علمی پژوهشی

بررسی برخی ویژگی‌های فیزیکی پودر نوشیدنی فوری بر پایه عصاره چغندر قرمز، کف پوشی شده به دو روش هوای داغ و انجمادی

مرضیه حاجی‌آقائی[۱]، اکرم شریفی[۱*]

۱- گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشکده مهندسی صنایع و مکانیک، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۸/۱۱/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۴/۲۸)

چکیده

در این تحقیق، برخی ویژگی‌های فیزیکی پودر نوشیدنی فوری عصاره چغندر قرمز، به و دارچین تهیه شده به روش خشک کردن کف پوشی مورد بررسی قرار گرفت. اثر دو متغیر مستقل درصد مالتودکسترین (۰، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ ٪) و روش خشک کردن (کف پوشی هوای داغ و انجمادی) بر برخی ویژگی‌های فیزیکی پودر شامل میزان رطوبت، ظرفیت جذب رطوبت، میزان کلوخه‌ای شدن، دانسیته توده، ضربه، ذره و حلالیت تعیین شدند. با افزایش سطح مالتودکسترین، محتوای رطوبتی، ظرفیت جذب رطوبت و کلوخه‌ای شدن پودرها کاهش یافت ($p\leq ۰/۰۵$). بیشترین میزان دانسیته توده (g/cm^3 ۰/۶۲±۰/۰۰۸) و ضربه (g/cm^3 ۰/۷۷±۰/۰۰۷) مربوط به پودرهای دارای ۲۰٪ مالتودکسترین، تهیه شده با هوای داغ بود و کمترین میزان دانسیته توده (g/cm^3 ۰/۲۵±۰/۰۰۳) و ضربه (g/cm^3 ۰/۳۱±۰/۰۰۵) در نمونه‌های پودر ۲۰٪ مالتودکسترین، تهیه شده به روش انجمادی مشاهده شدند. کمترین میزان دانسیته ذره در هر دو روش خشک کردن متعلق به نمونه‌های ۲۰٪ مالتودکسترین بود (g/cm^3 ۱/۰۴±۰/۰۰۸ و g/cm^3 ۱/۲۳±۰/۰۲ به ترتیب برای نمونه-های ۲۰٪ مالتودکسترین کف پوشی شده به روش هوای داغ و انجمادی). حلالیت پودرها با افزایش مالتودکسترین به طور معنی‌داری افزایش یافت ($p\leq ۰/۰۵$). ظرفیت جذب رطوبت، کلوخه‌ای شدن، حلالیت و دانسیته ذره نمونه‌های خشک شده به روش انجمادی بیشتر از نمونه‌های خشک شده در هوای داغ بودند ($p\leq ۰/۰۵$). دانسیته توده و ضربه نمونه‌های تهیه شده در هوای داغ (به ترتیب g/cm^3 ۰/۵۲±۰/۱ و g/cm^3 ۰/۶۷±۰/۱۱) بیشتر از نمونه-های تهیه شده به روش انجمادی بودند (به ترتیب g/cm^3 ۰/۳۶±۰/۰۷ و g/cm^3 ۰/۴۷±۰/۱) ($p\leq ۰/۰۵$). هر دو متغیر مستقل (درصد مالتودکسترین و روش خشک کردن) تاثیر معنی‌داری روی ظرفیت جذب رطوبت، میزان کلوخه‌ای شدن، دانسیته توده، ضربه، ذره و حلالیت داشتند ($p\leq ۰/۰۵$) ولی روش خشک کردن تاثیر معنی داری بر میزان رطوبت پودرها نداشت ($p>۰/۰۵$). نتایج بررسی‌ها نشان داد پودر دارای ۲۰٪ مالتودکسترین و خشک شده با هوای داغ را می‌توان به عنوان نمونه بهینه معرفی نمود.

