوزان–ایزوله پروتئین سویا می‌باشد.

۲- مواد و روش ها

مواد مورد استفاده شامل: کیتوزان با درجه استیل‌زدایی ۸۵ – ۷۵ درصد (سیگما آلدریچ، آمریکا)، ایزوله پروتئین سویا ۹۰ درصد (شرکت Shandong Yuwang Ecological Food Industry، چین)، الکل اتانول ۹٦ درصد (شرکت زکریای جهرم، ایران)، اسیداستیک (شرکت مرک، آلمان)، روغن هسته انار از شرکت کامجد شاهرود و میوه سیب مجن شاهرود با رقم گلدن دلیشز[1] بود.

۲-۱- آزمون‌های قبل از تهیه امولسیون

۲-۱-۱- آماده‌سازی محلول مواد دیواره (کیتوزان–ایزوله پروتئین سویا)

محلول ۰/۵درصد وزنی حجمی کیتوزان و محلول ۰/۰۵ درصد وزنی حجمی ایزوله پروتئین سویا با نسبت ۱:۱۰ به‌طور جداگانه تهیه شدند. ابتدا ۰/۵گرم کیتوزان در ۱۰۰ میلی‌لیتر اسیداستیک آبی (۱ درصد حجمی/حجمی) حل کرده و محلول حاصل به‌مدت ۲۰ دقیقه در حمام اولتراسونیک قرار گرفت. سپس محلول کیتوزان تهیه شده روی همزن مغناطیسی با دور rpm ۵۰۰ قرار داده شد و پس از آن محلول ایزوله پروتئین سویا در ۲۰ میلی‌لیتر در الکل ۷۰ درصد به مدت ۵ دقیقه در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد حل شد و سپس ایزوله پروتئین سویا را تحت شرایط فراصوت پروبی به محلول کیتوزان اضافه گردید [۵].

۲-۱-۲- تبخیر حلال با تغلیظ‌کننده تحت خلأ و تهیه امولسیون‌های پیکرینگ

حلال اتانول دیسپرسیون‌های حاصله با استفاده از تبخیرکننده چرخان تحت خلأ خارج شد. عمل تبخیر تا زمان کاهش حجم به نصف حجم اولیه انجام گردید. پس از تبخیر اتانول، روغن هسته انار با رعایت نسبت ۱:۱۰ هسته به دیواره جهت کپسولاسیون و تهیه امولسیون افزوده و امولسیون ۰/۵ درصد روغن تشکیل گردید. سپس با همزن سرعت بالا و دور rpm ۱۱۰۰۰ جهت تشکیل امولسیون به مدت ۵ دقیقه هم‌زده شد. در ادامه امولسیون اولیه جهت ریز شدن ذرات، تحت شرایط فراصوت پروبی با قدرت ٦۵٪ قرار گرفت که تیمار T1 (شاهد)، T2 (امولسیون ۰/۲ درصد)، T3 (امولسیون۰/۵ درصد) و T4 (امولسیون ۱ درصد) می‌باشد. زمان کل آزمایش ۵ دقیقه، ۵ ثانیه on، ۵ ثانیه off بود.

۲-۱-۳- میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)[2]

مورفولوژی و اندازه ذرات کیتوزان–ایزوله پروتئین سویا با استفاده از تصاویر میکروسکوپ الکترونیکی روبشی مورد بررسی قرار گرفت. به این منظور که یک قطره از نمونه تازه رقیق‌شده روی لام ریخته و خشک شد و با SEM اندازه‌گیری شد[١٤].

۲-۱-٤- تعیین اندازه ذرات

اندازه ذرات امولسیون با استفاده از دستگاه پراکندگی نور دینامیک DLS (ZEN 3600،England) تعیین گردید. اندازه ذرات برای هر دو نوع امولسیون بعد از فراصوت تعیین شد. شاخص Span دامنه نمودار توزیع اندازه ذرات را نشان می‌دهد. هر چه نمودار باریک‌تر باشد عدد Span کوچک‌تر است. توزیع اندازه ذرات با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد:

$$Span = \frac{D(\%٩٠)-D(\%١٠)}{D(\%٥٠)}$$

که در آن D قطری که حجم ذرات کوچک‌تر از آن، به ترتیب ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد حجم کل ذرات موجود در سیستم را تشکیل می‌دهند[۱۵].

1 Golden delicious

2 Scanning electron microscope

۲-۲- آزمون‌های بعد از تهیه امولسیون

۲-۲-۱- محاسبه شاخص خامه‌ای شدن

شاخص خامه‌ای شدن امولسیون پیکرینگ آماده شده مطابق روش چونگ و همکاران (۲۰۱٦) مورد ارزیابی قرار گرفت. به این صورت که ۱۰ میلی‌لیتر از امولسیون های حاوی ۲۰، ۳۰ و ۵۰ درصد روغن هسته انار در داخل ویال ریخته و درب آن‌ها محکم بسته شد تا از تبخیر آن‌ها جلوگیری شود و به مدت ١٤ روز نگهداری شد. شاخص خامه‌ای شدن (برحسب درصد) با استفاده از رابطه (۲) محاسبه شد:

$$CI(\%)=\frac{HS}{HE}\times ۱۰۰$$

که در این رابطه CI: شاخص خامه‌ای شدن بر حسب درصد، HE: ارتفاع کل امولسیون برحسب میلی‌متر و HS: ارتفاع لایه‌ی سرم امولسیون بر حسب میلی‌متر می‌باشد. شاخص خامه‌ای شدن اطلاعاتی غیرمستقیم درباره‌ی میزان انعقاد قطره در امولسیون و همچنین وضعیت پایداری امولسیون را تخمین می‌زند [١٦]. لازم به ذکر است که بهترین امولسیون از نظر شاخص خامه‌ای شدن برای قسمت‌های بعدی آزمایش مورد استفاده قرار گرفت.

۲-۲-۲- تصویربرداری و تعیین اندازه قطرات امولسیون

به منظور تعیین اندازه قطرات امولسیون، از میکروسکوپ نوری مجهز به دوربین دجیتال استفاده شد. بدین ترتیب که یک قطره از امولسیون با سمپلر برداشته و یک قطره آب مقطر برای رقیق‌کردن امولسیون روی لام شیشه‌ای ریخته و به‌طور کامل پخش گردید. سپس بلافاصله و قبل از خشک شدن قطره، تصاویر با میکروسکوپ نوری با بزرگنمایی ٤٠ مجهز به دوربین دیجیتالی ثبت شد. همچنین اندازه قطرات امولسیون روغن هسته انار با روش DLS اندازه گیری شد.

