(مقاله پژوهشی)

تاثیرخشک کن های پاششی برویژگی های فیزیکو شیمیایی پودرمخلوط بستنی لبنی – گیاهی

عبدالرضا میرچولی برازق [۱]، مصطفی مظاهری تهرانی [۲*]، سید علی مرتضوی [۲]، سید محمد علی رضوی [۲]

۱ – دانشجوی دکتری تکنولوژی مواد غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد ، مشهد ، ایران

۲ – گروه علوم وصنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد ، مشهد ، ایران

تاریخ دریافت:۱۳۹۶/۰۳/۰۳ تاریخ پذیرش:۱۳۹۶/۰۶/۰۴

چکیده

در این پژوهش از یک خشک کن پاششی درمقیاس پایلوت برای خشک کردن مخلوط بستنی استفاده گردید. در مخلوط های آماده شده، سطوح مختلف شیر بادام و شیر سویا جایگزین شیر گاو شد. پس از آماده شدن مخلوط ها و گذراندن دوره رسیدن (دوازده ساعت) ؛ ویسکوزیته و pH هریک از نمونه ها اندازه گیری و بلافاصله توسط اسپری درایر تبدیل به پودر شدند. سپس خواص فیزیکوشیمیایی پودرهای تولید شده ازجمله : دانسیته، قابلیت جذب آب، چربی آزاد سطح، اندازه ذرات، قابلیت حل شدن در آب و سیالیت پودرها مورد مقایسه قرار گرفتند. pH و ویسکوزیته مخلوط بدست آمده ازپودرنسبت به ویسکوزیته و pH مخلوط بستنی قبل از پودر کردن کاهش نشان دادند. با افزایش جایگزینی شیر بادام و شیر سویا در نمونه ها، اندازه ذرات پودر بزرگتر، درصدچربی آزاد سطح بیشتر و مدت زمان جذب آب پودرها افزایش یافته بودند. اما دانسیته پودرها، سیالیت و درصد حلالیت آن ها در آب، به طور معنی داری کاهش نشان دادند ($P < ۰/۰۱$).

کلمات کلیدی : مخلوط بستنی، خشک کن پاششی، خواص فیزیکوشیمیایی پودر

* مسوول مکاتبات: mmtehrani@um.ac.ir

۱-مقدمه

امروزه از خشک کن های پاششی برای تولید پودر از مواد اولیه ای مانند: شیر کامل، شیر پس چرخ، شیر سویا، عصاره میوه ها، خامه سبک و غیره؛ بطورگسترده استفاده می شود. یکی از دلایل خشک کردن این مواد افزایش زمان ماندگاری محصول تولید شده می باشد. اما میزان اجزاء تشکیل دهنده مواد اولیه جهت تولید پودرنقش موثری بر مدت زمان ماندگاری پودر تولید شده دارد. فضائلی و همکاران (۲۰۱۶) که شرایط اسپری کردن را برای تولید پودرآمیخته بستنی بهینه نمودند. به این نتیجه رسیدند که دمای هوای مورد استفاده در برج خشک کن می تواند به پروتئین های موجود در خوراک اولیه صدمه وارد نمایدو باعث دناتوره شدن آنها شود. در این صورت آمیخته بستنی تهیه شده از این چنین پودری دارای ویسکوزیته پایین تری نسبت به ویسکوزیته آمیخته قبل از پودرکردن خواهد بود (۸). بوویر و همکاران (۲۰۱۳) گزارش نمودند که پودرهایی که از حلالیت پایین تر، قابلیت جذب آب کمتر و چربی آزاد بیشتربرخوردارند به دلیل صدمات ناشی از پروسس اسپری کردن، در هنگام بازسازی و افزودن آب به آن ها، امولسیونی با ویسکوزیته پایین تر ازخود نشان می دهند(۷). کوک و همکاران (۲۰۱۱) در پژوهشی، ویژگی های فیزیکوشیمیایی پودر تخم مرغ تولید شده به وسیله اسپری درایر را مورد ارزیابی قرار دادند و اعلان نمودند که اندازه ذرات پودر ها از ۳/ ۰ تا ۱۲۰ میکرون متغیر بودند و متوسط اندازه آنها را در رنج ۴ میکرون گزارش کردند(۱۶). سوزا (۲۰۰۹) در تحقیقی عنوان کردکه در اسپری درایرهای دیسکی، افزایش سرعت چرخش دیسک، باعث می شود تا سرعت اتمیزه کردن افزایش یابد. خوراک به صورت قطرات کوچکتر به داخل برج خشک کن اسپری شود ودر نهایت موجب کاهش اندازه ذرات پودر می شود(۲۲). فضائلی و همکاران (۲۰۱۶) با افزایش دمای هوای ورودی به برج خشک کن، کاهش در میزان چربی آزادسطح را ملاحظه نمودند.که دلیل آن را سرعت بالای انکپسوله شدن قطرات چربی عنوان کردند(۸). فراس کارلی و همکاران (۲۰۱۲) میکروانکپسوله شدن روغن قهوه را با فرآیند خشک کردن پاششی مورد بررسی قرار دادند و میزان چربی آزاد سطح را در نمونه های مختلف بین ۲/ ۷ تا ۵ / ۳ درصد ذکر کردند (۱۰). کیم و همکاران (۲۰۰۵) درتحقیقی گزارش نمودند که خوراک های حاوی روغن و چربی با نقطه ذوب بالا که توسط اسپری درایر خشک می شوند وجود چربی آزاد سطح در پودرهای شان بسیار پایین است و بخش وسیعی از چربی انکپسوله می شود. درحالی که اگر روغن و چربی با نقطه ذوب پایین درماده اولیه زیاد باشد باعث می شود تا امکان انکپسوله شدن آن به نحو مطلوبی صورت نگیرد و درصد چربی آزاد سطح در پودرهای تولید شده افزایش یابد(۱۳). سانتانا و همکاران (۲۰۱۳) درتحقیقی مشاهده نمودند که ذرات پودری که دارای قطر کوچکتر و متراکم تر هستند تخلخل کمتری دارند بنابراین نفوذ مایع به داخل این گونه پودرها دشوارتر بوده و بازسازی آن ها با مشکل روبرو می شود. آن ها زمان جذب آب توسط پودر شیر نارگیل باباسو را ۱۲ دقیقه عنوان نمودند(۲۱). جیناپونگ و همکاران (۲۰۰۸) شیر سویا را با استفاده از اسپری درایر تبدیل به پودر نمودند آن ها مدت زمان جذب آب توسط پودر شیر سویا را بین ۵ – ۱ دقیقه ذکرکردند (۱۲). وگا و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که ارتباط بسیار مستقیمی بین میزان چربی آزاد سطح با قابلیت حل شدن پودرها وجود دارد هرچقدردرصد چربی آزاد سطح در پودرها بیشتر باشد موجب می گردد تا آن پودر با سرعت کمتری در آب حل شود و زمان حل شدن افزایش یابد.آن ها همچنین وجود چربی بالا در پودر را عامل دیگری که باعث افزایش زمان حل شدن پودر در آب می گردد عنوان نمودند. بدین صورت که پودرهای حاصل از شیر پس چرخ دارای حلالیت بالاتری نسبت به پودرهای حاصل از شیر کامل هستند(۲۳). فرناندزو همکاران (۲۰۱۳) دانسیته ظاهری۴۶ /۰ تا ۵۶ / ۰ برای پودر شیربه دست آوردند(۹). نیجدم و همکاران (۲۰۰۶)، کیم و همکاران (۲۰۰۹) در تحقیق های جداگانه ای،