کلید واژگان: عصاره چغندر قرمز، مالتودکسترین، خشک کردن کف پوشی، کف پوشی انجمادی، کف پوشی هوای داغ

* مسئول مکاتبات: asharifi@qiau.ac.ir

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر توجه زیادی نسبت به فعالیت بیولوژیکی چغندر قرمز و کاربردهای بالقوه آن به عنوان یک ارتقا دهنده سلامتی و غذای عملگرای پیشگیری کننده از بیماری‌ها معطوف شده است [۱]. چغندر قرمز منبع غنی از ترکیبات فنولی است و چندین مطالعه درباره شناسایی و ارزیابی محتوای آنتی اکسیدانی و ترکیبات فنولی موجود در این گیاه انجام شده است. مطالعات پیشین نشان داده‌اند که عصاره ریشه چغندر غنی از ترکیبات فنولی است و این ترکیبات در تست‌های هضم انجام شده در محیط آزمایشگاه[1] نیز به صورت فعال باقی مانده‌اند [۲]. چغندر غنی از نیترات غیر آلی است (عموما مقادیری بین mg nitrate/ kg ۱۱۰ تا ۳۶۷۰) و در چندین تحقیق به عنوان یک استراتژی تغذیه‌ای برای سنجش تاثیر دریافت نیترات غیر آلی روی فشار خون استفاده شده است [۳].

Beta vulgaris، که ریشه چغندر یا چغندر نیز نامیده می‌شود، یک گیاه یکساله یا دو ساله از تیره *Amaranthaceae*، خانواده تاج خروسیان است. گونه‌های مختلف چغندر *Beta vulgaris L* منبع خوبی از فیبرهای رژیمی، مواد معدنی (پتاسیم، سدیم، آهن، مس، منیزیم، کلسیم، فسفر و روی)، ویتامین‌ها (رتینول، اسید آسکوربیک و B-کمپلکس)، آنتی‌اکسیدان‌ها، بتالائین‌ها و ترکیبات فنولی هستند [۲]. چغندر همچنین حاوی سایر ترکیبات ارزشمند مثل کاروتنوئیدها، گلایسین، بتائین، ساپونین‌ها، بتاسیانین‌ها، فولات، بتانین، پلی فنول‌ها و فلاونوئیدها می‌باشد [٤].

برای تهیه این پودر نوشیدنی از عصاره میوه به و عصاره دارچین نیز استفاده شد. میوه به (*Cydonia oblonga Miller*) از خانواده رزاسه آ[2] می‌باشد و از نظر تغذیه‌ای محصولی ارزشمند است [۵]. ۲۱ آمینواسید آزاد در این محصول شناسایی شده‌اند. میوه به، حاوی تعدادی متابولیت از جمله ترکیبات فنولی، ترپن‌ها[3] و سایر ترکیبات فرار و اسیدهای آلی است. محتوای فنولی کل آن در دامنه g/kg ۱/۷ – ۰/۲، g/kg ۰/۳ – ۰/۰۱۱ و g/kg ۰/۱ به ترتیب در پوست، پالپ و دانه‌های آن است و بیش از ۱٦۰ ترکیب فرار نیز در میوه به شناسایی شده‌اند [٦].

Cinnamomumverum یک گیاه دارویی متعلق به *Lauraceae* می‌باشد که عموما "درخت دارچین حقیقی" و یا "درخت دارچین سیلون" نامیده می‌شود [۷]. پلی فنول‌های موجود در دارچین، از طریق مهار آنزیم ۵-لیپوکسیژناز[4]، منجر به کاهش استرس اکسیداتیو می‌شوند که میزان کاهش، به غلظت این ترکیبات بستگی دارد. اپی کاتچین[5]، کمفن[6]، اوژنول[7]، گاما-ترپینن[8]، فنول[9]، سالیسیلیک اسید[10] و تانن‌ها[11] از جمله فیتوکمیکال‌های آنتی اکسیدانی شناسایی شده در دارچین می‌باشند [۸].