۲-۲-۳- رفتار جریان امولسیون

رفتار جریان امولسیون روغن هسته انار با استفاده از دستگاه رئومتر (Rheometer Compact Modular، مدل Physica 302 کشور اتریش) و (مجهز به استوانه‌های هم محور دوگانه) در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد انجام گرفت. در این آزمون ویسکوزیته در سرعت های برشی مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت [۱۷].

۲-۳- تهیه لواشک سیب غنی شده با روغن هسته انار

میوه سیب شسته و هسته‌های آن گرفته شد، به مدت 3 ساعت در بن‌ماری در دمای ٦٥ درجه سانتیگراد قرار گرفت تا بافت آن نرم شود، سپس آن را آسیاب و از صافی عبور می‌دهیم. لواشک میوه به میزان ۱۲۰ گرم با نسبت‌های (۰/۲، ۰/۵ و ۱ درصد) از امولسیون تهیه شده افزوده می‌شود و به‌صورت لایه‌ی نازک روی سینی آلومینیومی که از قبل با سلفون پوشانده شده بود قرار داده شد تا از چسبیدن لواشک میوه پس از خشک شدن جلوگیری کند. خشک کردن در دمای ٦٠ درجه سانتیگراد به مدت ۵ ساعت با سرعت هوا ۲ متر بر ثانیه و به رطوبت ۷۸/۳۳ درصد کاهش یافت.

۲-۳-۱- ارزیابی رنگ لواشک سیب

تعیین شاخص‌های رنگ با استفاده از دستگاه رنگ سنج (هانترلب *Colorflex* مدل A654-1005-60 0.45، ساخت کشورآمریکا) انجام شد. بدین ترتیب که پس از اندازه‌گیری پارامترهای رنگی a (شاخص قرمزی-سبزی)، b (شاخص زردی-آبی)، L (شاخص شفافیت)، با استفاده از رابطه (۳) اختلاف رنگ کل (ΔE) نیز محاسبه شد.

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

که در این رابطه ΔE: اختلاف رنگ کل، ΔL: اختلاف شفافیت هر نمونه نسبت به شاهد، Δa: اختلاف قرمزی هر نمونه نسبت به شاهد و Δb: اختلاف زردی هر نمونه نسبت به شاهد می باشد [۱۸].

۲-۳-۲- آزمون کشش نمونه‌های لواشک سیب

برای انجام آزمون کشش از دستگاه آزمون مواد (مدل STM-20، شرکت سنتام ساخت ایران) استفاده گردید. بدین ترتیب که نمونه‌ها در ابعاد ۱۰×۱ سانتی‌متر با تیغ جراحی برش داده شد و در بین فک‌های ثابت و متحرک دستگاه قرار داده شدند. در این آزمایش فاصله بین فک‌ها ۵۰ میلی‌متر، سرعت بارگذاری ۱۰ میلی‌متر بر دقیقه درنظر گرفته شد. نمودارهای تنش-کرنش مربوط به هر نمونه در حافظه دستگاه ذخیره شد و در ادامه مدول یانگ (یا همان ضریب الاستیسیته به‌عنوان شاخص فنریت بافت

لواشک بر حسب مگاپاسکال)، کرنش در نقطه گسیختگی (به‌عنوان شاخص افزایش طول در نقطه گسیختگی (شاخص انعطاف‌پذیری) بافت لواشک، برحسب میلی‌متر/میلی‌متر)، تنش کششی (به‌عنوان شاخص استحکام کششی بافت لواشک، بر حسب مگاپاسکال) و انرژی گسیختگی (انرژی مورد نیاز به منظور گسیختگی بافت لواشک، بر حسب میلی‌ژول) محاسبه شد[۱۹].

۲-۳-۳- بررسی خواص حسی نمونه‌های لواشک سیب

ارزیابی حسی با استفاده از آزمون پنل انجام پذیرفت. کلیه ارزیابی‌ها به روش تک چشایی و با امتیازبندی هدونیک پنج نقطه‌ای با در نظر گرفتن ویژگی‌های طعم و مزه، رنگ و شکل ظاهری، قابلیت جویدن، قابلیت انحلال در دهان و مطلوبیت کلی انجام پذیرفت. گروه ارزیاب متشکل از ۱۲ نفر از متخصصین صنایع‌غذایی بود تا نمونه‌ها را مورد بررسی قرار دهند. در قالب پرسشنامه‌ای، از هر فرد ۵ سؤال پرسیده شد و برای هر سؤال ۵ گزینه به‌عنوان پاسخ موجود بود. هر فرد با توجه به سلیقه‌ی خود یکی از گزینه‌های خیلی خوب، خوب، متوسط، بد و خیلی بد را علامت می‌زد و در نهایت با دادن امتیاز به هر گزینه (خیلی خوب: ۵، خوب: ٤، متوسط: ۳، بد:۲ و خیلی بد:۱) نتایج مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت [۲۰].

۲-٤-تجزیه و تحلیل آماری

در این پژوهش، تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها براساس آزمون دانکن با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام پذیرفت و سپس با استفاده از نرم افزار اکسل نسخه ۲۰۱۹، نتایج به‌صورت نمودار و جداول ارائه شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- اندازه ذرات کمپلکس کیتوزان-ایزوله پروتئین سویا