خواص سطحی پودرهای شیرتولید شده با اسپری درایر را مورد ارزیابی قرار دادند و سپس گزارش نمودند که ذراتی که درشت و آگلومریزه شده اند و در لابلای آن ها ذرات ریز و کوچک نیست از سیالیت مطلوب تری برخوردارند. آن ها همچنین عنوان کردند که وجود چربی آزاد سطح بالا تاثیر مستقیمی بر کاهش سیالیت پودردارد (۱۴، ۱۵، ۱۹). شیر بادام و شیر سویا به دلیل نداشتن کلسترول و لاکتوز می توانند باعث افزایش کیفیت فرآورده هایی شوند که در فرمولاسیون شان ازآنها استفاده شده است. ضمنا غنی بودن آن ها از کلسیم، فسفر، منیزیم، پتاسیم، فیبر و دیگر ویتامین ها، بر کیفیت بستنی می افزاید. پژوهش با این هدف انجام گرفت که ویژگی های پودر به دست آمده از مخلوط بستنی فرموله شده لبنی –گیاهی ارزیابی و سپس با بازسازی پودرحاصل، خواص مخلوط بستنی با قبل از پودر کردن مورد مقایسه قرار گیرد.

۲-مواد و روش ها

مواد استفاده شده در این پژوهش عبارتند از : شیر پاستوریزه ۲/۵ درصد چربی از کارخانه شیرپگاه مشهد – خامه پاستوریزه ۳۰ درصد چربی از کارخانه پگاه مشهد – پودر شکر از مارکت – شیر خشک بدون چربی از کارخانه گلشاد مشهد – بادام تازه از کشاورزان محلی – آرد سویا از کارخانه گلشاد مشهد – ثعلب .

۲-۱-تهیه شیر بادام

ابتدا بادام تازه از کشاورزان محلی خریداری شد. یک روز قبل از تولید نمونه ها، بادام ها شکسته شده، و مغز آن ها به مدت ۵ ساعت در آب ۳۰ درجه سانتیگراد قرار گرفت تا پوست قهو ه ای براحتی از مغز جدا گردد. سپس ۱۰۰ گرم مغز را با ۱۰۰۰ گرم آب مخلوط و در داخل میکسر ریخته و برای اینکه یک سوسپانسیون همگن حاصل شود مدت ۱۰ دقیقه عمل مخلوط کردن ادامه یافت . بعد از آن مخلوط از یک صافی بسیار ریز عبور داده شد محلول زیر صافی به عنوان شیر بادام در داخل شیشه پر، دربند ی و برای آنالیز ترکیبات واستفاده در نمونه های پژوهش به داخل یخچال منتقل شد (۴).

۲-۲-تهیه شیر سویا

برای تولید شیر سویا،۵۰ گرم آرد سویا با ۵۰۰ گرم آب مخلوط و به مدت ۱۰ دقیقه توسط میکسر هم زده شد. سپس مخلوط صاف شده و سوسپانسیون همگن زیر صافی به عنوان شیر سویا برای پاستوریزه کردن وارد ظروف شیشه ای گردید. شیشه های شیر سویا در داخل حمام بن ماری در دمای۸۵ درجه سانتیگراد به مدت ۱۰ دقیقه پاستوریزه و سپس سریعا سرد و برای آنالیز ترکیبات واستفاده در نمونه های پژوهش در یخچال گذاشته شد(۵).

۲-۳-تهیه مخلوط بستنی

برای تهیه مخلوط بستنی ابتدا مواد لازم با روش سرم[1] محاسبه (۱،۲) و توزین شد. شیر ۲/۵ درصد چربی تا دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد گرم و خامه ۳۰٪ چربی، شیرخشک بدون چربی، قوام دهنده ثعلب و پودر شکر به آهستگی به آن اضافه گردید. مخلوط با یک مخلوط کن با دور بالا به مدت ۵ دقیقه هم زده شد. سپس بر روی یک بن ماری، دمای مخلوط را به ۸۰ درجه سانتی‌گراد رسانده، مدت ۳۰ ثانیه دراین دما پاستوریزه و بلافاصله عمل سرد کردن با آب سرد انجام گرفت(۴). مخلوط جهت مرحله رسیدن به مدت ۱۲ ساعت در یخچال با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد(۴). درنهایت مواد از یخچال خارج شده (۳ کیلوگرم)، ۱٪ از آن برای آزمون ویسکوزیته کنار گذاشته شد و ۹۹٪ آن به کارخانه منتقل گردید تا عمل خشک کردن با خشک کن های اسپری درایر انجام شود. لازم به ذکر است که تمامی نمونه های پژوهش با همین روش تولید شد. جدول زیر درصد ترکیبات مخلوط بستنی آماده شده برای خشک کردن را نشان می دهد(۴،۲).

1-Serum Point

جدول ۱ -ترکیبات اصلی نمونه شاهد

ترکیبات	درصد (٪)
چربی	۱۲
ساکارز	۱۶
ماده خشک بدون چربی شیر	۱۲
قوام دهنده	۰/۲
ماده خشک کل	٤۰/۲

۲-٤-آزمون های مربوط به مخلوط بستنی

۲-٤-۱- ویسکوزیته

برای اندازه گیری ویسکوزیته، مخلوط بستنی پس از مرحله رسیدن با دمای ۲۵ درجه سانتی گراد، به محفظه ویسکومتر هاپلر منتقل و با برقراری جریان آب در اطراف محفظه سعی شد تا دما ثابت نگه داشته شود سپس گلوله فلزی مخصوص با دانسیته ۸/۴۰ گرم بر سانتیمتر مکعب و K ثابت از بالای محفظه به داخل مخلوط رها شد و مدت زمانی که گلوله مسافت ثابت بین دو خط نشانه را طی کرد با کرنومتر ثبت و سپس با استفاده از فرمول زیر ویسکوزیته محاسبه گردید (۱۱).

$$\eta = T (q_1 - q_2) \times K$$

η = ویسکوزیته (سانتی پوآز)

T = میانگین زمان سقوط گلوله (ثانیه)

q_1 = وزن مخصوص گلوله (گرم بر سانتی متر مکعب)

q_2 = وزن مخصوص مخلوط بستنی (گرم بر سانتی متر مکعب)

k = ثابت گلوله (گرم ثانیه بر سانتی پوآز سانتی متر مکعب)

pH-۲-٤-۲

برای اندازه گیری pH، ابتدا دستگاه pHمتر کالیبره گردید و سپس در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد، pH مخلوط بستنی طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۲۸۵۲ اندازه گیری شد (۳).