برای افزایش مدت زمان نگهداری و امکان مصرف همیشگی ترکیبات گیاهی از روش‌های مختلفی از جمله خشک کردن استفاده می‌شود. انواع مختلفی از روش‌های خشک کردن در سرتاسر جهان وجود دارند که بسته به ویژگی‌های مورد انتظار، به کار گرفته می‌شوند [۹]. در بین روش‌های مختلف خشک کردن، خشک کردن کف پوشی یک روش نسبتا ساده و جایگزین است که جدا کردن آب از آبمیوه و پوره سبزیجات را تسهیل می‌نماید [۱۰]. خشک کردن کف پوشی فرآیندی است که در آن محصولات غذایی مایع یا نیمه جامد/ مایع مثل آبمیوه‌ها، پوره سبزیجات یا خمیر غلات به فرم کف پایدار تبدیل می‌شوند تا متعاقباً به صورت لایه نازکی خشک شوند [۱۱]. کف دیسپرسیون حباب‌های گاز در مایع و یا ماتریس جامد است [۱۲] و به صورت یک سیستم دو فازی، دارای یک فاز پراکنده (معمولا هوا) و یک فاز پیوسته می‌باشد [۱۳] که فاز پراکنده آن به‌وسیله لایه نازکی از فیلم مایع که به عنوان لاملا (دیواره نازک حباب) شناخته می‌شود از فاز پیوسته جدا می‌شود [۹]. محصول نهایی خشک کردن کف پوشی پودری متخلخل است [۱٤] که قابلیت باز آبپوشی مناسبی دارد [۱۵]. ساده و ارزان بودن و سرعت بالای خشک کردن با استفاده از دماهای پایین از جمله مزایای خشک کردن کف پوشی می‌باشند، همچنین این‌که پودرهایی که با این

1. In vitro
2. *Rosaceae*
3. Terpenes
4. Lipoxygenase
5. Epicatechin
6. Camphene
7. Eugenol
8. Gamma-terpinene
9. Phenol
10. Salicylic acid
11. Tannins

روش تهیه می‌شوند می‌توانند به صورت فوری در آب سرد حل شوند و کیفیت بالایی نیز خواهند داشت [۱٦].

از تحقیقات انجام شده در زمینه کف پوشی، می‌توان به خشک کردن کف پوشی پوره سیب توسط جاکوبزیکا و همکاران (۲۰۱۱) اشاره کرد. در این پژوهش مشخص شد که روش مورد استفاده برای خشک کردن، روی خصوصیات فیزیکی پودر سیب موثر بود [۱۷]. در کف پوشی عصاره یاکون[1] توسط فرانکو و همکاران (۲۰۱۵)، مشخص شد که ضخامت لایه‌ها و دمای هوا از نظر آماری روی زمان خشک کردن، میزان رطوبت و فعالیت آبی (a_w) محصول تولید شده تاثیر گذار بودند ($p\leq ۰/۰۵$) [۱۸]. در بررسی اسکن میکروسکوپ الکترونی کف آلوئه‌ورای خشک شده به روش انجمادی، مشخص شد که افزودن صمغ گوار می‌تواند ساختار کف پایداری ایجاد نماید [۱۹]. در یک بررسی توسط وارهان و همکاران (۲۰۱۹)، تهیه پودر انجیر در دو شرایط خشک کردن کف پوشی با هوای داغ و مایکروویو، در شرایط مختلف مورد بررسی قرار گرفت. در تحقیق آن‌ها مشخص شد که از نظر زمانی، خشک کردن کف با مایکروویو کارآیی بیشتری نسبت به خشک کردن با استفاده هوای داغ داشت [۲۰]. ان جی و سلیمان (۲۰۱۸) تولید پودر ریشه چغندر را با استفاده از خشک کردن کف پوشی بررسی کردند. در این تحقیق از آلبومین تخم مرغ و ژلاتین ماهی به عنوان عوامل کف‌ساز استفاده شد [۱۵]. کف پوشی رنگدانه قرمز چای ترش در کار تحقیقاتی دیگری (۲۰۱۹) با استفاده از آلبومین تخم مرغ مورد بررسی قرار گرفت و نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از آلبومین تخم مرغ در غلظت ۱۵ درصد منجر به تولید پودری با ویژگی‌های مناسب می‌شود [۲۱].

هدف از انجام این تحقیق تولید پودر نوشیدنی فوری بر پایه عصاره چغندر قرمز با استفاده از روش کف پوشی بود که به منظور بهبود طعم و افزایش ارزش تغذیه‌ای، از عصاره به و دارچین نیز استفاده شد. در نهایت تاثیر دو روش مختلف کف پوشی با هوای داغ و انجمادی و همچنین درصدهای مختلف مالتودکسترین بر برخی ویژگی‌های فیزیکی پودرهای تولید شده بررسی شدند.

1. Yacon

۲- مواد و روش‌ها

مواد مورد استفاده شامل چغندر قرمز و میوه به، از بازار محلی شهر قزوین خریداری شدند، عصاره دارچین از شرکت دارویی زرد بند (ساخت ایران-یاسوج) تهیه شد. مالتودکسترین (DE ۲۰)، آلبومین تخم مرغ و پترولیوم اتر نیز از شرکت Merck آلمان تامین گردید.