یکی از روش‌های فیزیکی غیرمخرب برای تعیین توزیع و اندازه ذرات موجود در محلول‌ها و امولسیون‌ها، استفاده از روش پراکندگی نور دینامیک (DLS) می‌باشد. به طورکلی DLS شدت نور پراکنده شده موجود در سوسپانسیون را اندازه گیری می‌نماید. به‌منظور بررسی اندازه ذرات کمپلکس، آزمون DLS انجام شد که نتایج حاصل در شکل (۱) قابل مشاهده است. با توجه به شکل (۱)، دو پیک برای اندازه ذرات وجود دارد. یکی از پیک‌ها زیر یک میکرومتر و در محدوده ۱۵۰ نانومتر و پیک دوم در محدوده بالاتر از یک میکرومتر است. وجود دو پیک باعث شده که مقادیر مربوط به D و Span بالا باشد. شاخص Span یکنواختی ذره را نشان داده و هر چه قدر کوچک‌تر باشد یعنی توزیع اندازه ذره یکنواخت‌تر است [۲۱و ۲۲]. وجود پیک اول در محدوده نانومتر نشان می دهد که امواج فراصوت توانسته باعث تولید ذرات کمپلکس در محدوده نانومتر شود. لازم به ذکر است که آزمایشگاه محل تهیه ذرات و آزمایشگاه مربوط به اندازه‌گیری اندازه ذرات متفاوت بودند و بنابراین یک وقفه زمانی چند ساعته بین زمان تهیه ذرات و بررسی اندازه ذرات وجود داشت. این وقفه زمانی باعث کوآگوله‌شدن ذرات و ایجاد ذرات بزرگتر شده است که وجود پیک دوم تأییدکننده این نتیجه است. این نتایج نشان می‌دهد که ذرات کمپلکس کیتوزان-ایزوله پروتئین سویا پایداری طولانی مدت ندارند و اگر این ذرات به منظور پایدارسازی امولسیون‌های پیکرینگ تولید شده باشند، بایستی که در مدت زمان کوتاهی در فرآیند تولید امولسیون مورد استفاده قرار گیرند.

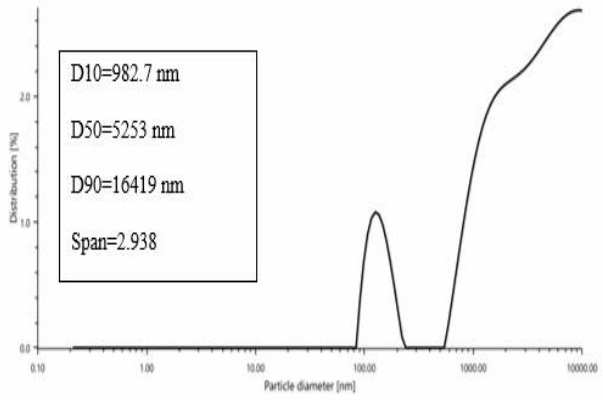

Fig 1 Particle size of chitosan-soy protein isolate

۳-۲- بررسی مورفولوژی ذرات با میکروسکوپ روبشی الکترونی (SEM)

نتایج مربوط به بررسی مورفولوژی ذرات کیتوازن-ایزوله پروتئین سویا تولید شده با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی

(SEM) در شکل (۲) نشان داده شده است. تصاویر به‌دست آمده از میکروسکوپ الکترونی روبشی اطلاعات بسیار مهمی را درباره چگونگی برهمکنش، پراکندگی بین اجزای تشکیل‌دهنده ذرات، نحوه‌ی قرارگیری ذرات در سطح نمونه و توپوگرافی نمونه مانند پستی، بلندی و برجستگی نمونه را در اختیار قرار می‌دهد. با توجه به شکل (۲) می توان مشاهده کرد که در طی خشک شدن ذرات کمپلکس کیتوزان-ایزوله پروتئین سویا برهمکنش بین ذرات رخ داده و ذرات بزرگتر و منسجم‌تر ایجاد شده است. این نتیجه در تأیید بخش قبلی مربوط به اندازه‌گیری ذرات با استفاده از روش DLS بود. در بخش قبلی بیان شد که ذرات کمپلکس کیتوزان–ایزوله پروتئین سویا تمایل زیادی به برهمکنش با یکدیگر دارند و بنابراین پایداری طولانی مدت ندارند که نتایج مربوط به آزمون SEM نیز همین نتیجه را تأیید کرد.

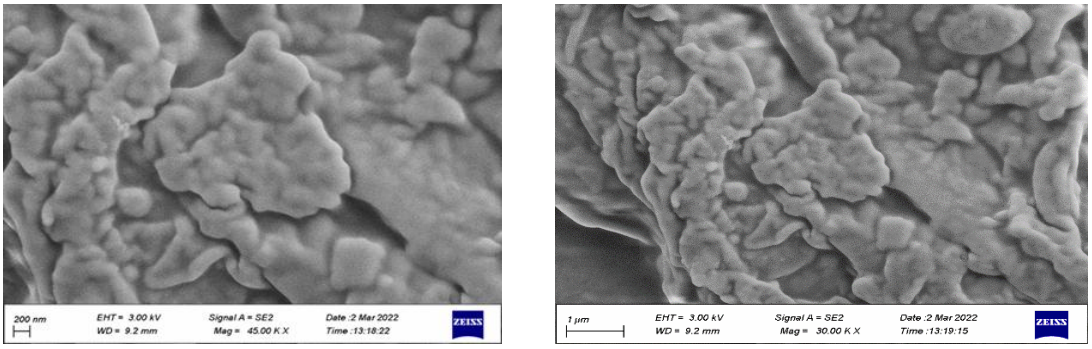

Fig 2 Scanning electron microscope (SEM) Images of chitosan-protein isolate soy particles

۳-۳- پایداری و اندازه قطرات امولسیون

در ادامه این تحقیق ذرات کمپلکس کیتوزان–ایزوله پروتئین سویا برای پایدارسازی امولسیون روغن هسته انار در سه غلظت ۲۰، ۳۰ و ۵۰ درصد روغن استفاده شد. با توجه به شکل (۳) می توان مشاهده کرد که امولسیون ۲۰ درصد روغن هسته انار پس از ١٤ روز نگهداری در دمای محیط کمترین میزان خامه‌ای شدن را داشت. این نتیجه نشان می‌دهد که با افزایش درصد روغن میزان خامه‌ای شدن افزایش یافته است که این نتیجه در تطابق با یافته کارهای دیگران است. به عنوان مثال اگزیاو و همکاران (۲۰۱٦) در تحقیقات خود به این نتیجه پی بردند، وقتی که مقدار روغن از ۰/۳ به ۰/۷ با غلظت ثابت کافیرین افزایش یافت ذرات پروتئینی برای پایداری سطح مشترک کاهش یافت و با افزایش غلظت روغن میزان اندازه ذرات به‌طور تدریجی افزایش یافت [۲۱]. همچنین شاه و همکاران (۲۰۱٦) بررسی پایداری امولسیون پیکرینگ توسط نانوذرات کیتوزان–تری پلی‌فسفات به این نتیجه رسیدند که با افزایش میزان روغن اندازه ذرات امولسیون به دلیل کاهش تعداد ذرات برای پایداری امولسیون، افزایش یافت و در میزان بالای روغن امولسیون ناپایدار شد [۲۲].

