



مقاله پژوهشی

تهیه پودر زرشک تولیدی به روش کف‌پوشی و اثر دمای خشک کن بر ویژگی‌های آن

زینب رفتنی امیری^{۱*}، سیده خدیجه حسینی^۲

۱. استاد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۲. دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۰۹، تاریخ آخرین بازنگری: ۱۳۹۹/۱۲/۱۳، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۰۶)

چکیده

هدف از این مطالعه دستیابی به کف آب زرشک با حداقل دانسیته و حداکثر پایداری کف با استفاده از صمغ دانه ریحان بود. به منظور اجرای پژوهش، ابتدا جهت تولید کف، آب زرشک تهیه و صمغ دانه ریحان استخراج شد. سپس کف حاصل با استفاده از صمغ دانه ریحان به عنوان پایدارکننده در سطوح ۰، ۰/۱ و ۰/۳٪، عامل کف‌زای پودر سفیده تخم مرغ در سطوح ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد در دمای ۵۰ °C تهیه شد. بر اساس قابلیت تشکیل کف و پایداری کف تشکیل شده، غلظت بهینه ۱/۵ و ۰/۳ درصد به ترتیب برای سفیده تخم مرغ و صمغ دانه ریحان به دست آمد. در فرایند خشک کردن با هوای داغ، اثر دمای ۵۰، ۶۰ و ۷۰ °C بر حلالیت، ظرفیت جذب آب، رنگ، دانسیته توده، فعالیت آبی و FTIR کف در غلظت بهینه پودر سفیده تخم مرغ و صمغ دانه ریحان با ضخامت ۵mm مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که با افزایش دمای خشک کردن حلالیت و روشنی پودر تولیدی به طور معنی‌داری افزایش یافت، در حالی که ظرفیت جذب آب، دانسیته توده و فعالیت آبی روند کاهشی نشان داد و تغییر ساختاری در پیک تیمارهای FTIR ایجاد نکرد. با توجه به نتایج پژوهش، از صمغ دانه ریحان می‌توان برای بهبود پایداری کف در محصولات غذایی حاوی آلبومین سفیده تخم مرغ استفاده نمود.

کلید واژه‌ها: زرشک، کف‌پوشی، صمغ دانه ریحان و پودر سفیده تخم مرغ

* نویسنده مسئول: z.raftani@sanru.ac.ir / irzramiri@gmail.com

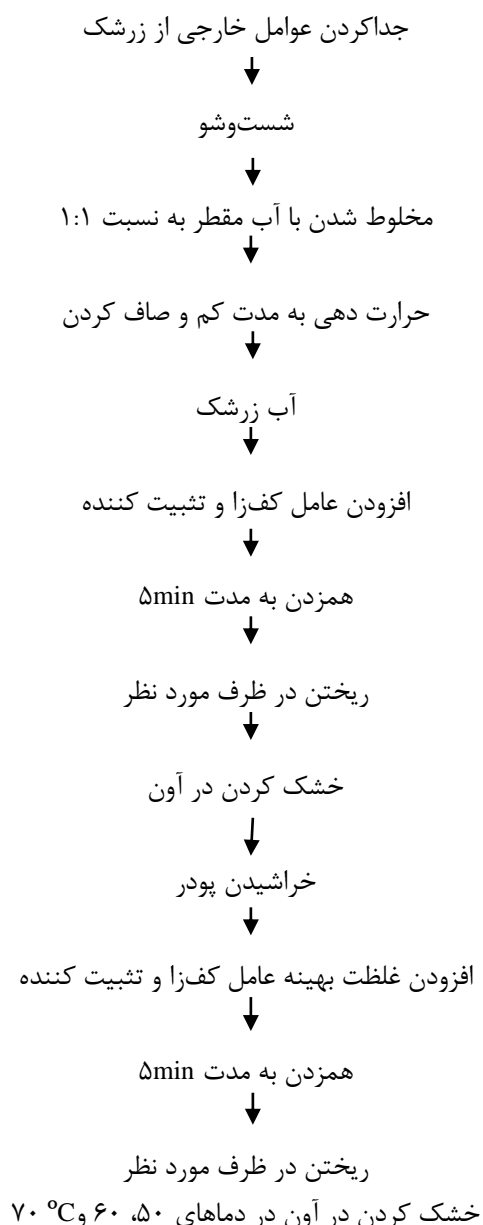
۱. مقدمه

زرشک به علت مقادیر بالای اسیدهای آلی می‌باشد [۶]. صمغ دانه ریحان یا تخم شربتی از خانواده لامیناسه، یک پلی ساکارید هیدروکلوئیدی استخراج شده از *Ocimum basilicum L.* است. این صمغ که یکی از صمغ‌های بومی ایران می‌باشد به عنوان یک منبع غنی جدید و طبیعی از پلی ساکاریدها (گالاکتومانان و گلوکان) است که دارای پتانسیل زیادی در زمینه‌های مختلف صنایع غذایی از جمله محصولات غذایی مبتنی بر کف می‌باشد. ویژگی‌های امولسیفایری و تثبیت‌کنندگی این صمغ، آن را به عنوان یک ماده عملکردی مهم برای افزایش پایداری و بهبود قابلیت تشکیل کف در فرآورده‌های غذایی مبتنی بر کف تبدیل می‌کند. صمغ دانه ریحان می‌تواند با افزایش ویسکوزیته، فعالیت سطحی و رفتار ژل مانند سیستم‌های غذایی مرتبط، به عنوان عامل تثبیت کننده کف عمل کند. از این رو در صنایع غذایی به عنوان یک افزودنی طبیعی برای بهبود ساختار و ویژگی‌های رئولوژیکی غذاهای مختلف حاوی پروتئین‌های آلبومین تخم مرغ استفاده شود [۷] پروتئین سفیده تخم مرغ به طور گسترده‌ای در صنایع غذایی به عنوان عامل کف‌زا استفاده می‌شود [۸]. سفیده تخم مرغ متشکل از حداکثر ۴۰ پروتئین مختلف با اووآلبومین می‌باشد که مهم‌ترین ترکیبات تشکیل‌دهنده این پروتئین‌ها هستند. این پروتئین‌ها حدود ۵۴٪ (w/w) پروتئین‌های سفیده تخم مرغ با وزن مولکولی ۴۵ K Da و PI (ایزوالکتریک) ۴/۵ را تشکیل می‌دهد و حاوی یک باند دی‌سولفیدی نیز می‌باشد [۹]. کف حاصل از همزدن سفیده تخم مرغ، هوا را در خود حبس نموده، در نتیجه در بسیاری از محصولات غذایی به عنوان عامل افزایش دهنده حجم کاربرد دارد. ساختار ایجاد کف سفیده تخم مرغ، به دناتوراسیون سطحی پروتئین‌های آلبومین در سطح هوا-مایع و ساختار پایداری کف به حل نشدن آلبومین مرتبط می‌باشد. [۱۰]. به علت بی‌ثباتی در کف‌های آلبومین تخم مرغ در طی نگهداری، کف‌ها تمایل به تخریب دارند. در نتیجه انواع تثبیت‌کننده‌ها شامل پلی‌ساکاریدهای مختلف به فرآورده‌های غذایی مبتنی بر کف اضافه شده است [۱۱] برای مثال میکوالیم و همکاران (۲۰۱۰) [۱۱] اثر پلی ساکاریدهای مختلف (به عنوان مثال گوآر، زانتان و کاپاکاراگینان) را روی ویژگی‌های کف آلبومین

گیاه زرشک وحشی با نام علمی *Berberis integerrima* یکی از میوه‌های خودروی بومی ایران و متعلق به خانواده زرشک *Berberidaceae* می‌باشد. در میان گونه‌های مختلف زرشک، دو گونه زرشک پلویی یا معمولی (*Berberis vulgaris*) و زرشک آبی یا سیاه (*Berberis integerrima*) در ایران معروف هستند. زرشک سیاه یک درختچه خاردار با چوب‌های زرد و برگ‌های بیضی متمایل به کشیده است که میوه‌های کوچک، قرمز و بیضوی با دو یا سه هسته کشیده دارد [۱]. عصاره‌های حاصل از گونه‌های مختلف گیاه زرشک از جمله *Berberis Aquifolium*, *Berberis Vulgaris*, *Berberis Aristata* در درمان انواع بیماری‌های مزمن، بیماری‌های مفصلی و التهابات بافتی استفاده شده است. عصاره‌های این گیاه همچنین، اثر بازدارندگی علیه باکتری‌ها، ویروس‌ها، انگل‌های روده‌ای، قارچ‌ها و پروتوزوآها دارند [۲]. زرشک از محصولات استراتژیک ایران می‌باشد. خراسان جنوبی ۹۸٪ زرشک جهان و ایران را به خود اختصاص داده است. سطح زیر کشت محصول زرشک در خراسان جنوبی در سال ۹۹ بیش از ۱۷ هزار و ۶۴۳ هکتار و تولید ۲۰ هزار و ۹۰۰ تن، بود. قسمت‌های مختلف زرشک اعم از پوست، ساقه، برگ، گل و ریشه مورد مطالعه قرار گرفته است. با توجه به اثرات مخرب داروهای شیمیایی و آلودگی‌های زیست محیطی، امروزه شناسایی ترکیبات دارویی جدید می‌تواند به عنوان کلیدی برای شناسایی روش‌های درمانی با هزینه و عوارض جانبی کمتری برای درمان بسیاری از بیماری‌ها استفاده شوند [۳]. رادیکال‌های اکسیژن را می‌توان عامل بسیاری از ناهنجاری‌هایی مانند بیماری‌های قلبی و عروقی، تصلب شرایین و سرطان دانست. از این رو، گرایش مردم به آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی به ویژه در سال‌های اخیر افزایش یافته است [۴]. میوه‌های ریز یکی از منابع خوب آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی می‌باشند. به عنوان مثال میوه‌های توت سیاه، انگور فرنگی، تمشک و زرشک را می‌توان نام برد که عصاره حاصل از گونه‌های مختلف این میوه‌ها به عنوان بازدارنده‌های رادیکال آزاد شناسایی شده‌اند [۵]. آنتوسیانین‌ها به عنوان عامل رنگ طبیعی آن در بسیاری از فرآورده‌های غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. مزه ترش