۲-۱-تهیه عصاره و کف

چغندر قرمز و میوه به، پس از شست‌وشو و ضد عفونی کردن، به قطعات کوچک برش داده شدند. مطابق روش اسلاو و همکاران (۲۰۱۳) [۲۲] با اندکی اصلاحات، عصاره‌گیری از چغندر قرمز و میوه به، در مرحله اول با استفاده از دستگاه آبگیری انجام شد. فرآیند استخراج عصاره باقی مانده در تفاله، ۲ بار با نسبت‌های مختلف تفاله به آب (به ترتیب) ۱:٤ و ۱:۲ در دمای اتاق (۱ ساعت در اولین فرآیند استخراج و ۰/۵ ساعت در فرآیند بعدی) در تاریکی انجام شد. عصاره دارچین نیز به صورت آماده از شرکت زردبند خریداری شد.

به منظور تهیه کف، عصاره چغندر قرمز، به و دارچین به نسبت-های ۱ :۲٤ :۷۵ درصد وزنی/ وزنی با یکدیگر ترکیب شدند. از آلبومین تخم مرغ تازه در سطح ثابت ۳٪ وزنی/ وزنی به منظور ایجاد کف استفاده شد. از مالتودکسترین به عنوان ماده افزودنی جامد و پایدار کننده کف، در سطوح ۰٪، ۱۰٪، ۲۰٪ و ۳۰٪ وزنی/ وزنی استفاده شد. این ترکیب با استفاده از همزن مکانیکی (IKA LABORTECHNIK, Germany) با بیشترین سرعت (۷۸۸ دور بر دقیقه)، در دمای محیط و به مدت ۸ دقیقه همزده شد.

۲-۲- فرآیند خشک کردن

خشک کردن نمونه‌های کف شده به دو روش خشک کردن با هوای داغ و همچنین خشک کردن انجمادی انجام شد. برای خشک کردن در هوای داغ، کف‌های تهیه شده با ضخامت مشخص (۳ mm) داخل پلیت‌ها ریخته شدند و داخل خشک کن غیر مداوم کابینتی (SH-Scientific, republic of Korea) دارای جریان هوای داغ (جریان هوای داغ ۱/۵ m/s) با دمای ٦۰ درجه سلسیوس به مدت ٦ ساعت (تا رسیدن به وزن

ثابت) خشک شدند.

در روش خشک کردن انجمادی، کف‌های تهیه شده به ضخامت ۱ cm درون پلیت ریخته شدند و به مدت ۲٤ ساعت داخل دیپ فریز ۷۰- درجه سلسیوس (فراتک، ساخت ایران) قرار گرفتند و سپس وارد دستگاه خشک‌کن انجمادی (زیست فرآیند تجهیز سهند SBPE، ساخت ایران) شدند. قبل از قرار دادن نمونه‌ها داخل خشک کن انجمادی، دمای صفحات به ۵۰- درجه سلسیوس کاهش داده شد. سپس نمونه‌ها از دیپ فریز خارج شده و بر روی صفحات دستگاه خشک کن انجمادی قرار گرفتند. فرآیند خشک کردن در دمای ٦٥- درجه سلسیوس و فشار ۱۹۰ mtorr به مدت ۲٤ ساعت انجام شد. در هر دو روش، نمونه‌های خشک شده، آسیاب شدند و پس از عبور از الک (مش ٦۰)، درون شیشه‌های تیره ریخته شدند.

۲-۳-آزمایشات عصاره

پس از ترکیب کردن عصاره‌ها میزان pH و بریکس با استفاده از استاندارد ملی ایران شماره ۱۲٤۹ اندازه‌گیری شدند [۲۳].

۲-٤- آزمایشات انجام شده روی پودرهای تولیدی

۲-٤-۱-محتوای رطوبتی

مطابق روش افندی و همکاران (۲۰۱۷) با اندکی اصلاحات، حدود ۲ گرم از هر نمونه پودر در پتری دیش وزن گردید. سپس به مدت ٤ ساعت در آون ۱۰۵ درجه سلسیوس (BINDERساخت USA) خشک شد. محتوای رطوبتی نمونه‌ها با استفاده از معادله (۱) محاسبه شد [۲٤].