۲-۵- خشک کن پاششی

برای خشک کردن مخلوط بستنی ازیک اسپری درایر در مقیاس پایلوت از شرکت TEFIC چین مدل TF-S10L با مشخصات زیر استفاده گردید.

جدول ۲ – مشخصات اسپری درایر

برج خشک کن عمودی	ارتفاع ٤ متر
نوع اسپری درایر	دیسکی
سرعت چرخش دیسک	۱۲۰۰۰ دور در دقیقه
دمای هوای ورودی به خشک کن	۱۸۰ – ۱۷۰ درجه سانتیگراد
دمای هوای خروجی از خشک کن	۸۰ – ۷۵ درجه سانتیگراد
دمای خوراک ورودی به خشک کن	۷۰ – ٦۵ درجه سانتیگراد
دمای پودر خروجی از خشک کن	۷۵ – ۷۰ درجه سانتیگراد

۲-٦-آزمون های انجام شده بر روی پودر

۲-٦-۱-اندازه ذرات پودر

برای اندازه گیری اندازه ذرات پودراز دستگاه شیمادزو، مدل ۲۲۰۱ استفاده گردید. این دستگاه قادر است ذرات خشک و یا مرطوب را با دقتی بالا در محدوده ۰/۰۳ تا ۱۰۰۰ میکرون اندازه گیری نماید (۱۶).

۲-۶-۲-چربی آزاد سطح

برای اندازه گیری چربی آزاد سطح پودرها، مقدار ۱۰ گرم پودر با ۵۰ میلی لیتر پترولئوم اتر به مدت ۱۵ دقیقه به آهستگی مخلوط و سپس فیلتر گردید. پس ازفیلترکردن، اجازه داده شد تا حلال روی کاغذ صافی بطور کامل تبخیر شود و نهایتا با استفاده از رابطه زیر مقدار چربی آزاد سطح محاسبه گردید (۱۰،۷).

درصد چربی آزاد سطح پودر = وزن کاغذ صافی پس از فیلترو تبخیر حلال - وزن اولیه کاغذ صافی

۲-۶-۳-قابلیت جذب آب پودر

برای اندازه گیری قابلیت جذب آب پودر، ۱۳ گرم پودر را با ۱۰۰میلی لیتر آب با دمای ۲۰ درجه سانتیگراد مخلوط کرده و پس ازحل شدن کامل پودر زمان محاسبه شد(۱۲،۷).

۲-۶-٤-قابلیت حل شدن پودر

برای اندازه گیری قابلیت حل شدن پودر؛ ۱۳ گرم پودر را با ۱۰۰ میلی لیتر آب با دمای ۲۴ درجه سانتیگراد مخلوط کرده و با یک میکسر با سرعت بالا به مدت ۹۰ ثانیه هم زده شد مخلوط به مدت ۱۵ دقیقه ساکن گذاشته شده و بعد از آن، آنرا با یک اسپاتول هم زده، ۵۰ میلی لیتر آن را داخل یک لوله شیشه ای سانتریفوژ ریخته و برای ۵ دقیقه سانتریفوژ گردید. سپس آب داخل لوله را با دقت خارج کرده و با آب خالص پر، و دوباره به مدت ۵ دقیقه عمل سانتریفوژ صورت گرفت پس از آن لوله را از سانتریفوژ خارج کرده و مقدار رسوب موجود در شیشه خوانده شد. اختلاف بین رسوب با پودر اولیه بعنوان درصد حلالیت پودر ثبت گردید(۷).

۲-۶-۵-دانسیته پودر

برای اندازه گیری دانسیته، از روشی که جیناپونگ و همکارانش در ۲۰۰۸ و کوک و همکارانش در ۲۰۱۲ ارائه نمودند استفاده شد (۹).

۲-۶-۶-اندازه گیری قابلیت روان بودن پودر

برای اندازه گیری قابلیت سیالیت پودر یا روان بودن پودر، از روش اندیس کار (CI) ونسبت هاسنر (HR) استفاده شد (۱۹،۱۳).

۲-۷-طرح آماری

در این پژوهش از طرح فاکتوریل در قالب کاملاً تصادفی با سه تکرار استفاده شد کلیه اطلاعات و داده‌های گردآوری شده با استفاده از نرم افزار آماری SAS تحت ویندوز آنالیز شد ومیانگین تکرارهادرقالب آزمون دانکن و LSD درسطح آماری ۱٪ موردمقایسه قرار گرفتند.

۳- نتایج و بحث

۳-۱-ویسکوزیته مخلوط

نتایج تجزیه واریانس (ANOVA) نشان داد که جایگزینی شیر بادام و شیر سویا برویسکوزیته مخلوط بستنی اثرمعنی دار دارد ($P < ۰/۰۱$). جدول ۳، تاثیرجایگزینی شیر بادام و شیر سویا را بر ویسکوزیته مخلوط بستنی اولیه که پس از مرحله رسیدن و قبل از پودر کردن انجام گرفت نشان می دهد. نتایج حاکی از آن است که جایگزینی شیربادام نسبت به جایگزینی شیر سویا تاثیر بیشتری بر ویسکوزیته گذاشته است. اگر به فرمول ۲ و ۳ نگاه کنید این تغییرات را به وضوح مشاهده می کنید. شاید بهترین دلیلی که برای این تغییرات می توان عنوان نمود این باشد که محصولاتی که در آن ها از شیر سویا استفاده شده است همیشه از یک قوام و بافت خوبی برخوردار بوده اند. ویژگی های منحصر بفرد پروتئین های سویا شامل جذب آب بالا، جذب چربی، تثبیت امولسیون، قابلیت هم زدن مناسب، ایجاد ژل و تثبیت کف باعث شده است تا پژوهشگران نگاه ویژه ای به آن و فرآورده های حاصل از آن داشته باشند. دناتوره شدن جزئی این پروتئین ها به آنها این توان باالقوه را می دهد که جذب خوبی در یک امولسیون روغن در آب از خود نشان دهند.

جدول ۳- ویسکوزیته نمونه های مختلف

فرمول	شیرگاو (٪)	شیربادام (٪)	شیرسویا (٪)	ویسکوزیته مخلوط (سانتی پوآز)
۱	۱۰۰	۰	۰	^{b} ۲۲۷/٦ ± ۲/۰۲۳
۲	۸۵	۰	۱۵	^{a} ۲۳۰/۷ ± ۲/٦۰۱
۳	۸۵	۱۵	۰	^{d}۲۲۲/۹ ± ۱/۹۰۷
٤	۸۵	۷/۵	۷/۵	^{c} ۲۲۵/٤ ± ۱/۲۱۳
۵	۷۰	۱۵	۱۵	^{e} ۲۱۵/۸ ± ۱/۳۸۷

* حروف غیر مشابه در ستون های آخر نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح۰/۰۱ است.