سرعت بالای انتقال رطوبت از کف، امکان خشک کردن ماده غذایی در دما و مدت زمان کمتر میسر می‌شود. به علاوه، ساختار متخلخل نمونه کف خشک شده منجر به جذب سریعتر آب و افزایش سرعت انحلال ماده غذایی خشک شده می‌شود [۱۹]. کادم و همکارانش روش خشک کردن کفی پودر گوجه فرنگی را مورد بررسی قرار دادند. آلومین تخم مرغ در غلظت ۰، ۱۰، ۱۵ و ۲۰٪ به عنوان عامل کف‌کننده و دماهای مختلف خشک کردن ۶۰، ۶۵ و ۷۰ °C و ضخامت ۲/۵ mm کف استفاده شد. یافته‌های این محققین غلظت ۱۰٪ آلومین تخم مرغ و زمان ۵ min زدن را به عنوان نقطه بهینه برای گسترش کف پایدار نشان دادند. آن‌ها دریافتند با افزایش غلظت عامل کف‌کننده سرعت خشک کردن افزایش می‌یابد [۲۰]. نوشاد و همکاران با بررسی بهینه‌یابی و مدل‌سازی سینتیک انتقال جرم طی فرایند خشک کردن کف‌پوشی شیر خرمای دریافتند که افزایش غلظت آلومین تأثیر معنی‌داری بر دانسیته کف داشت و افزایش آن باعث کاهش دانسیته کف شد. همچنین غلظت‌های پایین آلومین به طور معنی‌داری باعث افزایش حلالیت پودر شد. ظرفیت جذب آب پودر نیز در کمترین مقدار آلومین افزایش یافت. علاوه بر این، افزایش میزان مالتودکسترین به افزایش ظرفیت جذب آب منجر شد که به حضور گروه‌های آب‌دوست در کربوهیدرات‌ها نسبت داده می‌شود [۲۱]. باقری و فدایی نوغانی با مطالعه بر روی تعیین شرایط بهینه خشک کردن پاششی مخلوط آب هلو و شیر خشک بدون چربی با استفاده از روش سطح پاسخ دریافتند که افزایش دمای هوای ورودی به طور معنی‌داری باعث افزایش راندمان خشک کردن، چگالی توده‌ای، شاخص حلالیت، جاذب الرطوبگی و زمان خیس‌پذیری و کاهش فعالیت آبی و رطوبت می‌شود [۲۲]. عباسی و همکاران اثر متیل سلولز در سه سطح ۱، ۱/۵ و ۲٪ و دماهای خشک کردن ۵۰، ۶۰ و ۸۰ °C درجه سانتی‌گراد بر روی ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی پودر آلبالو به روش خشک کردن کف‌پوشی را بررسی کردند. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت متیل سلولز همه پارامترهای محتوی آنتوسیانین کل، دانسیته کف، حجم زهکشی، شاخص قهوه‌ای شدن و زمان خشک شدن کاهش اما pH و حلالیت نمونه‌ها

تخم مرغ بررسی کردند. این محققان گزارش کردند که همه پلی ساکاریدهای ذکر شده ثبات کف را بهبود بخشید؛ بنابراین پیشنهاد می‌شود که به منظور بهبود ویژگی‌های کف‌کنندگی (به ویژه پایداری کف تخم مرغ) در غذاهای حاوی آلومین، افزودن برخی از عوامل تثبیت‌کننده مانند پلی ساکاریدها ممکن است مفید باشد. در این رابطه پلی ساکاریدها می‌توانند با تأثیر بر خصوصیات رئولوژیکی و ساختار شبکه فاز پیوسته آن‌ها، پایداری فیزیکی‌شیمیایی طولانی مدت پروتئین‌های غذایی را بهبود بخشند [۸]. همچنین واکنش بین پروتئین‌ها و پلی ساکاریدها می‌تواند ویژگی‌های هم‌افزایی محصولات غذایی را بهبود و هزینه تولید را کاهش دهد. [۱۲] زرشک میوه‌ای فصلی است و دسترسی به این میوه در تمام مدت سال میسر نیست. در ایران زرشک کاملاً رسیده با رنگ قرمز گیلاسی از اواخر تابستان و پاییز برداشت می‌شود؛ بنابراین تبدیل پودر آب زرشک نسبت به آب زرشک از فوایدی مانند کاهش وزن و حجم، هزینه بسته بندی کمتر، حمل و نقل آسان‌تر و ماندگاری بیشتر محصول برخوردار است [۱۳]. پودرهای غذایی برای تولید محصولات نیمه آماده مانند غذاهای کودک، نوشیدنی‌ها، اسنک‌ها، فراورده‌های خمیر و پخت استفاده می‌شود. برای از بین بردن رطوبت از غذاهای حساس به گرما لازم است از روش‌های ساده‌ای استفاده شود [۱۴]. خشک کردن پاششی کفی، خشک کردن کف پوشی و خشک کردن کفی تحت خلأ را می‌توان از روش‌های خشک کردن نام برد [۱۵]. در مقایسه با خشک کردن انجمادی و پاششی خشک کردن کف‌پوشی از ساده‌ترین روش‌های خشک کردن می‌باشد. این روش کم هزینه‌تر است و خشک کردن در زمان کمتری صورت می‌گیرد [۱۶]. کف‌پوشی فاقد نقایصی از جمله ویژگی‌های حسی نامطلوب، جذب آب کم و زمان فراوری طولانی می‌باشد [۱۷]. خشک کردن کفی فرایندی است که مواد غذایی مایع در حضور عامل کف‌کننده و یا تثبیت‌کننده با ترکیب گاز به داخل آن به کف پایدار تبدیل می‌شود و سپس به وسیله جریان هوای گرم در فشار اتمسفر خشک می‌شود و به صورت ورقه متخلخل نازکی در می‌آید [۱۸]. در این تکنیک به علت افزایش سطح تماس و



شکل (۱) نمودار جریان مواد فرایند آماده‌سازی پودر آب زرشک خشک

شده به روش کف‌پوشی

Fig 1. Process flow chart for preparation of foam mat dried barberry juice. Powder.

۲.۲. آماده سازی نمونه‌ها

ابتدا برگ، ساقه و مواد خارجی میوه زرشک را جدا و پس از شستشو با آب مقطر به نسبت ۱:۱ مخلوط شد و سپس به مدت کوتاهی روی حرارت گاز قرار گرفت. آب زرشک به دست آمده به منظور جداسازی پوست و هسته توسط صافی

افزایش یافت.. با افزایش غلظت سفیده تخم مرغ همه پارامترها به جز pH کاهش یافت. اثر دمای خشک کردن روی ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی کف خشک شده پودر آلبالو بیشترین حلالیت، pH و آنتوسیانین کل را داشتند در حالی که با افزایش دما و زمان خشک شدن، شاخص قهوه‌ای شدن کاهش یافت [۲۳]. شرادا و همکاران خشک کردن کف‌پوشی گوجه فرنگی، گواوا و موز را مورد مطالعه قرار دادند. با استفاده از غلظت‌های مختلف آلبومین تخم مرغ، ایزوله پروتئین سویا به عنوان عامل کف کننده در دمای ۵۵ تا ۸۰°C در خشک کن کابینتی خشک کردن انجام شد. آن‌ها پارامترهای مختلف را مورد بررسی قرار دادند و با تشکیل کف دریافتند که مقدار زیادی از هوا وارد شده به ساختار کف منجر به ایجاد ساختار متخلخل و در نهایت منجر به کاهش زمان خشک شدن می‌شود. پودر تهیه شده با این روش از کیفیت خوب و ویژگی بازسازی بالایی برخوردار بود [۲۴]. با توجه به بومی بودن محصول زرشک و داشتن خواص سلامتی بخش با ترکیبات بیو اکتیو و به منظور کاهش ضایعات و استفاده از آن در صنایع، این تحقیق با هدف تولید و بررسی برخی مشخصات فیزیکی شیمیایی پودر نوشیدنی بر پایه زرشک توسط خشک کردن کف‌پوشی طراحی شد که در آن از پودر سفیده تخم مرغ به عنوان عامل کفزا و صمغ دانه ریحان به عنوان پایدارکننده کف استفاده شد و همچنین به دلیل اهمیت خواص کیفی پودر آب زرشک اثر دمای هوای داغ ۵۰، ۶۰ و ۷۰°C در خشک کردن بر خواص کیفی پودر آب زرشک مورد بررسی قرار گرفت.

۲. مواد و روش‌ها

۱.۲. مواد

مواد اولیه مورد استفاده برای این پژوهش، زرشک کوهی سیاه، پودر سفیده تخم‌مرغ و صمغ دانه ریحان بود. زرشک کوهی از شرکت ریحون کجوری واقع در شهرستان نوشهر، ریحان با نام علمی (*Basil seed (Ocimum basilicum L.)*) از شرکت ریحان گام پارسیان و پودر سفیده تخم‌مرغ از شرکت گل پودر گلستان خریداری شد.

شد تا کف به دست آید. سطح بهینه پودر سفیده تخم مرغ بر مبنای دانسیته، حجم زهکشی و درصد افزایش حجم اندازه‌گیری شده کف انتخاب شد. برای تهیه محلول صمغ استوک دانه ریحان، ابتدا صمغ در آب مقطر توسط همزن مغناطیسی به مدت ۲ h در دمای اتاق همزده شد و بعد از آن جهت هیدراته شدن به مدت یک شبانه روز در یخچال قرار داده شد در مرحله بعد، ۳۰ g گرم آب زرشک و پودر سفیده تخم مرغ در سطح بهینه با صمغ دانه ریحان در سطوح ۰/۱ و ۰/۳ مخلوط شد و با روش مذکور کف تشکیل شد. با توجه به دانسیته، حجم زهکشی و درصد افزایش حجم اندازه‌گیری شده کف، سطح بهینه صمغ دانه ریحان انتخاب شد. نمونه‌های کف درون ظروف آلومینیومی به صورت لایه نازک با ضخامت ۵ mm ریخته شد و سپس در محفظه خشک‌کن قرار داده شد و در دماهای ۵۰، ۶۰ و ۷۰ °C خشک شد. نمونه خشک شده از خشک‌کن خارج و توسط آسیاب خانگی پودر شدند و با عبور از صافی با مش ۸۰، در بسته‌های پلی اتیلن غیرقابل نفوذ به رطوبت بسته‌بندی شد و تا انجام آزمایش‌ها در یخچال نگهداری شد.

۷.۲. آزمایش‌های مربوط به کف

۷.۲.۱. اندازه‌گیری دانسیته کف

۳۰ mm از کف بلافاصله پس از همزدن، به درون استوانه مدرج با حجم ۲۵۰ ml ریخته شد و وزن ۳۰ ml کف اندازه‌گیری شد و سپس دانسیته کف از رابطه (۱) محاسبه شد [۲۷].

$$\%Density(g/cm^3) = \frac{m}{v} \times 100 \quad (1)$$

در این رابطه m وزن کف بر حسب gr و V حجم کف بر حسب cm³ می‌باشد.

۷.۲.۲. اندازه‌گیری پایداری کف (حجم زهکشی)

پایداری کف توسط نگهداری کف در مدت ۳۰ min اندازه‌گیری شد. برای این منظور، ۳۰ ml از کف به درون استوانه مدرج با حجم ۲۵۰ ml ریخته شد و مقدار مایع جدا شده پس از ۳۰ min از ستون استوانه مدرج خوانده شد [۲۹].

پارچه‌ای صاف شد. نمونه‌های حاصل در بطری‌های شیشه‌ای بسته بندی و تا زمان انجام آزمایش در یخچال در دمای ۴ °C نگهداری شد.

۳.۲. آنالیزهای شیمیایی آب زرشک

آزمون‌های مواد جامد محلول در آب (بریکس در ۲۰ °C)، pH، چگالی و اسیدیته با استفاده از روش استاندارد آب‌میوه‌ها-روش‌های آزمون انجام شد [۲۵].

۴.۲. استخراج صمغ

برای استخراج صمغ ابتدا دانه‌های ریحان درون آب مقطر با pH برابر ۸ و نسبت آب به دانه برابر ۶۵ به ۱ قرار داده شدند. pH محلول با استفاده از سود ۰/۱ نرمال یا هیدروکلریک اسید توسط دستگاه pH متر Elemetron مدل CP-511 ساخت کشور لهستان، تنظیم شد. مخلوط آب و دانه به مدت ۲۰ min در دمای ۶۸ °C در حمام آب گرم Memert، مدل WB14 ساخت کشور آلمان، پیش گرم شدند. جدا شدن صمغ از دانه‌ها با استفاده از دستگاه آب‌میوه‌گیری پارس خزر مدل ۷۰۰p، ایران، انجام شد که مجهز به یک صفحه چرخشی بود تا موسیلاژ را از لایه سطحی دانه خراش می‌دهد. صمغ به دست آمده با استفاده از پارچه از جنس حریر با منافذ ریز صاف شد. [۲۶].