معادله (۱)

$$\%\ \mathbf{Moisture} = \frac{W_2 - W_3}{W_2 - W_1} \times 100$$

که Moisture: محتوای رطوبت (٪)، W_1:وزن ظرف مرطوب (g)، W_2: وزن ظرف مرطوب و نمونه (مرطوب) (g)، W_3: وزن ظرف مرطوب و نمونه (خشک) (g)

۲-٤-۲ ظرفیت جذب رطوبت

برای تعیین ظرفیت جذب رطوبت پودرها، یک گرم پودر در یک پتری دیش با قطر ۹ سانتی متر پخش شد، ظرف داخل دسیکاتور در دمای ۲۰ درجه سلسیوس و دارای رطوبت نسبی ایجاد شده با محلول نمک فوق اشباع (RH ۷۵٪) قرار گرفت. پتری دیش حاوی پودر در فواصل زمانی منظم با ترازوی دیجیتال Kern 470 با دقت ۰/۰۱ گرم وزن شد تا زمانی که وزن ثابت بدست آمد [۲۵]. درصد ظرفیت جذب رطوبت از معادله (۲) محاسبه شد.

معادله (۲)

$$Hygroscopicity = \left(\frac{b+H}{a-H}\right) \times 100$$

که Hygroscopicity: ظرفیت جذب رطوبت (٪)، H: میزان رطوبت اولیه نمونه (۱ گرم) (g)، b: افزایش وزن نمونه (g) و a: وزن اولیه نمونه (g) می‌باشند.

۲-٤-۳- میزان کلوخه‌ای شدن

به منظور تعیین میزان کلوخه‌ای شدن پودرها، بعد از تعیین ظرفیت جذب رطوبت، نمونه پودر مرطوب به مدت ۱ ساعت در آون ۱۰۲ درجه سلسیوس (BINDER ساخت USA) قرار گرفت. بعد از سرد شدن، نمونه خشک شده وزن شد و با یک الک با سایز µm ۵۰۰ الک شد. الک به مدت ۵ دقیقه با دست تکان داده شد. وزن پودر باقی مانده در الک اندازه گیری شد. میزان کلوخه‌ای شدن از معادله (۳) بدست آمد [۲٦]:

معادله (۳)

$$Degree\ of\ caking = \left(\frac{b}{a}\right) \times 100$$

که Degree of caking: میزان کلوخه‌ای شدن (٪)، a: وزن اولیه پودر مورد استفاده برای الک کردن (g) و b: وزن پودر باقی مانده روی الک (g) می‌باشد.

۲-٤-٤- دانسیته توده و دانسیته ضربه

یک گرم پودر آزادانه داخل استوانه مدرج ۱۰ ml ریخته شد. بدون ضربه زدن به استوانه، حجم اشغال شده توسط پودر اندازه-گیری شد. دانسیته ضربه با استفاده از ضربه زدن استوانه باردار به تعداد ۱۵ بار از ارتفاع ۱۰ cm تعیین شد و حجم نهایی ثبت شد. دانسیته توده و ضربه پودرها با استفاده از معادله‌های (٤) و (۵) محاسبه شدند [۲٤].

معادله (٤)

$$\rho\ Bulk = \frac{m(g)}{v(cm^3)}$$

که ρ Bulk: دانسیته توده (g/cm^3)، m: وزن پودر و v: حجم پودر است.

معادله (۵)

$$\rho Tapped = \frac{m(g)}{v(cm^3)}$$

که ρ Tapped: دانسیته ضربه (g/cm^3)، m: وزن پودر و v: حجم بعد از ضربه می‌باشد.

۲-٤-۵- دانسیته ذره

یک گرم پودر وزن شده و در یک استوانه‌ی مدرج ۱۰ ml با درپوش شیشه‌ای ریخته شد. سپس ۵ میلی‌لیتر پترولیوم اتر به استوانه افزوده و تکان داده شده تا تمام ذرات پودر معلق شوند. سرانجام تمام ذرات پودر روی دیواره‌ی استوانه با ۱ میلی‌لیتر پترولیوم اتر شسته شده (٦ میلی‌لیتر در کل) و حجم کل پترولیوم اتر با پودر معلق شده خوانده شد. با استفاده از معادله (٦) دانسیته‌ی ذره نمونه‌ها محاسبه گردید [۲۷].

$$\rho Particle = \frac{M}{V-6}$$ معادله (٦)

که ρParticle: دانسیته ذره (g/cm^3)، M: وزن پودر (g) و V: حجم پودر + پترولیوم اتر (ml) می‌باشد.