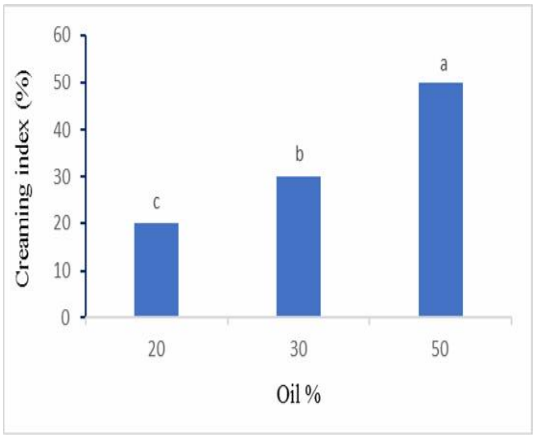

Fig 3 Creaming index of different emulsions stabilized by chitosan-soy protein isolate particles

به دلیل پایداری بیشتر امولسین ۲۰ درصد، در ادامه این تحقیق امولسیون ۲۰ درصد روغن برای انجام آزمون‌های بعدی از جمله بررسی اندازه قطرات امولسیون و بررسی ویسکوزیته استفاده شد. همچنین برای غنی‌سازی فرمولاسیون لواشک با روغن هسته انار نیز از امولسیون ۲۰ درصد استفاده شد. در ادامه این بررسی از امولسیون ۲۰ درصد با استفاده از میکروسکوپ نوری عکس‌برداری شد. همچنین برای بررسی دقیق‌تر اندازه قطرات امولسیون، توزیع اندازه قطرات امولسیون با روش DLS اندازه‌گیری شدند که نتایج در شکل ٤ نشان داده شده است. با

توجه به شکل ٤ می توان مشاهده کرد D قطرات امولسیون در حدود ۱ میکرومتر بوده است. معمولاً امولسیون‌های مورد استفاده در صنایع‌غذایی اندازه قطرات بیشتری دارند. اندازه قطرات کم امولسیون کار حاضر را می‌توان به استفاده از امواج فراصوت در طی تهیه امولسیون مربوط دانست. امواج فراصوت در فرکانس‌های پایین می‌توانند با ایجاد پدیده حفره‌گی در محیط باعث ریزتر شدن قطرات امولسیون شوند.

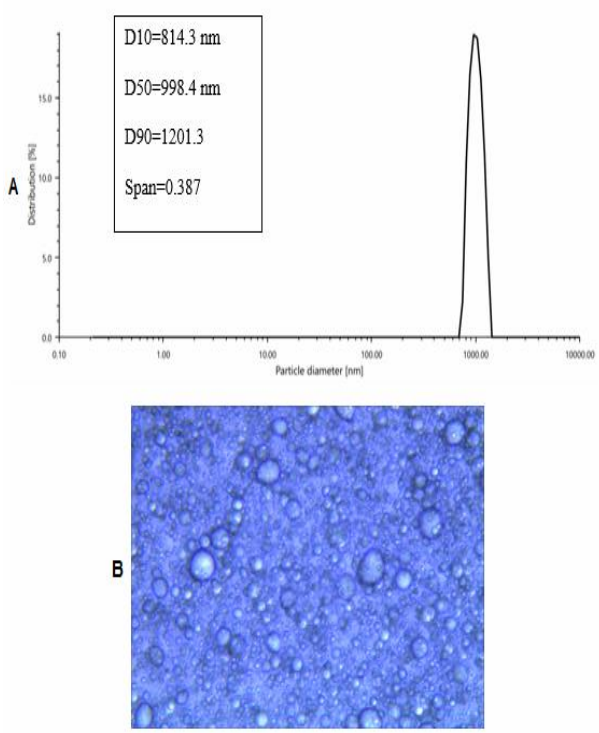

Fig 4 Emulsion droplet size distribution (A) and appearance image (B) of pomegranate seed oil emulsion stabilized by chitosan-soy protein isolate particles

۳-٤- رفتار جریان امولسیون روغن هسته انار

در این پژوهش رفتار جریان امولسیون روغن هسته انار (۲۰ درصد روغن) با استفاده از دستگاه رئومتر تعیین شد که نتیجه حاصله در شکل ۵ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که امولسیون ۲۰ درصد در گسترده وسیعی از سرعت‌های برشی، همانند یک سیال نیوتنی رفتار کرده است. رفتار نیوتنی نشان می‌دهد که برهمکنش قابل توجهی بین ذرات کمپلکس کیتوزان-ایزوله پروتئین سویا وجود نداشته است. علاوه براین رفتار نیوتنی امولسیون را می‌توان به‌وجود آب فراوان در فاز پیوسته مربوط دانست که حدود ۸۰ درصد محیط امولسیون از آب تشکیل شده است. باتوجه به رفتار نیوتنی آب، می‌توان نتیجه گرفت که غالب بودن آب در محیط امولسیون عدم وجود برهمکنش‌های قوی بین ذرات منجر به غلبه رفتار نیوتنی شده است.

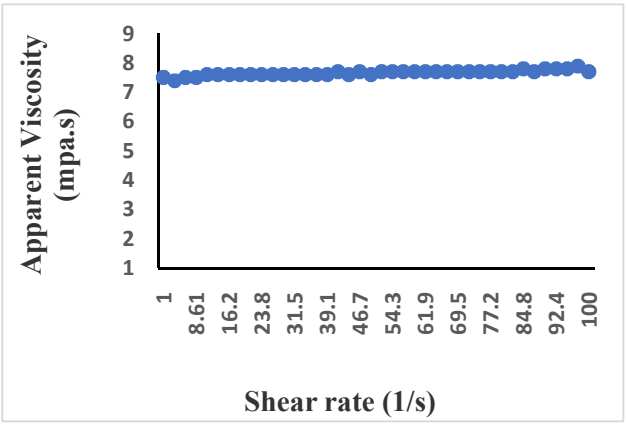

Fig 5 Apparent viscosity versus shear rate of Pickering emulsion (20% oil) stabilized by chitosan-soy protein isolate

۳-۵- ارزیابی رنگ لواشک سیب حاوی امولسیون روغن هسته انار

نتایج حاصل از ارزیابی ویژگی‌های رنگ نمونه‌ها در جدول (۱) خلاصه شده است.