۵.۲. خشک کردن با آون هوای داغ

صمغ استخراج شده با استفاده از خشک کن با هوای داغ آون در دمای ۵۰ °C به مدت ۲۴ h خشک شد.

۶.۲. خشک کردن کف پوشی

برای تولید کف تازه از بشر شیشه‌ای با قطر ۷ cm و ارتفاع ۹ cm استفاده شد. در مرحله اول ۳۰ g آب زرشک با پودر سفیده تخم مرغ در سطوح ۰/۵، ۱ و ۱/۵٪ مخلوط شد. مخلوط تهیه شده به کمک همزن مغناطیسی IKA مدل RH basic2، ساخت کشور آلمان به مدت ۲۰ min در دمای اتاق هموژنیزه شد و سپس به مدت ۵ min توسط همزن برقی خانگی Gosonic مدل GHM818، کشور چین، هم زده

در این رابطه S درصد حلالیت، m_1 وزن پلیت خالی، m_2 وزن پلیت حاوی نمونه بعد خارج کردن از آون می‌باشد.

۲.۷.۳. درصد افزایش حجم کف

افزایش حجم توسط هو و همکاران با اندکی تغییر اندازه‌گیری شد. برای تولید کف، ۳۰ ml از نمونه با مخلوط کردن مواد اولیه با نسبت معین تهیه شد. حجم محلول اولیه کف و حجم کف تولید شده پس از هموژنیزه کردن و هم زدن با همزن برقی، اندازه‌گیری شد و درصد افزایش حجم با استفاده از رابطه (۲) محاسبه شد [۳۰].

$$\text{Foam overrun} = \frac{v_2 - v_1}{v_1} \times 100 \quad (2)$$

در این رابطه V_1 حجم محلول اولیه کف و V_2 حجم کف تولید شده می‌باشد.

۲.۸.۱. آزمایش‌های مربوط به پودر آب زرشک

۲.۸.۱. ظرفیت جذب آب

مقدار ۱g از پودر در ۳۰ ml آب مقطر حل شد و به مدت h ۱۸ در دمای اتاق نگهداری شد. سپس محلول حاصله به مدت ۴۰ min در سانتریفوژ آرام تجهیز مدل T4-50CC، ساخت کشور ایران، با سرعت $2500 \times g$ قرار گرفت و ظرفیت نگهداری آب از رابطه (۳) محاسبه شد [۳۱].

$$R = m_2 - m_1 \quad (3)$$

در این رابطه R مقدار آب جذب شده توسط پودر، m_2 مقدار آب اضافه شده به پودر و m_1 مقدار مایع جدا شده از نمونه بعد از سانتریفوژ می‌باشد.

۲.۸.۲. حلالیت

به مقدار ۱g از پودر تولیدی در ۱۰۰ ml آب مقطر حل شد و محلول تولیدی به منظور جدا شدن بخش‌های نامحلول به مدت ۱۰ دقیقه در سانتریفوژ با سرعت ۷۵۰۰ rpm با دمای 4°C قرار گرفت. سپس ۲۵ ml از محلول شفاف بالای لوله آزمایش برداشته شد و به مدت ۵h در آون با دمای 105°C قرار داده شد و مقدار حلالیت بر حسب درصد از رابطه (۴) محاسبه شد [۳۲].

$$\%S = \frac{m_2 - m_1}{0.25} \times 100 \quad (4)$$

۲.۸.۳. بررسی رنگ پودر

رنگ پودر آب زرشک با استفاده از دستگاه سنجش رنگ (IMG Pardazesh CAM- SystemXI) براساس L (روشنایی، درخشندگی)، a (از سبز تا قرمز) و b (از زرد تا آبی) اندازه‌گیری شد [۳۳].

۲.۸.۴. دانسیته توده‌ای

مقدار ۲ ml از پودر تولیدشده در یک استوانه مدرج ۱۰ ml ریخته شد و وزن آن با یک ترازوی دیجیتال HS MT electronic مدل 300S ساخت کشور چین، یادداشت شد و چگالی توده‌ای از نسبت جرم پودر به حجم آن با استفاده از رابطه (۵) محاسبه شد [۸].

$$\rho_b = \frac{m}{V_b} \quad (5)$$

در این رابطه ρ_b دانسیته توده‌ای، m جرم نمونه بر حسب gr و V_b حجم توده‌ای نمونه بر حسب cm^3 می‌باشد.

۲.۸.۵. فعالیت آبی

فعالیت آبی پودرها توسط aw متر Novasina مدل Labswift ساخت کشور سوئیس اندازه‌گیری شد [۳۴].

۲.۸.۶. طیف سنجی فرورسرخ تبدیل فوریه (FTIR)

نمونه‌ها با استفاده از آسیاب Bosch مدل MKM6000 پودر شده و از مش ۱۸ عبور داده شد تا یکنواخت شود. نمونه‌های خشک شده تا زمان انجام تجزیه و تحلیل در دسیکاتور نگهداری شد. آنالیز FT-IR توسط اسپکترومتر FT-IR رومیزی مدل CARY 630, Agilent, American, 2016 برای تعیین گروه‌های عاملی در پودرکف صورت گرفت. اندازه‌گیری FT-IR در محدوده $4000 - 650 \text{ cm}^{-1}$ انجام شد [۳۵].

۲.۸.۹. آنالیز آماری

در این مطالعه از طرح آماری کاملاً تصادفی برای آنالیز داده‌ها و بررسی اختلافات به دست آمده استفاده شد. آنالیز

۳. نتایج و بحث

۳.۱. آنالیز آب زرشک

نتایج حاصل از آنالیز شیمیایی آب زرشک شامل اندازه‌گیری مواد جامد محلول در آب (بریکس در 20°C)، pH، چگالی و اسیدیته در جدول (۱) ارائه شده است.

آماري داده‌ها با نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ و با روش تجزیه واریانس (ANOVA) در سطح اطمینان ۹۵٪ ($p \leq 0.05$) انجام شد. از آزمون چند دامنه‌ای دانکن جهت مقایسه میانگین داده‌ها صورت گرفت. برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel 2010 استفاده گردید.

جدول (۱) میزان مواد جامد محلول در آب (بریکس در 20°C)، pH، چگالی، اسیدیته و خاکستر آب زرشک
Table 1. Water soluble solids content (brix at 20°C), pH, density, acidity and ash of barberry juice

Ash (w/w)	Acidity (%)	Density (meq/kg)	pH	Water soluble solids (%)
خاکستر	درصد اسیدیته	دانسیته	pH	درصد مواد جامد قابل حل در آب
0.96	4.8	1.09	2.9	20.9

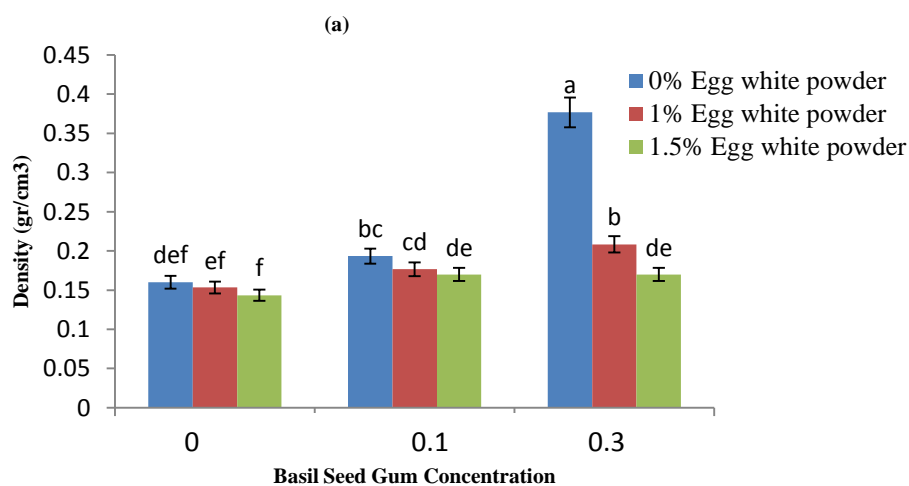
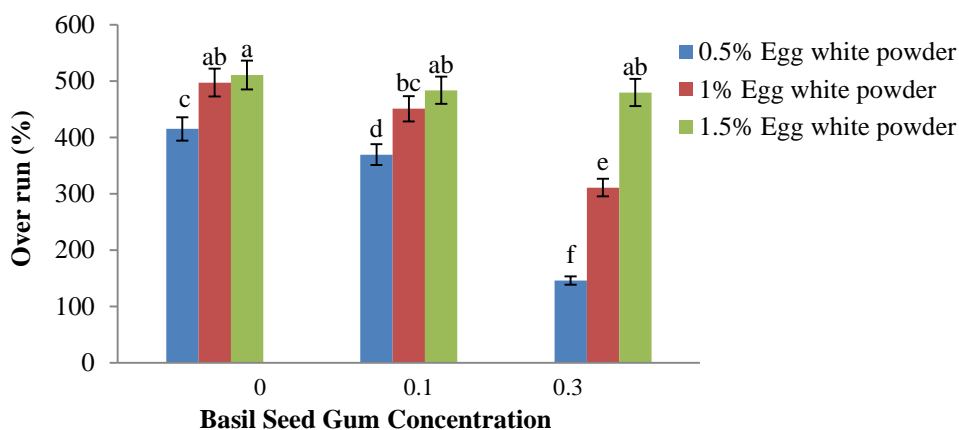
۳.۲. شرایط بهینه تولید کف

قابلیت تشکیل و پایداری کف از مهم‌ترین ویژگی‌های کف تولید شده می‌باشد. طول مدت زمانی که یک کف می‌تواند یک واحد حجم از گاز را در خودش حفظ کند پایداری یک کف نامیده می‌شود و این باقی ماندن یک واحد حجم گاز در یک کف به مقاومت دیواره کف در برابر فشاری که موجب ترکیدن کف می‌شود بستگی دارد [۲۸]. قابلیت تشکیل کف از طریق افزایش حجم مشخص می‌شود در حالی که پایداری کف می‌تواند توسط مایع زهکشی (جدا شده) اندازه‌گیری شود. نتایج نشان داد که استفاده از غلظت ۱/۵٪ پودر سفیده تخم مرغ و ۰/۳٪ صمغ ریحان کمترین حجم زهکشی و دانسیته (دانسیته کمتر از ۰/۲) را برای کف ایجاد کرد. با توجه به شکل (۲-a,b,c) با افزایش غلظت پودر سفیده تخم مرغ حجم کف نیز افزایش یافت. ترکیب عمده اغلب ترکیبات کفزا در فرآوری غذا پروتئین است. نوع پروتئین و اثر متقابل آن با فاز آبی می‌تواند در تعیین پایداری کف اثر چشمگیری داشته باشد. پودر سفیده تخم مرغ به دلیل داشتن پروتئین‌هایی با توانایی کف‌زایی بالا ناشی از دنا تورا سیون آن‌ها و بالا بودن گروه‌های آب دوست در سطح باعث افزایش حجم کف می‌شوند [۳۶]؛ بنابراین با افزایش غلظت پودر سفیده تخم مرغ حجم کف نیز افزایش یافت. همزدن منجر به حبس هوای زیادی در ساختار کف و در نتیجه سبب گسترش تولید بالای کف می‌گردد یا به