از آن جائی که بستنی نیز یک امولسیون، یک کف جامد و یک سوسپانسیون است در نتیجه تمامی ویژگی های نام برده شده برای شیر سویا می تواند در ایجاد یک ویسکوزیته خوب برای مخلوط بستنی موثر بوده باشد. اما هنگامی که درصد جایگزینی شیر بادام افزایش می یابد. ترکیبات موجود در شیر بادام مانند شیر سویا حاوی آن ویژگی هایی که مخلوط بستنی نیاز دارد نیست. چون چربی موجود در شیر بادام بیشتر غیر اشباع است به همین دلیل باعث می گردد تا ویسکوزیته مخلوط بستنی کاهش بیشتری را از خود نشان دهد. لین و همکاران (۱۹۹۶) به نتایج مشابهی دست پیدا کردند(۱۸).

جدول ٤- ویسکوزیته نمونه های مختلف

فرمول	شیرگاو (٪)	شیربادام (٪)	شیرسویا (٪)	ویسکوزیته مخلوط قبل از پودر (سانتی پوآز)	ویسکوزیته مخلوط حاصل از پودر (سانتی پوآز)
۱	۱۰۰	۰	۰	۲۲۷/۶ ± ۲/۰۲۳^{a}	۲۱۲/۳ ± ۱/۷۹^{b}
۲	۸۵	۰	۱۵	۲۳۰/۷ ± ۲/۶۰۱^{a}	۲۲۱ ± ۲/۰۸^{b}
۳	۸۵	۱۵	۰	۲۲۲/۹ ± ۱/۹۰۷^{a}	۲۰۴/۶ ± ۲/۰۲۳^{b}
۴	۸۵	۷/۵	۷/۵	۲۲۵/۴ ± ۱/۲۱۳^{a}	۲۱۱/۱ ± ۱/۶۱۸^{b}
۵	۷۰	۱۵	۱۵	۲۱۵/۸ ± ۱/۳۸۷^{a}	۲۰۲/۷ ± ۲/۲۵۴^{b}

* حروف غیر مشابه در ستون های آخر نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح۰/۰۱ است.

جدول ۴، ویسکوزیته مخلوط نمونه های حاصل از پودر را نسبت به ویسکوزیته مخلوط نمونه های قبل از پودر نشان می دهد. همانطور که مشاهده می کنید در تمامی موارد ویسکوزیته مخلوط بستنی های به دست آمده از پودر در مقایسه با قبل از پودر کاهش یافته اند. دماهای بالاتر از ۱۸۰ درجه سانتی گراد در یک برج خشک کن می تواند باعث تغییراتی در خواص ترکیبات پودر تولید شده و بازسازی آن شود. بخصوص اگرخوراک اولیه یک امولسیون با ترکیباتی

حساس به حرارت باشد. امکان تاثیر دمای برج خشک کن، می تواند افزایش یابد. ازآن جائی که مخلوط های تهیه شده در این پژوهش حاوی شیربادام و شیر سویا بودند که برخی از اجزاء آن ها حساس تر از شیر گاو به حرارت می باشند. در نتیجه طبیعی است که ویسکوزیته مخلوط های تهیه شده از پودرها نسبت به ویسکوزیته مخلوط های قبل از پودر کاهش یافته باشد. دناتوره شدن پروتئین های موجود در شیرهای سویا و بادام در اثر حرارت های بالا می تواند از دلایل اصلی کاهش ویسکوزیته باشد. فضائلی و همکاران (۲۰۱۶) که شرایط اسپری کردن را برای تولید پودر آمیخته بستنی بهینه نمودند.گزارش کردند که دمای هوای مورد استفاده در برج خشک کن می تواند به پروتئین های موجود در خوراک اولیه صدمه وارد نمایدو باعث دناتوره شدن آنها شود. در این صورت آمیخته بستنی تهیه شده از این چنین پودری دارای ویسکوزیته پایین تری خواهد بود(۸) .

۳-۲- pH مخلوط

نتایج تجزیه واریانس (ANOVA) نشان داد که جایگزینی شیر بادام و شیر سویا برpH مخلوط بستنی اثرمعنی دار دارد ($P < ۰/۰۱$). جدول ۵، pH مخلوط نمونه های اولیه را نشان می دهد.

جدول ۵- pH نمونه های مختلف

فرمول	شیرگاو (٪)	شیربادام (٪)	شیرسویا (٪)	pH
۱	۱۰۰	۰	۰	٦/۲۵ ± ۰/۰۸٦[a]
۲	۸۵	۰	۱۵	٦/۲۱ ± ۰/۰۰۵[b]
۳	۸۵	۱۵	۰	٦/۲ ± ۰/۰٦۹[b]
٤	۸۵	۷/۵	۷/۵	٦/۲ ± ۰/۰۷۵[b]
۵	۷۰	۱۵	۱۵	٦/۲ ± ۰/۰۵۷[b]

* حروف غیر مشابه در ستون های آخر نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح۰/۰۱ است.

با نگاهی به جدول ۵، مشاهده می کنید که با جایگزینی شیر گاو با شیر بادام و شیر سویا، pH نمونه ها کاهش یافته است اگرچه pH شیر بادام و شیر سویا نزدیک به pH شیرگاو است اما بین نمونه ای که فقط حاوی شیر گاو است با سایر نمونه ها از نظر pH اختلاف معنی دار است. ولی بین سایر نمونه ها هیچ اختلاف معنی داری وجود ندارد ($P < ۰/۰۱$). وجود چربی های غیر اشباع بالا در شیر بادام، می تواند باعث تغییراتی که نتیجه آن کاهش pH است شده باشد. پور احمد و همکاران (۲۰۱۵) بستنی با شیر سویا تولید نمودند آنها نیز وجود اسیدهای چرب غیر اشباع بالا در شیر سویا را عاملی برای کاهش pH ذکر کردند (۲۰).

جدول ٦- pH نمونه های مختلف

فرمول	شیرگاو (٪)	شیربادام (٪)	شیرسویا (٪)	pH مخلوط بستنی های قبل از پودر	pH مخلوط بستنی های تهیه شده از پودر
۱	۱۰۰	۰	۰	٦/۲۵ ± ۰/۰۸٦[a]	٦/۲ ± ۰/۰۱۱[b]
۲	۸۵	۰	۱۵	٦/۲۱ ± ۰/۰۰۵[a]	٦/۱۸ ± ۰/۰۱۲[b]
۳	۸۵	۱۵	۰	٦/۲ ± ۰/۰٦۹[a]	٦/۱٦ ± ۰/۰۱۲[b]
٤	۸۵	۷/۵	۷/۵	٦/۲ ± ۰/۰۷۵[a]	٦/۱۷ ± ۰/۰۱۱[b]
۵	۷۰	۱۵	۱۵	٦/۲ ± ۰/۰۵۷[a]	٦/۱۵ ± ۰/۰۰۱[b]

* حروف غیر مشابه در ستون های آخر نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح۰/۰۱ است.