Table 1 determination of color evaluation (T1) control, (T2) 0.2% emulsion treatment, (T3) 0.5% emulsion treatment, (T4) 1% emulsion treatment

	a	b	L	ΔE
T1(control)	22.5c	40.5b	36.5b	-
T2 (0.2% emulsion treatment)	20.5d	47.5a	42a	10.48a
T3 (0.5% emulsion treatment)	32b	42.5b	31b	10.27ab
T4 (1% emulsion treatment)	35.5a	36c	42.5a	9.8b

Values with different letters in same column are significantly different, $p<0.01$.

همانطور که مشاهده می‌شود همه مقادیر a، b، L وΔE نسبت به نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد دارند و به‌جزء اختلاف رنگ کل که با افزایش میزان روغن امولسیون در لواشک‌های سیب روندی کاهشی داشته است، بقیه پارامترهای رنگ روند مشخصی دیده نمی‌شود که این امر می‌تواند به دلیل اثر همزمانی این سه پارامتر (a، b و L) بر اختلاف رنگ کل به‌وجود آمده باشد. اوزان و همکاران (۲۰۲۱) ویژگی‌های کیفی برش‌های سیب خشک شده به روش خشک کردن اولتراسوند و هوای گرم را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که مقادیر a و b نمونه ها نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری در هر دو روش

خشک کردن داشتند. همچنین مقدار L تیمارهای خشک شده با اولتراسوند اختلاف معنی‌داری نسبت به سیب‌های تازه و تیمارهای خشک‌کردن اولتراسوند مشاهده نشد. ولی کاهش معنی‌داری در تیمارهای خشک کردن در هوای گرم مشاهده شد. ایشان همچنین دلیل این اختلاف را ناشی از رخ دادن واکنش اکسیداتیو در طی فرآیند خشک کردن در هوای گرم گزارش کردند [۱۸]. سونا و همکاران (۲۰۱۹) در بررسی ویژگی‌های رنگ لواشک میوه‌های مرکب گزارش کردند که پارامتر a نمونه تازه نسبت به نمونه‌های خشک شده در خلأ افزایش یافت در حالی‌که نمونه‌های هوای گرم a کاهش یافت [۱۱]. روزی و همکاران (۲۰۱۲)، ارزیابی کیفیت در حین نگهداری لواشک سیب که در این مطالعه بررسی کردند که شاخص قهوه‌ای شدن اختلاف معنی‌داری (P>۰/۰۵) نداشت که احتمالاً به‌دلیل غلظت بالای قندهای احیاءکننده می‌باشد [۲۳]. گوجرال و همکاران (۲۰۰۷) در ارزیابی رنگ لواشک میوه انبه گزارش کردند که با افزایش غلظت هیدروکلوئید میزان قرمزی (a) و زردی (b) نمونه‌ها کاهش یافت، اما تغییرات میزان روشنایی (L) اختلاف معنی‌داری نداشت [۲٤].

۳-٦- نتایج حاصل از ارزیابی حسی نمونه‌های لواشک سیب

در شکل (٦) نمودارهای از مقایسه میانگین نتایج آزمون پنل آورده شده است.