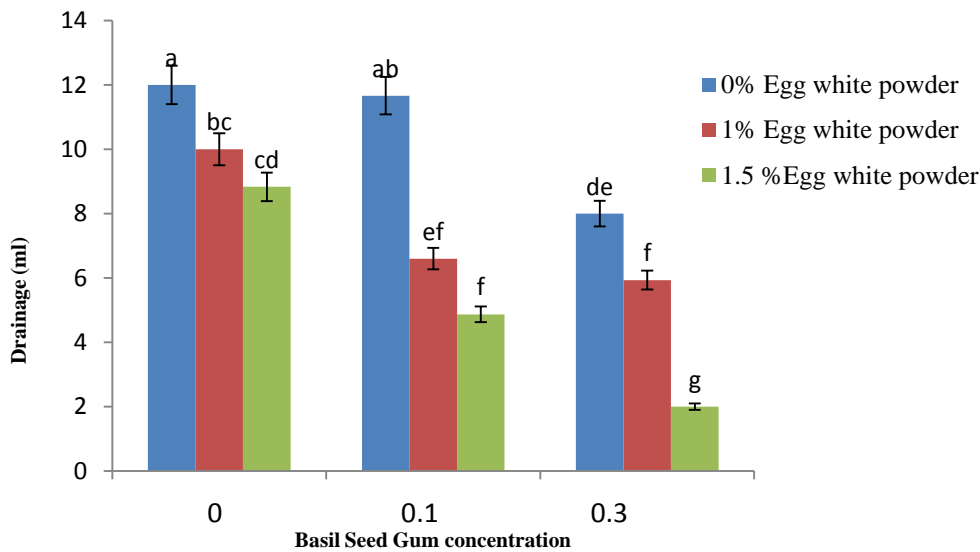
عبارتی هر چه طی همزدن میزان هوای حبس شده درون ساختار کف بیشتر باشد انبساط کف بیشتر و دانسیته کف کمتر خواهد بود. دانسیته کف پایین‌تر بیانگر به دام افتادن میزان هوای بیشتر در کف می‌باشد [۳۷]. همان‌طور که در شکل (۲-b) نشان داده شد با افزایش غلظت پودر سفیده تخم مرغ از ۰/۵ به ۱/۵٪ دانسیته کف کاهش یافت. با افزایش غلظت صمغ دانه ریحان حجم کف کاهش و دانسیته کف افزایش یافت. افزایش ویسکوزیته فاز مایع مانع نگهداری حباب‌های هوا در طول همزدن خواهد شد. ویسکوزیته بالا مانع از ورود هوا شده، در نتیجه با کاهش هوای حبس شده محلول و منجر به کاهش حجم و افزایش دانسیته می‌شود. با توجه به شکل (۲-c) با افزایش غلظت پودر سفیده تخم مرغ پایداری کف افزایش یافت. نتایج این آزمون با گزارش به دست آمده از پاسبان مشابه بود. این محقق دریافت با افزایش غلظت مواد جامد (پودر سفیده تخم مرغ)، پایداری کف افزایش یافت. پروتئین‌ها به علت خاصیت دوگانه دوستی می‌توانند در سطح بینابینی قرار بگیرند و در نتیجه منجر به تجزیه آسان‌تر حباب‌های کف و تشکیل حباب‌های کوچک‌تر شوند [۳۸]. نتایج مشابهی توسط مارینوا و همکاران روی بررسی پایداری کف دو پروتئین شیر (کنسانتره پروتئین آب پنیر و کارئینات سدیم) گزارش شد. با افزایش غلظت پودر سفیده تخم مرغ، افزایش حجم، افزایش پایداری و کاهش دانسیته و با افزایش غلظت صمغ کاهش حجم، کاهش

ویسکوزیته یک ساختار شبکه‌ای در فاز پیوسته ایجاد شده که سبب جلوگیری از شکسته شدن دیواره فصل مشترک حباب‌ها شده، در نتیجه از این طریق شرایط بهبود و پایداری کف فراهم می‌گردد. آن‌ها علت بهبود پایداری کف را به افزایش ویسکوزیته ناشی از هیدروکلوئیدها نسبت دادند. افزایش ویسکوزیته باعث تشکیل ساختمان شبکه‌ای شکل در فاز پیوسته شده، در نتیجه هیدروکلوئیدها بدین شکل با جلوگیری از شکسته شدن دیواره مشترک حباب‌ها منجر به بهبود پایداری کف می‌شوند. همانطور که در شکل (۲-۳) نشان داده شد در پایین‌ترین میزان صمغ، بیشترین آب اندازی و کمترین پایداری مشاهده شد. علت این پدیده را می‌توان به از هم پاشیدن حباب‌ها نسبت داد.

پایداری و افزایش دانسیته کف دیده شد [۳۹] که نتایج این آزمایش با گزارش‌های به دست آمده از مارتینز-پادبلا و همکاران مطابقت داشت [۴۰]. افزایش غلظت محلول پروتئین ناپایداری و حجم زهکشی کف را کاهش می‌دهد [۴۱]. در غلظت‌های پایین‌تر از آستانه بحرانی کف ناپایدار می‌شود بنابراین می‌بایست غلظت کف در غلظت‌های بالاتر از غلظت بحرانی در نظر گرفته شود تا سرعت و راندمان نیز افزایش یابد. همان‌طور که در شکل (۲-۳) نشان داده شد با افزایش غلظت صمغ، مقدار مایع جدا شده کاهش و پایداری کف آب زرشک افزایش یافت. صلاحی [۴۲] در مطالعه خود بر روی بهینه سازی پارامترهای کف‌کنندگی و ویژگی‌های خشک کردن کف پوشی طالبی گزارش کردند که با افزایش



(b)



(c)

Different letters indicate a significant difference in the probability level of 5%

حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ هستند.

شکل (۲) اثر غلظت پودر سفیده تخم مرغ و صمغ دانه ریحان بر (a) افزایش حجم، (b) دانسیته و (c) حجم زهکشی کف زرشک

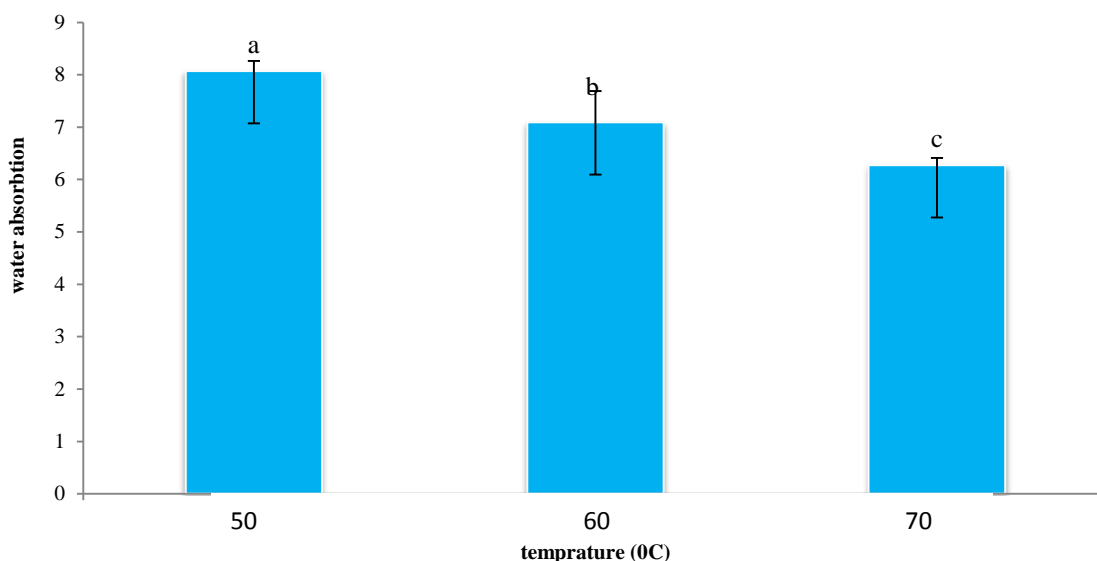
Fig 2. Effect of egg albumin and basil seed gum concentration of gum (%) on overrun a), density b), and drainage c) of barberry extract foam

غلظت بهینه صمغ دانه ریحان و پودر سفیده تخم مرغ به طور معنی داری ($p < 0.05$) کاهش یافت. از دلایل کاهش قابلیت جذب آب در دماهای بالای خشک کردن می‌توان به دناتوره شدن پروتئین‌های پودر سفیده تخم مرغ و قرار گرفتن عوامل هیدروفوب در سطح پروتئین نسبت داد [۴۵]. با مهاجرت گروه‌های آب‌گریز به سطح پروتئین‌ها در دماهای بالای خشک کردن، تعداد پیوندهای هیدروژنی کاهش می‌یابد و در نتیجه پروتئین‌های دناتوره شده و در نهایت ظرفیت جذب آب پودر کاهش می‌یابد. اگر گستردگی دناتوراسیون زیاد باشد منجر به کلوخه‌ای شدن و انعقاد پروتئین می‌گردد [۴۶]. گزارش به دست آمده از این پژوهش با پژوهش‌های ویلسون و همکاران [۴۷]، فرانکو و همکاران [۴۷] مطابقت داشت. بیشترین ظرفیت جذب آب پودر آب زرشک تهیه شده در دمای 50°C مشاهده شده است.

۳.۳ ویژگی‌های فیزیکی کف تولید شده

۳.۳.۱ جذب آب پودر آب زرشک

قابلیت جذب آب نشان‌دهنده توانایی پودر در نگهداری آب می‌باشد. جذب آب پودر رابطه مستقیمی با اندازه ذرات دارد، به طوری که افزایش اندازه ذرات منجر به افزایش جذب آب می‌گردد [۴۳]. عمدتاً ساختار و خصوصیات سطح ذرات پودر تعیین کننده قابلیت پخش شوندگی و خیس شوندگی پودرها می‌باشد، بنابراین اندازه بزرگتر ذرات و چربی آزاد کمتر منجر به خیس شدن و توزیع بیشتر ذرات می‌گردد [۴۴]. پروتئین‌ها یکی از مهم‌ترین عوامل جذب آب در پودر آب زرشک می‌باشند و صمغ‌ها به دلیل داشتن ماهیت هیدروفیل از عوامل مهم دیگر جذب آب پودر زرشک تهیه شده به روش خشک کردن کف‌پوشی می‌باشند. همان‌طور که در شکل ۳ نشان داده شده است، با افزایش دمای خشک کردن توانایی جذب آب پودر به دست آمده از آب زرشک در



Different letters indicate a significant difference in the probability level of 5%
حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ هستند.