جدول ۶، pH مخلوط بستنی های تهیه شده از پودر را نسبت به مخلوط های اولیه (مخلوط های قبل از پودر) نشان می دهدکه به طور معنی داری کاهش یافته است. کاهش pH در نمونه هایی که شیر بادام دارند بیشتر از نمونه هایی است که شیر سویا جایگزین شده است وجود اسیدهای چرب غیر اشباع بالا در چربی شیر بادام می تواند دلیل اصلی کاهش بیشتر pH باشد. زیرا اسیدهای چرب غیر اشباع در تماس با حرارت داخل برج خشک کن، دچاراکسیداسیون شدید می شوند. وگا و همکاران (۲۰۰۵) در تحقیقی گزارش نمودند که در حین اسپری کردن مخلوط بستنی به برج خشک کن، فرآیند موجب میکروانکپسوله شدن چربی موجود در آمیخته می گردد. سد فیزیکی که اطراف چربی را احاطه می کند از کربوهیدرات و پروتئین است، که از اکسیداسیون چربی جلوگیری می نماید. اما وجود چربی غیر کپسوله شده یا میزان چربی آزاد سطح می تواند در رانسید شدن آن و کاهش pH نقش بسزایی را بازی کند. دراین پژوهش نیز با جایگزینی شیر بادام و شیر سویا درصدچربی آزادسطح بالا بود که می تواند دلیل کاهش pH نیز باشد (۲۳).

۳-۳-اندازه ذرات پودر

نتایج آنالیز واریانس (ANOVA) برای اندازه ذرات پودر حاکی از آن بود که بین نمونه های مختلف، اختلاف معنی دار وجود دارد ($P <$ ۰/۰۱). جدول ۷ ، اندازه ذرات پودر را نشان می دهد. همان طور که مشاهده می گردد بین نمونه های ۲ و ۵ ازنظر اندازه ذرات اختلاف معنی دار نیست اما با سایر نمونه ها اختلاف شان معنی دار است. به طور کلی هرچه قدر پودرهای تولیدی متخلخل تر، و دارای سطح بیشتری نسبت به جرم شان باشند، درهنگام افزودن آب به آن ها، بهتر رطوبت را جذب می کنند و سریعتر حل می شوند و در زمان کم تری یک امولسیون پایدار تشکیل می دهند(۱۴،۱۲) .

جدول ۷- اندازه ذرات پودر در نمونه های مختلف

فرمول	شیرگاو (٪)	شیربادام (٪)	شیرسویا (٪)	متوسط قطر ذرات (میکرون)
۱	۱۰۰	۰	۰	۱۲۰ ± ٤/٦٢[d]
۲	۸۵	۰	۱۵	۱٦۵ ± ٤/۰٤[b]
۳	۸۵	۱۵	۰	۱۷۱ ± ۳/٤٦[a]
٤	۸۵	۷/۵	۷/۵	۱٤۵ ± ۵/۲۰۲[c]
۵	۷۰	۱۵	۱۵	۱٦٦ ± ۳/٤٦[b]

* حروف غیر مشابه در ستون آخر نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح۰/۰۱ است.

جدول ۷، نشان می دهد که با افزایش جایگزینی شیر بادام و شیر سویا اندازه ذرات پودر در نمونه ها افزایش یافته است. مهمترین دلیل این افزایش، می تواند به نوع ترکیبات شیر بادام و شیر سویا ارتباط داشته باشد. عکس العمل کربوهیدرات و پروتئین شیر بادام نسبت به حرارت های بالای برج خشک کن می تواند در اندازه ذرات تاثیر گذاشته باشد زیرا وجود کربوهیدرات بالا در داخل خوراک اولیه موجب چسبندکی پودرتولید شده می گردد. کوک و همکاران (۲۰۱۱) در پژوهشی، ویژگی های فیزیکوشیمیایی پودر تخم مرغ تولید شده به وسیله اسپری درایر را مورد ارزیابی قرار دادند و سپس گزارش نمودند که اندازه ذرات پودر ها از ۳/ ۰ تا ۱۲۰ میکرون متغییر بودند و متوسط اندازه آن ها در رنج ۴ میکرون قرار داشت(۱۶) .

۳-٤-چربی آزاد سطح

جدول آنالیز واریانس (ANOVA) برای میزان چربی آزاد سطح در پودرها نشان دهنده آن بود که بین نمونه های مختلف اختلاف معنی دار وجود داشت ($P < ۰/۰۱$). جدول ۸، میزان چربی آزادسطح را در نمونه های پژوهش نشان می دهد.

جدول۸- میزان چربی آزاد سطح در نمونه های پودر

فرمول	شیرگاو (٪)	شیربادام (٪)	شیرسویا (٪)	درصدچربی آزاد سطح (۱۰۰گرم / گرم)
۱	۱۰۰	۰	۰	٤/۵۱ ± ۰/۰٤[f]
۲	۸۵	۰	۱۵	٤/۷۲ ± ۰/۰٤٦[e]
۳	۸۵	۱۵	۰	۵/۸۵ ± ۰/۰٦۳[b]
٤	۸۵	۷/۵	۷/۵	۵/۰۳ ± ۰/۰۵۲[d]
۵	۷۰	۱۵	۱۵	٦/۱٤ ± ۰/۰۲۸[a]

* حروف غیر مشابه در ستون آخر نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح۰/۰۱ است.

نمونه هایی که حاوی شیربادام بودند میزان چربی آزاد سطح آنها بیشتر از سایر نمونه ها بود. چربی آزاد سطح در پودرهای تولید شده از ۴/۵ تا ۶/۵ گرم در ۱۰۰ گرم پودرمتغییر بود. با افزایش جایگزینی شیر بادام، میزان چربی آزاد سطح بالا رفته است یعنی آن که چربی موجود در شیر بادام به طور مستقیم بر مقدار چربی آزاد سطح تاثیر گذاشته است. یکی از دلایلی که می تواند باعث افزایش چربی آزاد سطح پودرها شده باشد این است که مخلوط اولیه دارای چربی نسبتا بالایی بود (۱۲ درصد

چربی)، درنتیجه بالا بودن چربی آزاد سطح تصور می شد. اما با جایگزینی شیر گاو با شیر بادام، چون تجهیزات لازم برای هموژنیزه کردن مخلوط قبل از خشک کردن وجود نداشت می تواند عامل مهم دیگری باشد که باعث افزایش درصد چربی آزاد سطح شده است. استفاده از هموژنایزر برای هموژنیزه کردن مخلوط بستنی در حین فرآیند تولید بر کاهش چربی آزاد سطح نقش موثری را بازی می کند. فراس کارلی و همکاران (۲۰۱۲) میکروانکپسوله شدن روغن قهوه را با فرآیند اسپری درایر مورد بررسی قرار دادند و سپس میزان چربی آزاد سطح را در نمونه های مختلف بین ۲/۷ تا ۵/ ۳درصد عنوان کردند(۱۰).کیم و همکاران (۲۰۰۵) درتحقیقی گزارش نمودند که خوراک های حاوی روغن و چربی با نقطه ذوب بالا که توسط اسپری درایر خشک می شوند وجود چربی آزاد سطح در پودرهایشان بسیار پایین است و بخش وسیعی از چربی انکپسوله می شود درحالی که اگر روغن و چربی با نقطه ذوب پایین درماده اولیه زیاد باشد باعث می شوند تا امکان انکپسوله شدن آن ها به نحو مطلوبی صورت نگیرد و درصد چربی آزاد سطح در پودرهای آنها افزایش یابد(۱۳).