۲-٤-٦- حلالیت

سنجش حلالیت پودرها با استفاده از روش سرانگورایان و همکاران (۲۰۱۸) انجام شد. ۱ گرم پودر به ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر افزوده شد و به‌وسیله یک همزن مغناطیسی (SCIENTIFICA VELP ساخت ایتالیا) به مدت ۱۰ دقیقه همزده شد. پس از نگهداری به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۳۷ درجه سلسیوس، در ۱۰۰۰۰ rpm (سانتریفیوژ یخچال‌دار HERMLE Z 323 K کمپانی HermleLaborTechnik GmbH ساخت آلمان) به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شد. قسمت رویی به یک ظرف خشک کننده منتقل و در آون ۱۰۵ درجه سلسیوس (مدل BINDER ساخت USA) خشک شد. درصد حلالیت به صورت نسبت جرم جامد خشک قسمت رویی به مقدار وزن اصلی نمونه (۱ گرم) بدست آمد (معادله ۷) [۲٦].

$$S = \frac{m_2}{m_1} \times 100$$ معادله (۷)

که S: حلالیت (٪)، m_1: وزن ماده خشک بعد از سانتریفیوژ (قسمت رویی) (g) و m_2: وزن اصلی نمونه (۱g) می‌باشد.

۲-۵- طرح آماری

آزمایشات در سه تکرار انجام شدند و میانگین ± انحراف استاندارد آن‌ها گزارش شد. برای اثبات وجود و یا عدم وجود تفاوت معنی‌دار آماری بین میانگین‌ها از آنالیز واریانس (ANOVA) استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از تست توکی و در سطح اطمینان ۹۵٪ انجام شد ($p \geq ۰/۰۵$). آنالیزهای آماری با مینی‌تب[1] نسخه ۱۸/۱ انجام شدند و نمودارها با برنامه اکسل[2] نسخه ۲۰۱٦ رسم شدند.

۳- نتایج و بحث

ترکیب عصاره‌های چغندر قرمز، میوه به و دارچین قبل از اضافه کردن افزودنی‌ها دارای مواد جامد محلول کل ۰/۰۹ ± ۱۱/٤ درجه بریکس و pH ۰/۰۰ ± ۵/۳۵ بود.

۳-۱-رطوبت

با توجه به جدول (۱) مشخص می‌شود که روش خشک کردن تاثیر معنی‌داری روی درصد رطوبت نمونه‌ها نداشته است ($p > ۰/۰۵$) ولی درصد مالتودکسترین و اثر متقابل روش خشک کردن و درصد مالتودکسترین تاثیر معنی‌داری روی این ویژگی فیزیکی نمونه‌ها داشت ($p \leq ۰/۰۵$). میزان رطوبت در پودرهای خشک شده به روش انجمادی از ۸/٦٤٪ تا ۳/۲۸٪ و پودرهای خشک شده با هوای داغ از ٦/۹۵٪ تا ٤/۸۳٪ متغیر بود (شکل ۱). به طور کلی در هر دو روش خشک کردن با افزایش درصد مالتودکسترین، رطوبت پودرهای تولید شده کاهش یافت که مشابه نتایج تکابو و همکاران (۲۰۱۸) در خشک کردن انجمادی پودر عصاره برگ مالبری بود. آن‌ها با استناد به یافته‌های گزارشات پیشین در مورد پودرهای خشک شده به روش انجمادی، علت این کاهش رطوبت را، افزایش غلظت کربوهیدرات‌ها دانستند [۲۸]. مشابه این تحقیق، در تولید پودر چغندر به روش کف پوشی (۲۰۱۸) نیز گزارش شد که نمونه‌های پودر چغندر بدون مالتودکسترین با میزان رطوبت ۱۰۰g /g ۸/۲۷ بالاترین میزان رطوبت را داشتند و برای خشک کردن آن‌ها، نسبت به سایر نمونه‌ها دو ساعت زمان بیشتری صرف شد [۱۵].