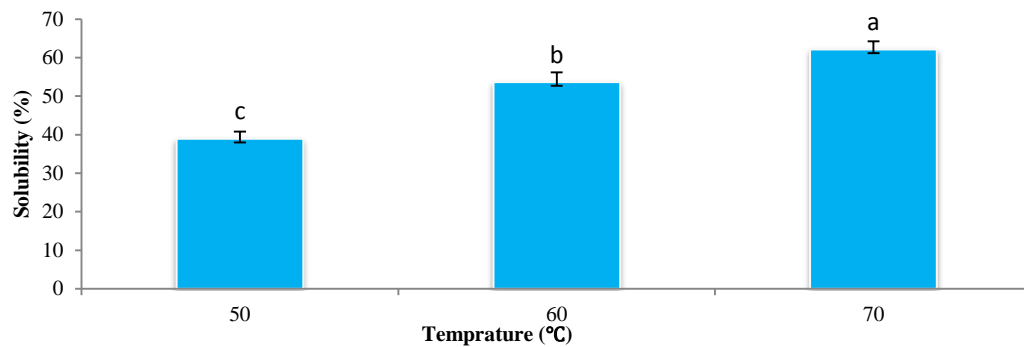
شکل (۳) اثر دمای خشک کردن کفپوشی بر قابلیت جذب پودر آب زرشک

Fig 3. Effect of foam mat drying temperatures on water absorption of barberry powder

خشک شده در روش کفپوشی منجر به افزایش تخلخل و سپس افزایش حلالیت می‌شود. این محققان علت آن را میزان بالای گروه‌های هیدروکسیل موجود در ترکیبات پرکننده بیان کردند. گروه‌های هیدروکسیل با آب پیوند هیدروژنی برقرار کرده و در غلظت‌های بالاتر باعث افزایش حلالیت شدند [۴۹]. توکلی‌پور و همکاران با مطالعه بر روی پودر ریواس دریافتند که بین اثر افزایش دمای خشک کردن روی افزایش حلالیت با چگونگی خروج رطوبت از بافت نمونه و همچنین درصد رطوبت ارتباط نزدیکی وجود دارد [۱۹]. چان و همکاران با مطالعه بر روی خشک کردن کفپوشی نوشیدنی *Nigella sativa* به این نتیجه رسیدند که افزایش دما منجر به افزایش تخلخل پودر شده، همچنین سطح تماس بین پودر حاصله و آب نیز با افزایش تخلخل افزایش یافته و در نتیجه منجر به افزایش حلالیت پودر می‌شود [۵۰].

۲.۳.۳. حلالیت پودر آب زرشک

نتایج حاصل از تجزیه واریانس در شکل ۴ نشان می‌دهد که با افزایش دما، حلالیت پودر آب زرشک تهیه شده در غلظت بهینه صمغ دانه ریحان و پودر سفیده تخم مرغ نیز به طور معنی‌داری افزایش یافت ($p < 0.05$). حباب‌ها باعث افزایش تخلخل و در نتیجه حلالیت پودر می‌گردد [۲۳]. عباسی و عزیزپور با مطالعه بر روی ارزیابی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی پودر آلبالوی خشک شده به روش کفپوشی دریافتند که افزایش غلظت متیل سلولز در طی فرایند خشک کردن، به دلیل افزایش ثبات ساختاری کف منجر به افزایش تخلخل پودر می‌شود. هارمایانی و همکاران با تولید پودر اینولین به روش کفپوشی با استفاده از کربوکسی متیل سلولز و مالتودکسترین دریافتند که در طی فرایند خشک کردن، ساختار کف هر چقدر پایدارتر باشند تا پایان زمان خشک شدن حباب‌ها نیز حفظ می‌شوند. وجود حباب‌ها در پودر



حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ هستند
Different letters indicate a significant difference in the probability level of 5%.

شکل (۴) اثر دمای خشک کردن کف‌پوشی بر حلالیت پودر آب زرشک

Fig 4. Effect of foam mat drying temperature on solubility of barberry powder

۳.۳.۳. فاکتورهای رنگی پودر آب زرشک

رنگ یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های پودر می‌باشد. این پارامتر به طور غیر مستقیم با کیفیت نهایی محصول و شرایط انجام خشک کردن مرتبط می‌باشد. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که دمای خشک کردن بر شاخص‌های L، a و b معنی‌دار بود ($p < 0.05$). با توجه به اینکه زرشک حاوی حدود ۴٪ مواد قندی و رنگدانه آنتوسیانین است تخریب بیشتر آنتوسیانین در دماهای بالاتر خشک کردن به دلیل وجود قند و پروتئین در ساختار محصولات صورت گرفته و در نهایت منجر به واکنش میلارد در طول فرایند تولید یا نگهداری می‌شود

[۳۴]. در این مطالعه با افزایش دمای خشک کردن کف‌پوشی شاخص a کاهش و شاخص‌های L و b روند افزایشی داشتند. علت کاهش شاخص a را می‌توان به افزایش تخلخل و حضور بیشتر اکسیژن در فضای خالی حاصله و نهایتاً واکنش‌های اکسیداسیون نسبت داد. افزایش روشنایی پودر با افزایش دما احتمالاً به کاهش زمان خشک کردن می‌توان نسبت داد که در این حالت رنگ پودرها کمتر تحت تأثیر فرایند دمایی قرار گرفته است. زاتارلی و همکاران به نتایج مشابهی در تهیه پودر انبه دست یافتند [۵۱].

جدول (۲) اثر دمای خشک‌کن بر پارامترهای رنگ سنجی پودر آب زرشک تولیدی

Table 2. Effect of dryer temperature on colorimetric parameters of the produced barberry powder

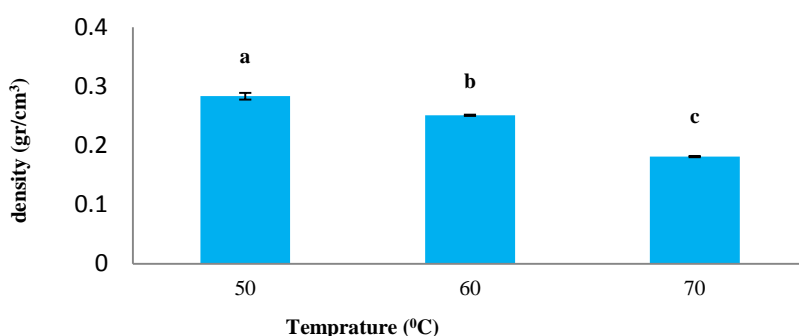
L درخشندگی	a سبز تا قرمز	b زرد تا آبی	Temperature(°C) دما (°C)
21.878 ± 0.47^c	40.069 ± 0.49^a	23.0086 ± 0.261^c	50
23.5296 ± 0.75^b	39.853 ± 0.936^b	25.998 ± 0.246^b	60
26.778 ± 0.2009^a	37.41 ± 0.27^c	27.33 ± 0.43^a	70

حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ هستند
Different letters indicate a significant difference in the probability level of 5%.

۴.۳.۳. دانسیته توده پودر آب زرشک

آمده موجب افزایش پایداری ذرات و کاهش دانسیته توده می‌شود [۵۳] در صورتی که با افزایش رطوبت میزان هوای حبس شده کمتر و در نتیجه دانسیته توده در پودر تولید شده افزایش خواهد یافت. کاهش دانسیته ناشی از افزایش دمای خشک شدن، حذف سریع رطوبت را در دمای بالای خشک شدن نشان می‌دهد. سانگامیدرا و همکاران گزارش کردند که دانسیته توده پودر لیمو با افزایش دما از ۵۰ به ۶۰°C کاهش یافت. این محققان علت این امر را حذف سریع رطوبت در دمای بالای خشک کردن گزارش کردند [۵۴].

نتایج حاصل از تجزیه واریانس در شکل ۵ نشان داد که افزایش دما اثر کاملاً معنی‌داری بر دانسیته توده پودر آب زرشک داشت ($p < 0.05$). به طور کلی با افزایش دمای خشک‌کن تغییرات ساختاری در مولکول‌های پروتئین سفیده تخم مرغ صورت می‌گیرد، رفتار آمورفی بیشتر و ذرات بزرگتر ناشی از افزایش دما منجر به کاهش دانسیته توده پودر تولیدی می‌گردد. خلیلیان و همکاران به نتایج مشابه دست یافتند [۵۲]. افزایش دما موجب تشکیل پوسته مقاوم‌تر در اطراف ذرات شده و در نتیجه، تخلخل به وجود



حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ هستند.
Different letters indicate a significant difference in the probability level of 5%.

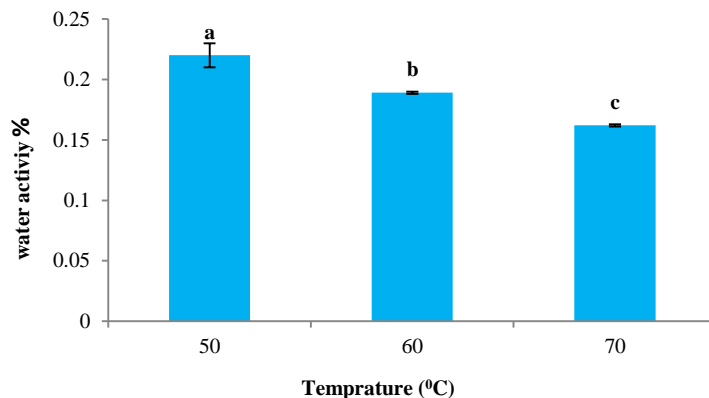
شکل (۵) اثر دمای خشک کردن کف‌پوشی بر دانسیته پودر آب زرشک

Fig 5. Effect of foam mat drying temperature on density of barberry powder

ضمن جلوگیری از رشد میکروبی موجب کاهش سرعت واکنش آنزیمی و تأخیر در واکنش می‌لارد می‌شود [۵۶]. با افزایش دمای خشک کردن، میزان فعالیت آبی نمونه‌های پودر به طور معنی‌داری کاهش یافت ($p < 0.05$). از دست دادن رطوبت نمونه‌ها در دماهای بالاتر منجر به کاهش فعالیت آبی می‌شود، زیرا علاوه بر این که احتمالاً، ظرفیت نگهداری آب پروتئین‌ها به دلیل دناتوره شدن کاهش می‌یابد، ساختار متخلخل حاصله نیز موجب تسریع خروج رطوبت می‌شود [۴۶]. نتایج مشابهی توسط باقری و فدایی نوغانی [۲۲] در بررسی تعیین شرایط بهینه خشک کردن پاششی مخلوط آب هلو و شیر خشک بدون چربی با استفاده از روش سطح پاسخ به دست آمد.