۳-۵-قابلیت جذب آب

نتایج تجزیه واریانس (ANOVA) نشان داد که ازنظر قابلیت جذب آب، بین تمامی نمونه ها اختلاف معنی دار می باشد ($P < ۰/۰۱$). جدول ۹، مدت زمان جذب آب را برای نمونه های مختلف نشان می دهد .

جدول۹- مدت زمان جذب آب توسط پودرهای مختلف

فرمول	شیرگاو (٪)	شیربادام (٪)	شیرسویا (٪)	مدت زمان جذب آب(ثانیه)
۱	۱۰۰	۰	۰	$۲۵۵ \pm ۶/۹۳^{f}$
۲	۸۵	۰	۱۵	$۳۷۱ \pm ۲/۸۹^{d}$
۳	۸۵	۱۵	۰	$۴۸۰ \pm ۵/۲۰۲^{b}$
٤	۸۵	۷/۵	۷/۵	$۳۴۵ \pm ۳/۴۶^{e}$
۵	۷۰	۱۵	۱۵	$۵۳۵ \pm ۴/۰۴۶^{a}$

* حروف غیر مشابه در ستون آخر نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح۰/۰۱ است.

درپودرهای تولید شده، زمان جذب آب نسبتا بالا است . بین مقدارچربی آزاد موجود در سطح پودرها با جذب آب توسط آنها رابطه مستقیمی وجود دارد بدین معنی که هرچقدردرصد چربی آزاد سطح پودرها بیشتر باشد به همان نسبت باعث می گردد تا پودرها با سرعت کمتری آب جذب کنند. با افزایش جایگزینی شیر گاو با شیر سویا و به خصوص شیر بادام مشاهده می شود که مدت زمان جذب آب بالا رفته است. نمونه هایی که درصد چربی آزاد سطح بیشتری دارند زمان جذب آب توسط آنها نیز افزایش یافته است. وجود چربی بیشتردر سطح پودرها موجب می گردد تا به صورت یک عایق از جذب آب توسط ذرات پودرجلوگیری نماید. وجود چربی بالا در کل نمونه ها نیز می تواند در افزایش زمان جذب آب پودرها تاثیر گذاشته باشد . جیناپونگ و همکاران (۲۰۰۸) در تحقیقی، شیر سویا را با استفاده از اسپری درایر تبدیل به پودر نمودند آنها زمان جذب آب توسط پودر شیر سویا را بین ۵ – ۱ دقیقه عنوان کردند(۱۲) .

۳-۶-قابلیت حلالیت پودرها

نتایج تجزیه واریانس (ANOVA) نشان داد که بین پودرهای تولید شده از نظرحلالیت اختلاف معنی دارمی

باشد(P <۰/۰۱). با افزایش جایگزینی شیر بادام و شیر سویا درصد حلالیت کاهش یافته و میزان رسوب افزایش نشان داد .

جدول۱۰- درصد قابلیت حل شدن پودرها در آب

فرمول	شیرگاو (٪)	شیربادام (٪)	شیرسویا (٪)	قابلیت حل شدن پودرها در آب (٪)
۱	۱۰۰	۰	۰	۹۳/۵ ± ۰/٤٦۲[a]
۲	۸۵	۰	۱۵	۹۱/٦ ± ۰/۲۰۲[b]
۳	۸۵	۱۵	۰	۸۸/۲ ± ۰/۳۷۵[d]
٤	۸۵	۷/۵	۷/۵	۸۹/۵ ± ۰/۲٦[c]
۵	۷۰	۱۵	۱۵	۸٦ ± ۰/۵۷۸[f]

* حروف غیر مشابه در ستون آخر نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح۰/۰۱ است.

منابع گوناگون تایید می نمایند که هرچقدر رسوب یک پودرکمتر باشد نشان از کیفیت بهتر پودر تولید شده دارد. پودرهای فوری از درصد حلالیت بالایی برخوردارند در حالی که پودرهای غیرفوری دارای حلالیت نسبتا پایینی هستند. و نهایتا این که دمای بالای برج خشک کن نیزچون باعث دناتوره شدن بخشی ازپروتئین های موجود در مخلوط می شود در نتیجه در کاهش حلالیت پودر می تواند تاثیر داشته باشد. همانطورکه در جدول ۱۰ مشاهده می گردد فرمول هایی که حاوی شیربادام بیشتری هستند دارای حلالیت کمتری می باشند. در بخش چربی آزاد سطح نیز نمونه هایی که دارای شیر بادام زیادتری بودند چربی آزاد سطح درآنها نیز بیشتر بود. یکی از اصلی ترین دلایل کاهش حلالیت پودرهای با شیر بادام بیشتر، وجود چربی آزادسطح آنها بوده است. تاثیر جایگزینی شیر سویا بر قابلیت حل شدن پودرها درآب کمتر از جایگزینی شیر بادام می باشد. فرمول ۲ که فقط شیر سویا جایگزین شیر گاو شده است .در مقایسه با فرمول ۳ که تنها شیر بادام جایگزین شده است .این نتیجه را تایید می کند که شاید بتوان گفت که خواص ویژه ترکیبات موجود در شیر سویا نسبت به شیر بادام می توانند باعث این گونه تغییرات شده باشند. وگا و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که ارتباط بسیار مستقیمی بین میزان چربی آزاد سطح با قابلیت حل شدن پودرها وجود دارد هرچقدردرصد چربی آزاد سطح در پودرها بیشتر باشد موجب می گردد تا آن پودر با سرعت کمتری در آب حل شود و زمان حل شدن افزایش یابد .آنها همچنین عنوان نمودند که وجود چربی بالا در پودر باعث افزایش زمان حل شدن آن در آب می شود، بدین صورت که پودرهای حاصل از شیر پس چرخ دارای حلالیت بالاتری نسبت به پودرهای حاصل از شیر کامل می باشند(۲۳) .

۳-۷-دانسیته

نتایج تجزیه واریانس (ANOVA) نشان داد که بین پودرهای تولید شده از نظردانسیته اختلاف معنی دارمی باشد(P<۰/۰۱). هرچقدر یک پودراز دانسیته بالاتری برخورداراباشد یعنی کیفیت بیشتری دارد .پودرهایی که متخلخل تر و دارای حجم بیشتر ولی وزن کمتر هستند نشان دهنده آن می باشند که به نحو مطلوب تری خشک شده اند (۲۲).