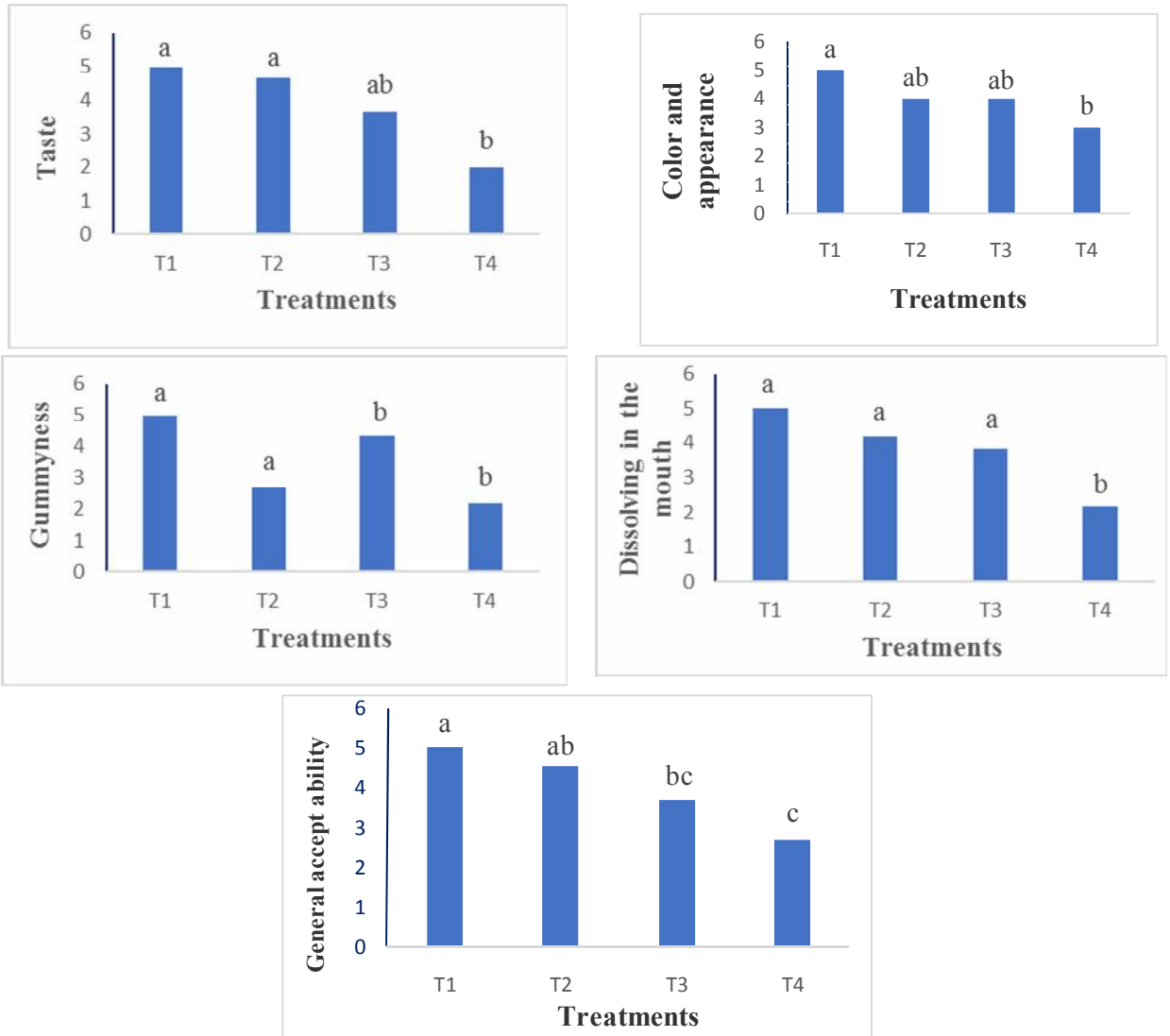

Fig 7 The result of Duncan's test for Panel test of treatments with pomegranate seed oil emulsion in concentrations (0.2%, 0.5%, 1%)

همانطور که مشاهده می‌شود تیمار T4 که حاوی امولسیون یک درصد روغن هسته انار می باشد (بیشترین میزان روغن)، کمترین امتیاز از لحاظ میزان طعم و مزه، رنگ و شکل ظاهری، قابلیت جویدن، قابلیت انحلال در دهان و مقبولیت کلی را بدست آورده است. از لحاظ ویژگی‌های مذکور، متخصصین صنایع‌غذایی بین تیمار T2 و نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده نکردند که این شرایط تا حدی نیز برای تیمار T3 نیز بر قرار است.

این نتایج با درک متخصصین صنایع‌غذایی در پژوهش گارسیاو همکاران (۲۰۱۹) مطابقت دارد [۲۰]. میرزایی مقدم (۲۰۱۹) نیز گزارش کرده است که قابلیت جویدن نمونه های پاستیل، با افزایش میزان روغن کاهش یافت [۲۵]. لذا به‌طورکلی از نظر متخصصین صنایع غذایی، تیمار T2 نسبت به بقیه تیمارها در مقایسه با نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت و مطلوبیتی در حد نمونه شاهد به‌دست آورد.

۳-۷- نتایج حاصل از آزمون کشش

همان‌گونه که در شکل (۷) مشاهده می‌گردد، با افزایش درصد روغن در امولسیون، کرنش گسیختگی(نسبت افزایش طول در نقطه گسیختگی به عنوان شاخص انعطاف‌پذیری) در غلظت‌های پایین (T۲ و T۳) افزایش و در غلظت ۱ درصد (T٤) کاهش یافته است که می‌تواند به‌دلیل کاهش چسبندگی بین مولکول‌های بافت لواشک در اثر افزایش میزان روغن به‌وجود آمده باشد. میرزایی مقدم (2019) نیز در تحقیقی که روی پاستیل غنی شده با روغن ماهی درونپوشانی شده انجام داد، گزارش کرد که با افزودن درصد روغن میزان چسبندگی و انعطاف‌پذیری نمونه‌ها کاهش یافت [۲۵].

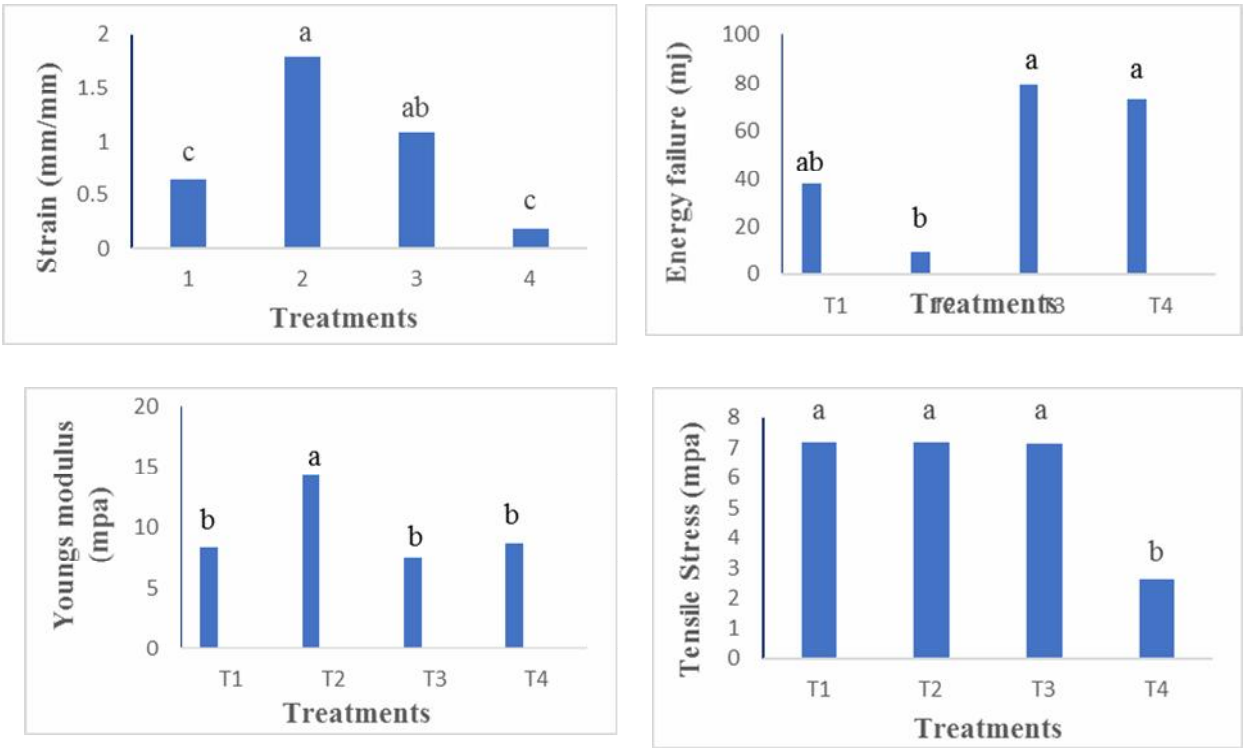

Fig 7 The result of Duncan's test for mechanical properties (tensile test) of treatments with pomegranate seed oil emulsion in concentrations (0.2%, 0.5%, 1%)