۵.۳.۳. فعالیت آبی پودر آب زرشک

فعالیت آبی از مهمترین عوامل فساد میکروبی، آنزیمی و شیمیایی در مواد غذایی است. برای افزایش زمان ماندگاری و جلوگیری از واکنش‌های نامطلوب در ماده غذایی، کاهش و کنترل فعالیت‌های آب، روشی بسیار مؤثر می‌باشد [۵۵]. مقادیر فعالیت آبی پودرهای آب زرشک در شکل (۶) نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود مقادیر فعالیت آبی کمتر از ۰/۲۳ می‌باشد. از دلایل اصلی پایین بودن میزان فعالیت آبی پودرها ساختار متخلخل کف و خروج قسمت اعظم آب آزاد موجود در آن، طی فرایند خشک کردن و همچنین حضور صمغ با خاصیت هیدروفیلی بالا می‌باشد. با توجه به اینکه اغلب واکنش‌های شیمیایی، میکروبی و آنزیمی در فعالیت آبی کمتر از ۰/۶ متوقف می‌شود، لذا، کاهش آن



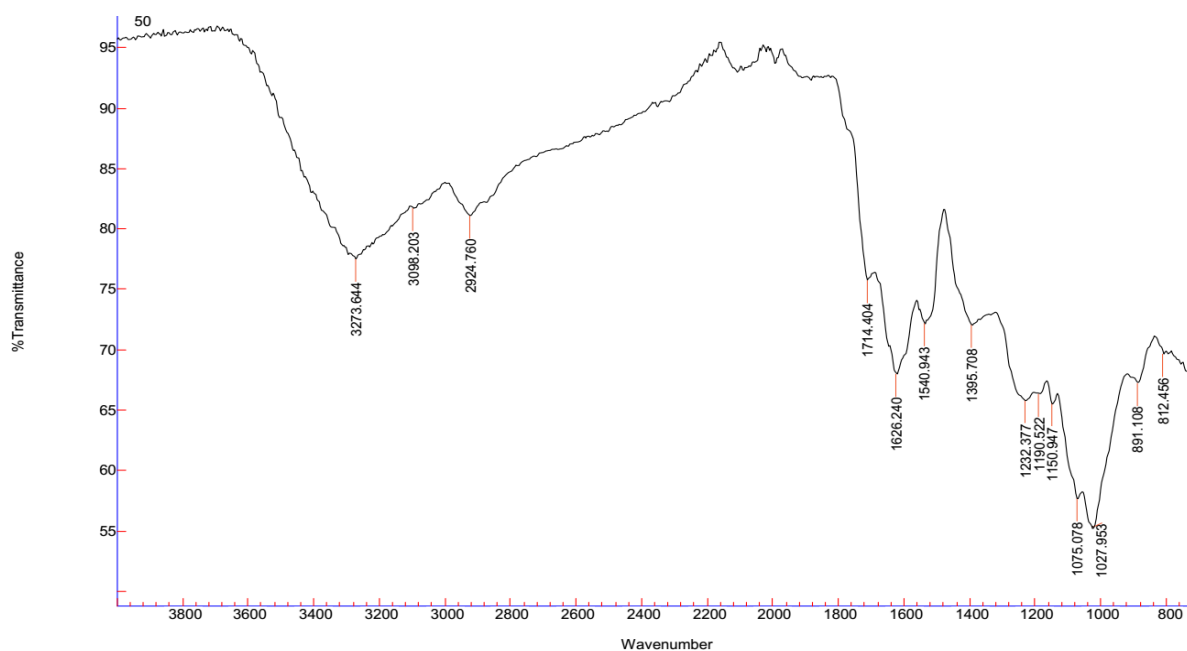
حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ هستند
 Different letters indicate a significant difference in the probability level of 5%.
 شکل (۶) اثر دمای خشک کردن کف‌پوشی بر فعالیت آبی پودر آب زرشک
Fig 6. Effect of foam mat drying temperature on water active of barberry powder

داد که رسوب کنسانتره زرشک در دو طول موج ۱۷۳۷ و ۳۲۵۱ جذب قابل توجهی از خود نشان دادند. آن‌ها دریافتند که رسوب کنسانتره زرشک حاوی گروه‌های کربوکسیل بود. همچنین طبق مطالعات کوتز روی تفسیر طیف مادون قرمز محدوده ۳۲۰۰ تا ۳۵۷۰ به عامل OH و ۱۷۳۰ به ناحیه کششی COO نسبت داده شده است [۵۸]. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل FTIR پودر آب زرشک در بررسی خصوصیات و ویژگی‌های عوامل تشکیل دهنده حضور گروه‌های کربوکسیل و وجود اسیدهای آلی را در ترکیب تأیید می‌کند. سه پیک شاخص در ناحیه ۱۶۲۴، ۱۵۴۲ و محدوده ۱۰۷۴ - 1027 cm^{-1} دیده شد. در 1626 cm^{-1} ($1700-1600\text{ cm}^{-1}$) در دمای 50°C پیک مشاهده می‌شود که مربوط به ارتعاش کششی C=O- آمید I می‌باشد. این آمید در هر دو صمغ ریحان و پروتئین سفیده تخم مرغ وجود دارد ولی با افزایش دما از 50°C به 70°C ، شدت این پیک به طور اندکی کاهش یافت که می‌تواند دنا تورا سیون حرارتی را با افزایش دما تأیید کند. این نتایج با آنچه رافع و رضوی در رابطه با حرارت دهی صمغ ریحان مشاهده کردند مطابقت داشت [۵۹]. همچنین نتایج مشابهی توسط کاتو و تاکاگی [۶۰] روی تشکیل ساختمان ورقه‌ای بتای بین مولکولی در طول دنا تورا سیون او و آلومین نشان دادند که با حرارت دهی سفیده تخم مرغ از

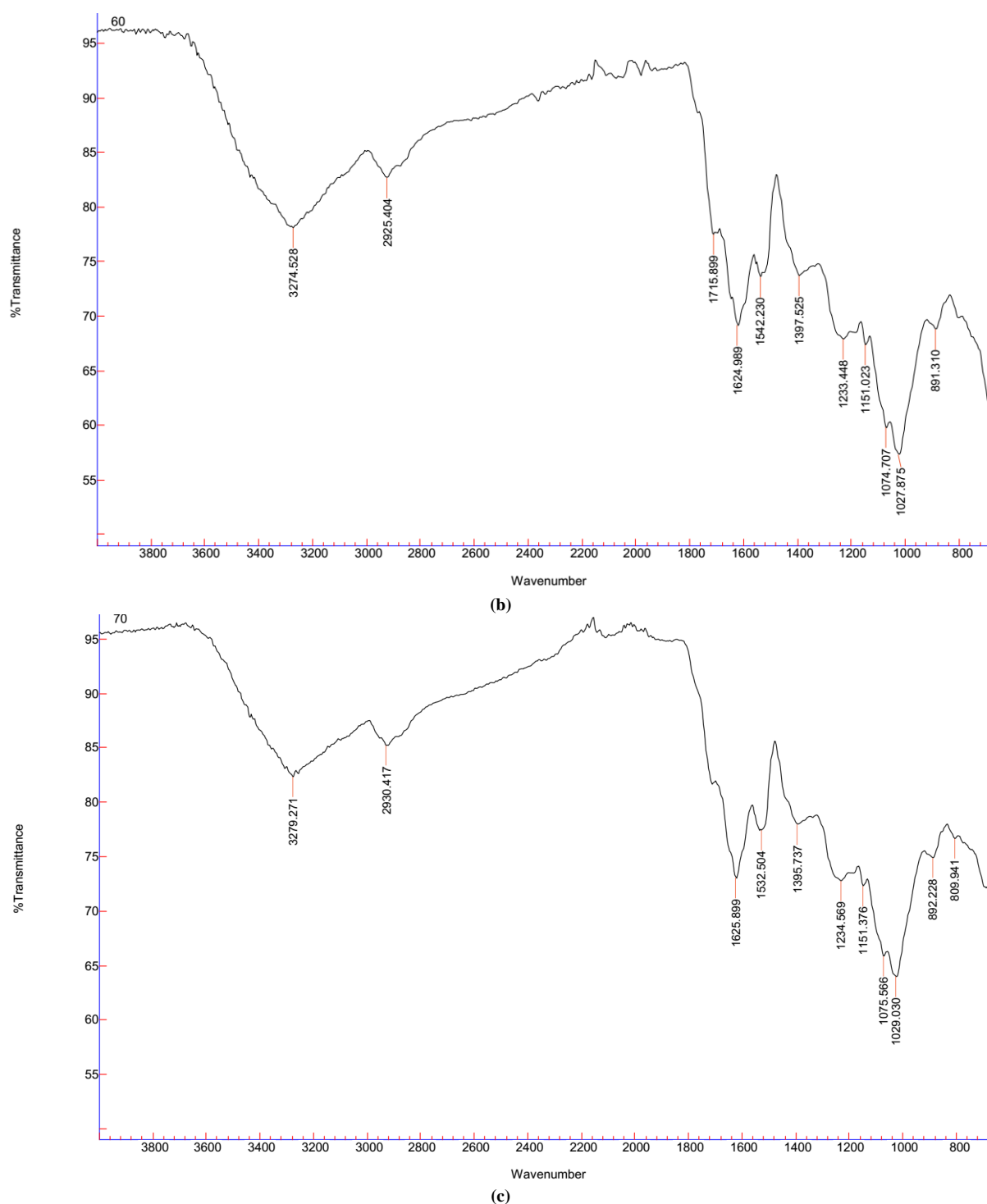
۶.۳.۳. **طیف‌سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز (FTIR)**
 طیف FTIR پودر کف در شرایط دمای مختلف در شکل‌های ۷ و ۸ به طور مستقل و در کنار هم به ترتیب، آورده شده است. کربوهیدرات‌ها در صمغ دانه ریحان در دامنه طول موج $1200-800\text{ cm}^{-1}$ دارای اثر انگشتی هستند. از این مشخصه می‌توان برای شناسایی تفاوت در نمونه‌ها استفاده کرد. پیک‌های این ناحیه تغییری در ویژگی‌های ساختاری نمونه‌ها را نشان نمی‌دهد [۳۵]. در طول موج‌های ۲۹۲۵، ۱۶۲۴، ۱۵۴۲، ۱۰۷۴ و 1027 cm^{-1} پیک‌های شاخصی ظاهر شدند. ارتعاش C-H گروه متیل مربوط به دامنه طول موج $3000-2800\text{ cm}^{-1}$ می‌باشد. ناحیه 3200 cm^{-1} بین دامنه 3000 cm^{-1} و 3400 cm^{-1} پیوندهای کششی گروه‌های OH آزاد را نشان می‌دهد. پیک 3274 cm^{-1} را می‌توان به ارتعاشات کششی N-H نوع دوم گروه‌های آمیدی و پیک ظاهر شده در 2925 cm^{-1} را نیز می‌توان به ارتعاشات کششی پیوندهای C-H گروه‌های متیل نسبت داد. ارتعاش C-H ممکن است شامل C-H، C-H₂ و C-H₃ کششی باشد که به صورت متقارن و ارتعاشات خمشی نامتقارن که گاهی اوقات با OH همپوشانی دارند باشد [۲۶]. نتایج حاصل از مطالعه موسوی و همکاران [۵۷] بر روی خصوصیات و ویژگی‌های عوامل تشکیل دهنده رسوب در آب زرشک نشان

دهنده آنیونی بودن صمغ ریحان و خصوصیات امولسیفایری آن است. همچنین محدوده ۱۵۰۰ را می‌توان به پیوندهای امید II، کششی C-N و خمشی N-H نسبت داد. صمغ دانه ریحان هیدروکلوئیدی است که مقدار کمی پیتید در خود دارد و دارای خصوصیات امولسیون‌کنندگی است. علاوه بر این، این پیوندها قابلیت ژل‌کنندگی می‌توانند داشته باشند که این باعث می‌شود تا با تشکیل پیوندهای هیدروژنی با آب تعامل داشته باشد و یک ژل و امولسیون مناسب ایجاد کند. پیک سوم در محدوده ۱۰۲۷-۱۰۷۴ دیده شده است. پیک مشاهده شده در محدوده 1027 cm^{-1} می‌تواند نشان دهنده حالت خمشی پیوندهای C-H آلکن‌ها باشد و همچنین می‌توان آن را با ارتعاش گلیکوزیدی C-O-C و پیوندهای COH مرتبط دانست. از طرف دیگر پیوندهای کششی S=O و C-O نیز در محدوده‌ی ۱۰۲۰ تا ۱۰۵۰ قرار دارند که خصوصیات امولسیفایری صمغ ریحان را به آنها می‌توان نسبت داد. با توجه به طیف‌های حاصل، می‌توان استنباط کرد که تغییر ساختاری در صمغ صورت نگرفته و افزایش دما تغییری در محل پیک‌های شاخص ایجاد نکرده است که نتایج حاصل از این گزارش با نتایج به دست آمده از رافع و رضوی مطابقت داشت [۵۹].