جدول۱۱- دانسیته پودرها برای نمونه های تولیدشده

فرمول	شیرگاو (٪)	شیر بادام (٪)	شیرسویا (٪)	دانسیته (ρ_b) gml^{-1}	دانسیته (ρ_t) gml^{-1}
۱	۱۰۰	۰	۰	۰/۳۰۷ ± ۰/۰۰۱۷ [a]	۰/۳۸۹ ± ۰/۰۰۲۳
۲	۸۵	۰	۱۵	۰/۳۱۱ ± ۰/۰۰۱۱ [a]	۰/۳۸۵ ± ۰/۰۰۱
۳	۸۵	۱۵	۰	۰/۲٦۷ ± ۰/۰۰۲۸ [b]	۰/۳۵۲ ± ۰/۰۰۱۷
٤	۸۵	۷/۵	۷/۵	۰/۲۲۹ ± ۰/۰۰۱۷ [d]	۰/۳٤۷ ± ۰/۰۰۱۷
۵	۷۰	۱۵	۱۵	۰/۲۱۷ ± ۰/۰۰٤٦ [e]	۰/۳۲٤ ± ۰/۰۰۲۳

* حروف غیر مشابه در ستون آخر نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح۰/۰۱ است.

با توجه به داده های به دست آمده برای دانسیته، که در جدول ۱۱ مشاهده می گردد نشان از آن دارد که پودرهای تولید شده از دانسیته خوبی برخوردار نیستند. دلیل این که دانسیته تمامی نمونه ها پایین است می تواند به اسپری کردن ماده اولیه به داخل برج به صورت دیسکی و هموژنیزه نشدن خوراک ارتباط داشته باشد. اما نکته قابل توجه در نمونه ها آن است که با جایگزینی شیر گاو با شیر سویا و شیر بادام دانسیته کاهش یافته است این بیان کننده آن است که جایگزینی باعث کاهش کیفیت پودر شده است شاید بتوان دلیل آن را به تاثیری که حرارت برج خشک کن بر شیر بادام می گذارد ارتباط داد زیرا مقاومت پروتئین ها ، کربوهیدرات ها و چربی های غیر اشباع شیر بادام در مقابل حرارت نسبت به شیر گاو و شیر سویا کمتر می باشد. سانتانا و همکاران (۲۰۱۳) درتحقیقی که به بررسی میکروانکپسوله شدن اجزاء شیرنارگیل باباسو پرداختند به این نتیجه رسیدند که پودر شیر نارگیل از دانسیته ظاهری ۳۹ ۰/ برخورداراست (۲۱). جیناپونگ و همکاران (۲۰۰۸) در تولید پودر شیر سویا ؛ فرناندز و همکاران (۲۰۱۳) درارزیابی انکپسوله نمودن روغن رزماری، همگی به دانسیته ظاهری مشابهی دست پیدا نمودند(۱۲،۹) .

۳-۸-قابلیت روان بودن یا سیال بودن پودر

نتایج تجزیه واریانس (ANOVA) نشان داد که بین پودرهای تولید شده از نظرروان بودن (سیال بودن) اختلاف معنی دار وجود دارد($P<0/01$). جدول ۱۲، قابلیت سیالیت و پیوستگی پودرها را در نمونه های مختلف نشان می دهد. نتایج بیان کننده آن است که پودرها از سیالیت مطلوبی برخوردار نبستند. ضعیف بودن اندازه ذرات، متخلخل نبودن ذرات و دانسیته پایین نمونه ها بر قابلیت سیالیت پودرها می توانند تاثیر مستقیم گذاشته باشند.

جدول۱۲- قابلیت روان بودن و پیوستگی پودرها

فرمول	شیرگاو (٪)	شیربادام (٪)	شیرسویا (٪)	روان بودن (CI) (٪)	پیوستگی HR
۱	۱۰۰	۰	۰	۲۱[c]	۱/۲٦
۲	۸۵	۰	۱۵	۱۹[d]	۱/۲۳
۳	۸۵	۱۵	۰	۲٤[b]	۱/۳۱
٤	۸۵	۷/۵	۷/۵	۳٤[a]	۱/۵
۵	۷۰	۱۵	۱۵	۳۳[a]	۱/٤۹

* حروف غیر مشابه در ستون آخر نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح۰/۰۱ است.

با افزایش جایگزینی شیر گاو با شیر بادام و شیر سویا در نمونه ها، ویژگی روان بودن پودرها بسیار کاهش نشان داد. اگرچه جایگزینی شیر سویا نیز بر کاهش سیالیت پودرها تاثیر داشت اما کمتر از تاثیر شیر بادام بود. فرمول ۲ و ۳ این نکته را تایید می کند که شاید دلیل آن این باشد که با افزایش درصد جایگزینی شیر بادام یک چسبندگی بسیار کم در پودرها به چشم می خورد. اگر چه اندک بود اما بر روان بودن پودرها بسیار زیاد تاثیر گذاشته بود. وگا و همکاران (۲۰۰۵)، نیجدم و همکاران (۲۰۰۶) ، گزارش نمودند که پودرهایی که اسپری درایر های نازلی تولید می کنند نسبت به اسپری درایرهای دیسکی از سیالیت بیشتری برخوردارند ضمنا وجود کربوهیدرات بالا در خوراک اولیه و پودر باعث می گردد تا سیالیت پودر کاهش یابد و پودر تولید شده از یک چسبندگی بالایی برخوردار باشد(۲۳،۱۹). کوک و همکاران (۲۰۱۲) خواص پودر ماست تولید شده با اسپری درایر را مورد ارزیابی قرار دادند و به نتایج مشابهی دست پیدا کردند (CI = ۲۸) دلیل آنرا میزان ذرات بسیار ریز و چسبندگی ذرات عنوان نمودند (۱۷).

٤-نتیجه گیری

نتایج به دست آمده در این تحقیق، بیان کننده آن است که امکان تبدیل مخلوط بستنی به پودر و سپس بازسازی پودرها درزمان های لازم و درهر کارخانه ای وجود دارد. اگرچه وسکوزیته مخلوط قبل ازخشک کردن با ویسکوزیته مخلوط حاصل از پودر اختلاف معنی دار داشت اما اختلاف فاحش نبود. ازنظر رطوبت اختلاف معنی داری بین نمونه های پودر وجود نداشت. ذرات پودر بطور متوسط از اندازه ای بین ۱۲۰ تا ۱۸۰ میکرون برخوردار بودند که بجز دو مورد ؛ بین سایر نمونه ها اختلاف معنی دار وجود داشت. درصد چربی آزادسطح در پودرها نسبتا بالا و بین نمونه ها اختلاف معنی دار بود(P <۰/۰۱). وجود چربی زیاد در فرمول اصلی نمونه ها و وجود چربی غیر اشباع در نمونه های حاوی شیر بادام می تواند دلیل اصلی بالا بودن چربی آزاد سطح نمونه ها باشد. ضمنا چگونگی اسپری شدن خوراک و قدرت انکپسوله شدن چربی موجود در نمونه ها و پودرها نیز می تواند در افزایش درصد چربی آزاد سطح پودرها نقش داشته باشد. پودرها از دانسیته ضعیفی برخوردار بودند. بطور کلی پودرهای غیر فوری متراکم بوده و بر ویژگی های پودر تاثیر مستقیم دارد. از آن جائی که پودر تولید شده در این تحقیق نیز غیر فوری بود درنتیجه باعث شده بود تا قابلیت جذب رطوبت کاهش یابد و زمان حل شدن پودرها طولانی تر گردد. و ضمنا بین پودرهایی که حاوی شیر بادام بیشتر بودند نسبت به پودرهایی که از شیر بادام کمتری برخوردار بودند اختلاف معنی دار وجود داشت(P<۰/۰۱). به طور کلی تاثیر جایگزینی شیر سویا بر ویژگی های فیزیکوشیمیایی پودر تولید شده کمتر از تاثیر جایگزینی شیر بادام بود، که این خود می تواند دلیل محکمی بر خواص کیفی شیر سویا در مقایسه با شیر بادام باشد.