کمترین میزان انرژی مورد نیاز برای گسیختگی مربوط به تیمار T۲ می‌باشد، این در صورتی است که این میزان با نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری ندارد و نیز بیشترین مدول یانگ (شاخص فنریت) به تیمار T۲ بر می‌گردد، یعنی فنریت این تیمار، بیشتر از دیگر تیمارها می‌باشد و بین دیگر تیمارها نسبت به نمونه شاهد از لحاظ میزان فنریت (خاصیت الاستیک)، اختلاف معنی‌داری

مشاهده نمی‌شود. میرزایی مقدم (۲۰۱۹) نیز گزارش کرد که افزودن روغن به نمونه‌های پاستیل باعث کاهش میزان فنریت شد [۲۵]. همچنین مشاهده می‌شود که کمترین تنش کششی (استحکام کششی بافت لواشک) مربوط به تیمار T٤ است. به‌عبارتی دیگر این تیمار با کمترین نیروی کششی که به لواشک وارد می‌شود گسیخته می‌شود که می‌تواند به‌دلیل غلظت بالای روغن اتفاق افتاده باشد و بین دیگر تیمارها نسبت به نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود. والنزوالا و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی اثر روغن آفتابگردان بر خصوصیات فیزیکی فیلم ترکیبی کیتوزان و پروتئین گزارش کردند که روغن باعث کاهش استحکام فیلم‌ها شد. محققین کاهش استحکام فیلم‌های ژلاتینی که رفتاری مشابه لواشک دارند را در اثر اضافه شدن روغن به ناهمگن شدن ساختار و همچنین اثر منفی بر نیروهای چسبندگی ساختار مربوط دانستند [۲٦]. گوجرال و همکاران (۲۰۰۳)، تأثیر هیدروکلوئیدها بر بافت لواشک انبه را مورد بررسی قرار دادند و نتایج این پژوهش نشان داد که با افزودن هیدروکلوئیدها با غلظت‌های (۱، ۲ و ۳ درصد) میزان انرژی گسیختگی و مدول یانگ نمونه‌های لواشک انبه در تمام غلظت‌ها، افزایش یافت [۲۷]. بنابراین باتوجه به این‌که تیمار T۲ که حاوی امولسیون با غلظت ۰/۲ درصد روغن هسته انار درون پوشانی شده است، دارای بیشترین میزان افزایش طول (انعطاف‌پذیری) و کمترین انرژی مورد نیاز در نقطه گسیختگی و بیشترین میزان فنریت است و همچنین از آن جا که استحکام کششی آن نسبت به نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت، می‌تواند به‌عنوان تیمار مطلوب از لحاظ آزمون کشش معرفی شود.

٤- نتیجه گیری

نتایج نشان داد که امولسیون با درصد روغن کمتر (۲۰ درصد) پایداری فیزیکی بیشتری داشته است. همچنین استفاده از امواج فراصوت در فرآیند تولید امولسیون توانسته بود که اندازه قطرات امولسیون را تا محدوده ۱ میکرومتر کاهش دهد. در ارزیابی حسی نمونه های لواشک، تیمار T2 نسبت به بقیه تیمارها در مقایسه با نمونه شاهد از نظر متخصصین صنایع غذایی مطلوب‌تر قرار گرفت و با نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت. در بررسی خواص مکانیکی نیز تیمار T۲ که حاوی امولسیون با ۰/۲ درصد روغن هسته انار درونپوشانی شده است، بیشترین میزان انعطاف‌پذیری، کمترین انرژی مورد نیاز در گسیختگی و بیشترین فنریت را داشت و همچنین از نظر استحکام کششی آن نسبت به نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. لذا تیمار T۲ می‌تواند به‌عنوان تیمار مطلوب معرفی شود.

٥- منابع

[1] Haddadkhodaparast and Farhamand, "Pomegranate seed oil: a review of its properties and 348 extraction methods," 2013.
[2] A. Paul, M. Radhakrishnan, Pomegranate seed oil in food industry: Extraction, characterization, and applications, Trends Food Sci. Technol. 105 (2020) 273–283.
[3] D. Eratte, K. Dowling, C.J. Barrow, B. Adhikari, Recent advances in the microencapsulation of omega-3 oil and probiotic bacteria through complex coacervation: A review, Trends Food Sci. Technol. 71 (2018) 121–131.
[4] S.A. Mahdavi, S.M. Jafari, M. Ghorbani, E. Assadpoor, Spray-drying microencapsulation of anthocyanins by natural biopolymers: A review, Dry. Technol. 32 (2014) 509–518.
[5] A. Sharkawy, M.F. Barreiro, A.E. Rodrigues, Chitosan-based Pickering emulsions and their applications: A review, Carbohydr. Polym. 250 (2020) 116885.
[6] M. V Lomova, G.B. Sukhorukov, M.N. Antipina, Antioxidant coating of micronsize droplets for prevention of lipid peroxidation in oil-in-water emulsion, ACS Appl. Mater. Interfaces. 2 (2010) 3669–3676.
[7] M. Kargar, K. Fayazmanesh, M. Alavi, F. Spyropoulos, I.T. Norton, Investigation into the potential ability of Pickering emulsions (food-grade particles) to enhance the oxidative stability of oil-in-water emulsions, J. Colloid Interface Sci. 366 (2012) 209–215.
[8] C.H. Tang, X.R. Li, Microencapsulation properties of soy protein isolate: Influence of preheating and/or blending with lactose, J. Food Eng. 117 (2013) 281–290. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.03.018
.
[9] F.-P. Chen, S.-Y. Ou, C.-H. Tang, Core–shell soy protein–soy polysaccharide complex (nano) particles as carriers for improved

[19] E. Majdzadeh, A. Rajaee najafabadi, H. Mirzaee Moghaddam, M. H. Movahednejad. Investigation of some physical, mechanical and antimicrobial properties of bilayer pectin-carnauba wax films incorporating nanoparticles of TiO_2. Journal of food science and technology. 15:89 (2018).387-398. (in Farsi).