۴۰ تا 100°C ، پروتئین‌ها شروع به دناتوراسیون حرارتی در 60°C می‌کنند که نسبت آلفا هلیکس کاهش و نسبت ساختمان ورقه‌ای بتا افزایش یافت. همچنین دناتوراسیون حرارتی منجر به شکستن ساختارهای ثانویه و بالاتر و همچنین باز شدن بخشی از ساختمان آلفا هلیکس می‌گردد. آن‌ها گزارش کردند که در دمای 60°C ، پیک نزدیک 1625 cm^{-1} و 1675 cm^{-1} تغییرات معناداری را نشان دادند که این تغییر ارتباط با دناتوراسیون حرارتی را تأیید می‌کند. همچنین در مشاهده‌ای که توسط باکیالاکشمی و بارانی [۶۱] روی اثر متقابل کوئرستین و آمانتین با آلبومین صورت گرفت، در طیف FTIR پودر سفیده تخم مرغ، پیک‌های شاخصی در 1653 cm^{-1} (کششی C=O) به علت پیوند امید I و 1533 cm^{-1} (کششی C-N با حالت خمشی N-H) به علت پیوند امید II که حضور پروتئین را نشان می‌دهد، دیده شد. پیک مشاهده شده در محدوده 1600 cm^{-1} نشان دهنده پیوندهای امید I و کششی C=O. در محدوده بین 1700 cm^{-1} تا 1600 cm^{-1} در صمغ ریحان حضور پروتئین را اثبات می‌کند [۶۲]. در محدوده 1600 cm^{-1} - 1500 cm^{-1} پیک دیده شده است که می‌توان آن را مربوط به پیوند کششی متقارن و نامتقارن نمک‌های کربوکسیلیک اسید (برای مثال اورونیک اسید) دانست (COO^-). وجود نمک‌های کربوکسیلیکی نشان

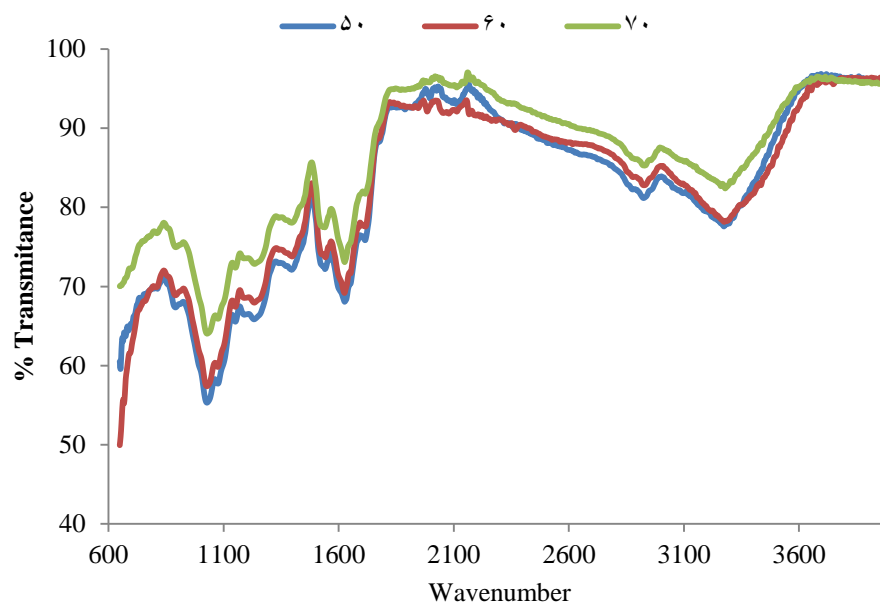


(a)



شکل ۷ اثر خشک کردن کف پوشی در دماهای مختلف (a) ۵۰، (b) ۶۰ و (c) ۷۰ °C روی طیف سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز (FTIR) پودر آب زرشک

Fig 7. Effect of foam mat drying at different temperatures (a-50, b-60 and c-70 °C) on Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR) of barberry powder



شکل ۸) اثر خشک کردن کف‌پوشی در دماهای مختلف روی طیف‌بینی فرسرخ تبدیل فوریه (FTIR) پودر آب زرشک
 Fig 8. Effect of foam mat drying at different temperatures on Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR) of barberry powder

نتایج حاصل از FTIR نشان داد که افزایش دمای خشک کردن تأثیری روی ساختار شیمیایی پودر کف حاصل از آب زرشک نداشت. پودر زرشک با استفاده از خشک کردن کف‌پوشی با ماندگاری بیشتر و حفظ مواد مغذی از خواص فیزیکی خوبی هم برخوردار بوده و می‌تواند برای تهیه فراورده‌های مختلف مانند نوشیدنی‌ها، بستنی، ژله، شربت، کیک، لواشک و آب نبات به عنوان طعم دهنده‌ها و رنگ دهنده طبیعی مورد استفاده قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری برای تأمین هزینه طرح پژوهشی با شماره کد ۲۲-۱۳۹۹-۰۲ تشکر و قدردانی می‌نمایند.

۴. نتیجه‌گیری

پلی‌ساکاریدها و پروتئین‌ها بیوپلیمرهایی هستند که عموماً در غذاهای مختلف به طور همزمان وجود دارند و معمولاً به دلیل خواص عملکردی و تغذیه‌ای به فراورده‌های غذایی افزوده می‌شوند. بهینه‌سازی تولید کف آب زرشک با حداقل حجم زهکشی و میزان دانسیته و همچنین افزایش حجم کف انجام شد و کف بهینه آب زرشک حاصله در خشک کن با دماهای مختلف ۵۰، ۶۰ و ۷۰ °C کف‌پوشی شد. غلظت‌های ۱/۵ و ۱/۳ به ترتیب برای پودر سفیده تخم مرغ و صمغ دانه ریحان تعیین شد. مطابق با نتایج حاصل از این مطالعه پودر به دست آمده از دمای ۷۰ °C بهترین دما برای خشک کردن کف آب زرشک بود. نتایج نشان داد که با افزایش دمای خشک‌کن، حلالیت و روشنی کف افزایش یافته و دانسیته، ظرفیت جذب آب و فعالیت آبی کف کاهش یافتند.

مراجع

[1] Sharifi, A., Niakousari, M., Maskooki, A., & Mortazavi, S.A. (2015). Effect of spray drying conditions on the physicochemical properties of barberry (*Berberis vulgaris*) extract powder. *Int. Food*

Res. J., 22, 2364-2370.

[2] Meliana, N., El.Amin. Dib, M., Allali, H. & Tabti, B. (2011). Hypoglycemic effect of *Berberis vulgaris* L. in normal and streptozotocin-induced diabetic rats.

- Asian Pac. J. Trop. Biomed.*, 1 (6), 468-471.
- [3] Amuie, A.M., Mojahed, M., & Mojahed, M. (2018). Entrepreneurship package for planting barberry by dryland method. (1nd ed.). Tehran, I.R. Iran: sadegh Publisher. [In Persian].
- [4] Al-Dabbas, M.M., Sukanuma, T., Kitahara, K., Xing Hou, D., & Fujii, M. (2006). Cytotoxic, antioxidant and antibacterial activities of *Varthemia iphionoides* Boiss Extracts. *J. Ethnopharmacol.* 108, 287-293.
- [5] Pantelidis, G. E, Vasilakakis, M., Manganaris, G.A., & Diamantidis, G. (2006). Antioxidant capacity, phenol, anthocyanin and ascorbic acid contents in raspberries, blackberries, red currants, gooseberries and Cornelian cherries. *Food Chem.*, 102, 777-783.
- [6] Giusti, M.M., Rodriguez-Saona, L.E., & Wrolstad, R.E. (1999). Molar absorptivity and color characteristics of acylated and non acylated Pelargonidin-based anthocyanins. *J. Agr. Food Chem.*, 47, 4631-4637.
- [7] Razi, S.M., Motamedzadegan, A., Shahidi, S.A., & Rashidinejad, A. (2018). Basil Seed Gum Enhances the Rheological and Physical Properties of Egg Albumin Foams. *J. Food Nutr.* 8(6), 2575-7091.
- [8] Sadahira M.S., Rodrigues M.I., Akhtar M., Murray B.S., & Netto F.M. (2016). Effect of egg white protein-pectin electrostatic interactions in a high sugar content system on foaming and foam rheological properties. *Food Hydrocoll.* 58: 1-10.
- [9] Arzeni, C., Pérez, O. E., & Pilosof, A.M (2012) Functionality of egg white proteins as affected by high intensity ultrasound. *Food Hydrocoll.* 29: 308-316.
- [10] Belitz, H.D., Grosch, W., & Schieberle, W. (2009). *Food Chemist*. Springer-Verlag, Germany.
- [11] Miquelim, J.N., Lannes S.C., & Mezzenga, R. (2010). PH Influence on the stability of foams with protein-polysaccharide complexes at their interfaces. *Food Hydrocoll.* 24: 398-405.
- [12] van den Berg, M., Jara, F.L., & Pilosof, A.M. (2015) Performance of egg white and hydroxyl propyl methylcellulose mixtures on gelation and foaming. *Food Hydrocoll.*, 48, 282-291.
- [13] Shrestha, A.K., Ua-Arak, T., Adhikari, B.P., Howes, H. (2014). Some physicochemical properties of sage T., & Bhandari, B.R. (2007). Glass transition behavior of (*Salvia macrosiphon*) seed gum. *Food Hydrocoll.*, spray dried orange juice powder measured by differential scanning calorimetry (DSC) and thermal mechanical compression test (TMCT). *Int. J. Food Prop.*, 10, 661-673.
- [14] Jakubczyk, E., Gondek, E., & Tambor, K. (2011). Characteristics of selected functional properties of apple powders obtained by the foam-mat drying method. In: *Proceeding of the 11th Int. Cong. Eng. Food.* (pp. 22-26), Athens, Greece.
- [15] Damodaran, S. (2005). Protein Stabilization of Emulsions and Foams. *J. Food Sci.*, 70, 54-66.
- [16] Hardy, Z., & Jideani, V.A. (2017). Foam-mat drying technology: A review. *Critical Reviews in Food Sci & Nut.*, 57, 2560-2572.
- [17] Azizpour, M., Mohebbi, M., & Khodaparast, M.H.H. (2016). Effects of foam-mat drying 676 temperature on physico-chemical and microstructural properties of shrimp powder. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 34, 122-126.
- [18] Widyastuti, W., Srianta, I. (2011). Development of functional drink based on foam-mat dried 779 Papaya (*Carica papaya L.*): Optimisation of foam-mat drying process and its formulation. *Int. J. Food Saf. Nutr. Publ. Health.*, 4, 167-176.
- [19] Tavakolipour, H., Sharifi, A., & Salaminia, M. (2011). Determining effective parameters during rhubarb hot air-drying process and the possibility of powder preparation. *Iranian J. Food Sci. Technol.*, 3, 59-67. [In Persian].
- [20] Kadam Dattaterya, M., & Blasubramanlan, S. (2010). Foam mat drying of tomato juice, *J. Food Process. Preserv.*, 35, 488-495.
- [21] Noshad, M., Hojjati, M., Ghasemi, P., & Mostaan, A. (2020). Optimization and modeling of mass transfer kinetics during foam-mat drying of date syrup. *Innov. Food Technol.*, 4, 535-550. [In Persian].
- [22] Bagheri, A., & Fadaei Noghani, V. (2018). Determination of optimum conditions for spray-drying of peach juice-skim milk blend using response surface method. *Innov. Food Technol.*, 5, 613-626. [In Persian].
- [23] Abbasi, E., & Azizpour, M. (2015). Evaluation of Physicochemical Properties of Foam-mat Sour Cherry Powder. *LWT-Food Sci. Technol.*, 68, 105-110.
- [24] Sharada, S. (2013). Studies on Effect of Various Operating Parameters and Foaming agents-Drying of Fruits and Vegetables. *Int. J. Mod. Eng. Res.*, 3, 1512-1519.
- [25] ISIRI, 2685. (2007). Fruit juices - test methods. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. [In Persian].
- [26] Razavi, S. M. A., Cui, S. W., Guo, Q., & Ding, T., & Bhandari, B.R. (2007). Glass transition behavior of (*Salvia macrosiphon*) seed gum. *Food Hydrocoll.*, spray dried orange juice powder measured by differential scanning calorimetry (DSC) and thermal mechanical compression test (TMCT). *Int. J. Food Prop.*, 10, 661-673.
- [27] Wang, T., Tan, S.Y., Mutilangi, W., Plans, M., & Rodriguez-Saona, L. (2016). Application of infrared portable sensor technology for predicting perceived astringency of acidic whey protein beverages. *J. dairy sci.*, 99, 9461-9470.
- [28] ATTRA (National Sustainable Agriculture Information Service). Food Dehydration Options, 2004. URL <https://attra.ncat.org/product/food-dehydration-options>. Accessed 12.07.2020