۵-منابع

۱. ترکاشوند، ی.۱۳۸٤. بستنی، چاپ اول، انتشارات اتا .

۲. چگنی، ب. و مشکوت، آ. ۱۳۸۵. دانش و تکنولوژی بستنی. چاپ اول، انتشارات آییژ.

۳. موسسه استاندارد وتحقیقات صنعتی ایران.۱۳۵۲. بستنی و ارزیابی حسی آن. استاندارد شماره ۵۲ و٤۹۳۷، تهران، ایران .

٤. میرچولی برازق، ع . مظاهری تهرانی، م . ۱۳۹۰. بررسی تاثیر جایگزینی مواد جامد کل بستنی با بادام بر خصوصیات فیزیکی و حسی آن. مجله *نوآوری درعلوم و فن آوری غذایی* ، سال سوم ، شماره اول، ص ۲٦ – ۱۹.

۵. یگانه زاد، س، مظاهری تهرانی، م، شهیدی، ف، زایر زاده .۱۳۸٦. بررسی اثر شیر سویا بر ویژگی های میکروبی، فیزیکوشیمیایی و ارگانولپتیکی ماست پروبیوتیک. هفدهمین کنگره ملی صنایع غذایی ایران، ارومیه .

6. Arbuckle,W.S.1986. Ice Cream , Fourth Edition.Van Nostrand Reinhold, New York.

7. Bouvier, J. M., Collado, M., Gardiner, D., Scott, M., Schuck, P.2013 . Physical and rehydration properties of milk protein concentrates: comparison of spray-dried and extrusion porosified powders", *Dairy Science & Technology*,.93:.387–399.

8. Fazaeli, M., Emam-Djomeh, Z., Yarmand, M. S. 2016. Optimization of Spray Drying Conditions for Production of Ice Cream Mix Powder Flavored With Black Mulberry Juice ", *J. Agr. Sci. Tech*, 18: 1557-1570.

9. Fernandes,V.B., Borges, S. V., Botrel, D.A.2013. Influence of spray drying operating conditions on microencapsulated rosemary essential oil properties . *Technologia de Alimentos*., 33: 171-178.

10. Frascareli, E.C., Silva, V.M., Tonon, R.V., Hubinger, M.D. 2012. Effect of process conditions on the microencapsulation of coffee oil by spray drying , *Food Bioprod.Proc*., 90:413-424.

11. Goff, H.D. 2002. Formation and stabilisation of structure in ice-cream and related products, *Current Opinion in Colloid and Interface Science*., 7:432–437.

12. Jinapong, N., Suphantharika, M., Jamnong, P. 2008. "Production of Instant Soymilk Powders by Ultrafiltration, Spray Drying and Fluidized Bed Agglomeration," *Journal of Food Engineering*, 84(2: 194-205.

13. Kim, E.H. J., Chen, X. D., Pearce, D. 2005. Melting characteristics of fat present on the surface of industrial spray-dried dairy powders, *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*., 42 : 1–8.

14. Kim, E.H. J., Chen, X. D., Pearce, D. 2009. Surface composition of industrial spray-dried milk powders. Development of surface composition during manufacture . *Journal of Food Engineering*, 94 : 163–168.

15. Kim, E.H.J., Chen, X.D., Pearce, D. 2009. Surface composition of industrial spray-dried milk powders. Changes in the surface composition during long-term storage .*Journal of Food Engineering*., 94 : 182–191.

16. Koc, M., Koc, B., Yilmazer, M. S., Ertekin, F. K., Susyal, G., Bagdathoglu, N. 2011 . Physicochemical Characterization of Whole Egg Powder Microencapsulated by Spray Drying ", *Drying Technology*, 29: 780–788.

17. Koc, B., Yilmazer, M.S., Ertekin, F. K., Balkir, P. 2012 . Physical Properties of yoghurt powder produced by spray drying ", *Journal of Food Science and Technology*, 47 :1-10.

18. Lin, M-P., Staples, C.R., Sims, C.A. and O'Keefe, S.F.1996. Modification of fatty acids in milkby feeding calcium protected high oleic sunflower oil. *J Food Sci*, 61:24 – 27.
19. Nijdam, J. J., Langrish,T. A. G. 2006. The effect of surface composition on the functional properties of milk powders ", *Journal of Food Engineering*., 77 : 919–925.
20. Pourahmad, R., Ahanian, B. 2015. Production of cocoa flavored soymilk ice cream ", *Walia journal*, 31: 242-248.
21. Santana, A. A., Oliveira, R. A. D., Pinedo, A. A., Kurozawak, L. E., Park, K. J. 2013. Microencapsulation of babassu coconut milk . *Food Science and Technology*, 33: 737-744.
22. Souza, A.S., Borges, S.V., Magalhaes, N. F., Ricardo, H.V., Cereda, M. P., Daiuto, E. R. 2009. Influence of spray drying conditions on the physical properties of dried pulp tomato *Journal of science and technology*, 29: 291-294.
23. Vega, C., Kim, E. H. J., Chen, X. D., Roos, Y. H. 2005. Solid-state characterization of spray-dried ice cream mixes", Science direct (Colloids and Surfaces B: Biointerfaces), 45: 66–75.

(Original Research Paper)

Effect of Spray Drier on the Physicochemical Properties of Dairy-Vegetable Ice Cream Mix Powder

Abdolreza Mirchooli Borazgh[1], Mostafa Mazaheri Tehrani[2*], Seyyed Ali Mortazavi[2], Seyyed Mohammad Ali Razavi[2]

1-Ph. D Student of Food Technology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
2-Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of mashhad, Mashhad, Iran

.

Received:24/05/2017 Accepted:26/08/2017

Abstract

in this study , for drying ice cream mix was used of the a pilot scale spray drier.In the prepared mixtures, four levels of 10, 20, 30 and 40% of almond milk replaced cow's milkAnd a control sample that did not contain any almond milk .After preparing each of the mixes, and passing the ripenning period (twelve hours);The viscosity of the mix was measured and transferred to the factory for powder production .Finally, the physico-chemical properties of the produced powders including : Density, Wettability, surface free fat, particle size, solubility and Flowability were investigated . The viscosity of the ice cream mix obtained from the powder was reduced to viscosity before powdering by increasing the replacement of almond milk in samples, particle sizes, surface free fat , wettability and solubility were also increased, and had a significant difference with the control sample .The effect of the heat inside the tower was clearly apparent on the quality of the produced powders, especially the replacement of almond milk.

Key words: Ice Cream Mix, Spray Drier, Physico, Chemical Properties of Powder

[*]Corresponding Author: mmtehrani@um.ac.ir