[20] A.B. García-García, L.A. Ochoa-Martínez, T.E. Lara-Ceniceros, O.M. Rutiaga-Quiñones, W. Rosas-Flores, S.M. González-Herrera, Changes in the microstructural, textural, thermal and sensory properties of apple leathers containing added agavins and inulin, Food Chem. 301 (2019) 124590.

[21] J. Xiao, X. Wang, a.; Perez Gonzalez, AJ; Huang, Q. Kafirin nanoparticles-stabilized Pickering emulsions: Microstructure and rheological behavior, Food Hydrocoll. 54 (2016) 30–39.

[22] B.R. Shah, Y. Li, W. Jin, Y. An, L. He, Z. Li, W. Xu, B. Li, Preparation and optimization of Pickering emulsion stabilized by chitosan-tripolyphosphate nanoparticles for curcumin encapsulation, Food Hydrocoll. 52 (2016) 369–377.

[23] N.A.Q. Ruiz, S.M. Demarchi, J.F. Massolo, L.M. Rodoni, S.A. Giner, Evaluation of quality during storage of apple leather, LWT. 47 (2012) 485–492.

[24] H.S. Gujral, S.S. Brar, Effect of hydrocolloids on the dehydration kinetics, color, and texture of mango leather, Int. J. Food Prop. 6 (2003) 269–279.

[25] H. Mirzaee Moghaddam. Investigation of PhysicoMechanical Properties of Functional Gummy Candy Fortified with Encapsulated Fish Oil in Chitosan-Stearic Acid Nanogel by Pickering Emulsion Method. Journal of food science and technology. 9: 16. (2019). 53-64. (in Farsi).

[26] C. Valenzuela, L. Abugoch, C. Tapia, Quinoa protein–chitosan–sunflower oil edible film: Mechanical, barrier and structural properties. LWT-Food Science and Technology.50:2 (2013). 531-537.

[27] H. S. Gujral, S. Singh Brar, Effect of hydrocolloids on the dehydration kinetics, color, and texture of mango leather, Int. J. Food Prop. 6 (2003) 269–279.

stability and sustained release of curcumin, J. Agric. Food Chem. 64 (2016) 5053–5059.

[10] F.-P. Chen, L.-L. Liu, C.-H. Tang, Spray-drying microencapsulation of curcumin nanocomplexes with soy protein isolate: Encapsulation, water dispersion, bioaccessibility and bioactivities of curcumin, Food Hydrocoll. 105 (2020) 105821.

[11] S. Suna, Effects of hot air, microwave and vacuum drying on drying characteristics and in vitro bioaccessibility of medlar fruit leather (pestil), Food Sci. Biotechnol. 28 (2019) 1465–1474.

[12] S. Javaria, A. Marwat, M. Nadeem, M. Zerlasht, A. Kareem, I. Rubab, M. Munir, Development and physico-chemical characterization of apple-peach fruit leather, Pakistan J. Agric. Res. 34 (2021) 318–324.

[13] C.A. Torres, L.A. Romero, R.I. Diaz, Quality and sensory attributes of apple and quince leathers made without preservatives and with enhanced antioxidant activity, LWT - Food Sci. Technol. 62 (2015) 996–1003. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.01.056.

[14] H. Almasi, S. Azizi, S. Amjadi, Development and characterization of pectin films activated by nanoemulsion and Pickering emulsion stabilized marjoram (Origanum majorana L.) essential oil, Food Hydrocoll. 99 (2020) 105338. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105338.

[15] M. I. Guerra-Rosas, J. Morales-Castro, L.A. Ochoa-Martínez, L. Salvia-Trujillo, O. Martín-Belloso, Long-term stability of food-grade nanoemulsions from high methoxyl pectin containing essential oils, Food Hydrocoll. 52 (2016) 438–446.

[16] A. M. Cheong, K.L. Nyam, Improvement of physical stability of kenaf seed oil-in-water nanoemulsions by addition of β-cyclodextrin to primary emulsion containing sodium caseinate and Tween 20, J. Food Eng. 183 (2016) 24–31.

[17] G. Mazza, C.G. Biliaderis, Functional properties of flax seed mucilage, J. Food Sci. 54 (1989) 1302–1305.

[18] O. Kahraman, A. Malvandi, L. Vargas, H. Feng, Drying characteristics and quality attributes of apple slices dried by a non-thermal ultrasonic contact drying method, Ultrason. Sonochem. 73 (2021) 105510.

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Study of some qualitative and organoleptic properties of enriched apple leather

Javadi Farsani, M. [1], Mirzaee Moghaddam, H. [2*], Rajaei Najafabadi, A. [3]

1. Master's student of Food Industry Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology.
2. Assistant Professor, Biosystem Mechanics, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology.
3. Associate Professor, Food Technology, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology.

ARTICLE INFO

Article History:

Received 2022/ 11/ 19
Accepted 2023/ 01/ 28

Keywords:

Chitosan,
Physical properties,
Pomegranate seed oil emulsion,
Soy protein isolate.

DOI: 10.22034/FSCT.19.133.175
DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.133.15.0

*Corresponding Author E-Mail:
hosseinsg@yahoo.com

ABSTRACT

The purpose of this research was to enrich apple leather with pomegranate seed oil encapsulated with chitosan-soy isolate protein particles and to further investigate the color, texture and organoleptic properties of apple leather. At first, chitosan-soy protein isolate complex particles were prepared and then they were used to stabilize pomegranate seed oil emulsions (20, 30 and 50% oil). The results of the creaming index showed that the 20 % emulsion had the lowest amount of creaming index after 14 days of storage. Next, the droplet size and viscosity of the 20% emulsion were evaluated. The results showed that the size of the emulsion droplets was about 1 µm and the flow behavior of the emulsion was Newtonian. Then, the effect of pomegranate seed oil emulsion (0.2, 0.5 and 1%) on the color, texture and organoleptic properties of apple leather was investigated. The results of the sensory evaluation showed that the apple leather without emulsion had a lighter color compared to the samples with a higher percentage of emulsion. The overall acceptability of apple leather for the control and the sample with 0.2% emulsion was not significantly different, and therefore it can be said that the use of pomegranate seed oil in apple leather in the form of emulsion up to 0.2% is suitable.