- [29] Liang, Y., & Kristinsson, H.G. (2005). Influence of pH-Induced Unfolding and Refolding of Egg Albumen on Its Foaming Properties. *J. Food Sci.*, 70, 222-230.
- [30] Hu, Y., Liang, H., Xu, & Liang, H. (2016). Synergistic effects of small amounts of konjac glucomannan on functional properties of egg white protein, *Food Hydrocoll.*, 52, 213-220.
- [31] Dunkwal, V., Jood, S., & Singh, S. (2007). Physico chemical properties and sensory evaluation of Pleurotus sajorajju powder as influenced by pretreatments and drying methods. *Br. Food J.*, 109, 749-759.
- [32] Cano-chauca, M., Straingheta, P.C., Sardagna, L.D., & cal-vidal, J. (2004). Mango juice dehydration spraying using different carries and functional chavacterization. In: Proceeding of the 14th Int. Drying Dymposium. (pp. 2005-2012), Saõ Paulo, Brazil.
- [33] Koca, N., Erbay, Z., & Kaymak-Ertekin, F. (2015). Effects of spray-drying conditions on the chemical, physical, and sensory properties of cheese powder. *J. dairy sci.*, 98, 2934-2943.
- [34] Aghbashlo, M., Kianmehr, M.H., & Samimi-Akhijahani, H. (2008). Influence of drying conditions on the effective moisture diffusivity, energy of activation and energy consumption during the thin-layer drying of berberis fruit (Berberidaceae). *Energy Convers. Manag.*, 49, 2865-2871.
- [35] Moniri, H., Farahmandfar, R., & Motamedzadeghan, A. (2020). Investigation of hot air and foam-mat dried cress seed gum by FT-IR, zeta potential, steady shear viscosity, dynamic oscillatory behavior, and other physical properties. *Food Sci. Nutri.*, 8, 2143-2155.
- [36] Raharitsifa, N., & Ratti, C. (2010). Foam-mat freeze-drying of apple juice part 1: Experimental data and ann simulations. *J. Food Process.Eng.*, 33, 268-283.
- [37] Dickinson, E. (2015). Structuring of colloidal particles at interfaces and the relationship to food emulsion and foam stability. *J. Colloid Interface Sci.*, 449, 38-45.
- [38] Paseban, A. (2012). *Optimization of process parameters for foam mat drying of mushroom (Agaricus bisporus) puree*. Mashhad, Iran: Ferdowsi University, Department of Food Engineering. [In Persian].
- [39] Marinova, K.G., Basheva, E.S., Nenova, B., Temelska, M., Mirarefi, A.Y., Campbell, B. & Ivanov, I.B. (2009). Physicochemical factors controlling the foamability and foam stability of milk proteins; Sodium caseinate and whey protein concentrates. *Food Hydrocoll.*, 23, 1864-1876.
- [40] Martínez-Padilla, L.P., García-Rivera, J.L., Romero-Arreola, V., & Casas-Alencáster, N.B. (2015). Effects of xanthan gum rheology on the foaming properties of whey protein concentrate. *J. Food Eng.*, 156, 22-30.
- [41] Foegeding, E.A., Davis, J.P., Doucet, D., & McGuffey, M. K. (2002). Advances in modifying and understanding whey protein functionality. *Trends in Food Sci. Technol.*, 13(5), 151-159.
- [42] Salahi, M.R.; Mohebbi, M.; & Taghizadeh, M. (2015). Foam-mat drying of cantaloupe (*Cucumis melo*): optimization of foaming parameters and investigating drying characteristics. *J. Food Process. Preserv.*, 39, 1798-1808.
- [43] O'Sullivan, J.J., Schmidmeier, C., Drapala, K.P., O'Mahony, J.A., & Kelly, A.L. (2017). Mnitoring of pilot-scale induction processes for dairy powders using inline and offline approaches. *J. Food Eng.*, 197, 9-16.
- [44] Kim, E.H.J., Chen, X.D., & Pearce, D. (2002). Surface characterization of four industrial spray-dried dairy powders in relation to chemical composition, structure and wetting property. *Colloids Surf. B.*, 26, 197-212.
- [45] Bragadottir, M., Reynisson, E., Porarinsdottir, K.A., & Arason, S. (2007). Stability of fish powder made from saithe (*Pollachius virens*) as measured by lipid oxidation and functional properties. *J. Aquat. Food Prod. Technol.*, 16, 115-136.
- [46] Damodaran, S., & Parkin, K. (2017). *Fennema's Food Chemistry*, (5th ed.). New York: Marcel Dekker Inc.
- [47] Wilson, R.A., Dattatreya, M.K., Chadha, S., Grewal, M.K., & Sharma, M.(2014). Evaluation of physical and chemical properties of foam-mat dried mango (*Mangifera indica*) powder during storage. *J. Food Process. Preserv.*, 38, 1866- 1874.
- [48] Franco, T.S ., Perussello, C.A., Ellendersen, L.N., & Masson, M.L. (2016).Effects of foam mat drying on physicochemical and microstructural properties of yacon juice powder. *LWT- Food Sci. Technol.*, 66,503-513.
- [49] Harmayani, E., Winari, S., & Nuvismanto, R. (2011). Preparation of Inulin Powder from Dioscorea Esculenta Tuber with foam Mat Drying Method. In: Proceeding of the 12th ASEAN Food Conference. *Bangkok, Thailand*.
- [50] Chun, K.P.; Nazimah, S.A.H.; Chin, P.T.; Mirhosseini, H.; Russly, A.R.; & Gulam, R. (2010). Optimization of drum drying processing parameters for production of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) powder using response surface methodology. *LWT- Food Sci. Technol.*, 43, 343-349.

- [51] Zotarelli, M.F., da Silva, V.M., Durigon, A., Hubinger, M.D., & Laurindo, J.B., (2017). Production of mango powder by spray drying and cast-tape drying. *Powder Technol.*, 305, 447-454.
- [52] Khalilian, S., Shahidi, F., Mohebi, M., & Khalilian, M. (2013). Evaluation of drying conditions on several characteristics of foam-mat pomegranate concentrate powder. In: proceeding of the 21th Natl. Cong. Food Sci. Technol., Shiraz, Iran. [In Persian].
- [53] Walton, D.E. (2000). The morphology of spray-dried particles, a qualitative view. *Dry. Technol.*, 18, 1943–1986.
- [54] Sangamithra, A., Venkatachalam, S., Gabriela, S., & Kuppaswamy, K. (2015). Foam mat drying of food materials: a Review. *J. Food Process. Preserv.*, 39, 3165–3174.
- [55] Jangam, S.V., Law, C.L., & Mujumdar, A.S. (2010). *Drying of food, vegetables and fruits (1st ed.)*. Singapore: TPR Group.
- [56] Filippove M.P. (1992). Practical infrared spectroscopy of pectin substance. *Food Hydrocoll.*, 6, 115-142.
- [57] Mousavi S.E., Mousavi, M., & Kiani, H. (2020). Characterization and identification of sediment forming agents in barberry juice. *Food Chem.*, 312, 126056.
- [58] Coates, J. (2006). Interpretation of infrared spectra, a practical approach. In: R.A. Meyers (Ed.). *Encyclopedia of Analytical Chemistry* (2nd ed., pp. 1-23). Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.
- [59] Rafe, A., & Razavi, S.M.A. (2015). Effect of thermal treatment on chemical structure of β -lactoglobulin and basil seed gum mixture at different states by ATR-FTIR spectroscopy. *Int. J. Food Prop.*, 18, 2652–2664.
- [60] Kato, A., & Takagi, T. (1988). Formation of intermolecular. beta. -sheet structure during heat denaturation of ovalbumin. *J. Agric. Food Chem.*, 36, 1156-1159.
- [61] Bakkialakshmi, S., & Barani, V. (2013). FTIR study on the interaction of quercetin and amantadine with egg albumin. *Inter. J. Pharm. Chem. Bio. Sci.*, 3, 559-64.
- [62] Naji-Tabasi, S., Razavi, S. M. A., Mohebbi, M., & Malaekheh-Nikouei, B. (2016). New studies on basil (*Ocimum bacilicum* L.) seed gum: Part I- Fractionation, physicochemical and surface activity characterization. *Food Hydrocoll.*, 52, 350–358.

Research Article

Preparation of barberry powder produced by foam mat method and the effect of dryer temperature on its properties

Zeynab Raftani Amiri^{1*}, Seyedeh khadija Hosseini²

1. Professor., Dept. of Food science and technology, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University Sari

2. M. Sc educated, Department of Food Science and Technology, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari

Abstract

The aim of this study was to achieve a foam mat with minimum density and maximum foam mat stability. In order to conduct research, first to produce foam, barberry juice is prepared, basil seed gum (BSG) is extracted and then foam is used using basil seed gum as a stabilizer in different concentrations (0, 0.1 and 0.3%) and agent Egg white powder (EWA) in different concentrations (0.5, 1 and 1.5%) at 50°C was prepared by Foam mat drying method. A concentration of 1.5% egg white and a concentration of 0.3% basil seed gum were selected as the optimal concentration. The effect of different drying temperatures (50, 60 and 70°C) on solubility, water absorption capacity, color, bulk density, water activity and FTIR foam consisting of the optimal concentration of egg white powder and basil seed gum in the optimal concentration were investigated. The results of analysis of variance showed that increasing the drying temperature significantly increased the solubility, brightness in the produced powder, while the water absorption capacity, density and aw significantly decreased. At high drying temperatures, denaturation of proteins and placement of hydrophobic groups on their surface are the reasons for reduced water absorption. Basil seed gum can be used to improve foam stability in foods containing egg white albumin.

Key words: Barberry, foam mat, basil seed gum, egg white powder

*Corresponding author: zramiri@gmail.com, z.raftani@sanru.ac.ir