1. Minitab
2. Excel

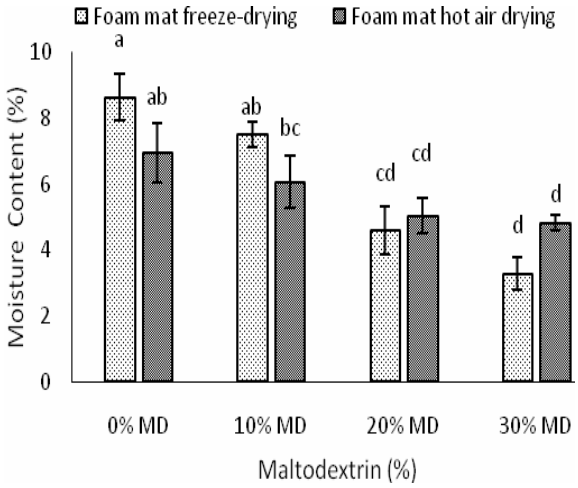

Fig 1 Interaction of different maltodextrin levels and drying methods on the moisture content (%) of foam mat dried instant drink powders based on red beet root extract. Different lower case superscripts in the columns indicate significant difference (p≥0.05).

۳-۲-ظرفیت جذب رطوبت

ظرفیت جذب رطوبت توانایی مواد در جذب رطوبت از محیط اطراف دارای رطوبت نسبی بالا می‌باشد [۲۹]. در این تحقیق متوسط ظرفیت جذب رطوبت پودرهایی که به روش انجمادی تولید شده بودند نسبت به پودرهای خشک شده در هوای داغ بیشتر بود (p≤۰/۰۵). گزارش شده است که ویژگی ظرفیت جذب رطوبت یا هیگروسکوپیسیته پودرهای خشک شده به روش انجمادی به سایز ذرات آن‌ها بر می‌گردد. هرچه سایز ذرات کوچکتر باشد، ناحیه سطحی که در معرض محیط قرار می‌گیرد بیشتر می‌شود، بنابراین منجر به جذب آب بیشتری می‌گردد [۲۸]. مشابها اولیویرا و همکاران (۲۰۰۳) نیز ظرفیت جذب رطوبت پودرهای غذایی را به اندازه ذرات پودر مرتبط دانسته‌اند. بر این اساس محصولی که ذرات ریز تری دارد سطح تماس بیشتری دارد و بنابراین تعداد جایگاه‌های فعال برای جذب آب افزایش می‌یابد [۳۰]. با افزایش درصد مالتودکسترین، ظرفیت جذب رطوبت پودرها به طور معنی‌داری کاهش یافت (p≤۰/۰۵). با توجه به جدول (۱)، تاثیر متقابل درصد مالتودکسترین و روش خشک کردن نیز روی ظرفیت جذب رطوبت پودرها معنی‌دار بود (p≤۰/۰۵). با توجه به شکل (۲) ظرفیت جذب رطوبت در نمونه پودر شاهدی که به صورت انجمادی خشک شده بود (۱۸/۴۱±۰/۴۶) به طور معنی‌داری از سایر نمونه‌ها بیشتر بود (p≤۰/۰۵).

افزایش میزان ماده حامل، دمای انتقال شیشه‌ای را افزایش داده و بنابراین ظرفیت جذب رطوبت را کاهش می‌دهد [۲۹]. در کف پوشی پالپ چغندر نیز مشخص شد که نمونه پودر شاهد بدون مالتودکسترین، در دامنه بسیار جاذبه رطوبت قرار گرفت (۲۳/۳۷ g/۱۰۰g) [۱۵]. در تهیه پودر تمبر هندی، خشک شده به روش پاششی نیز بیان شد که با افزایش مقدار ماده حامل، ظرفیت جذب رطوبت محصول کاهش یافت [۲۹]. نتایج مشابهی بوسیله موسکارا و همکاران گزارش شد؛ به این صورت که افزودن مالتودکسترین قبل از خشک کردن انجمادی پالپ بوروژو، پایداری پودر تولیدی را از طریق کاهش ظرفیت جذب رطوبت و افزایش دمای انتقال شیشه‌ای افزایش می‌دهد [۳۱]. جاکوبزیک و همکاران (۲۰۱۱) نیز گزارش کردند که افزودن مالتودکسترین ظرفیت جذب رطوبت پودرهای سیب را کاهش داد [۱۷].

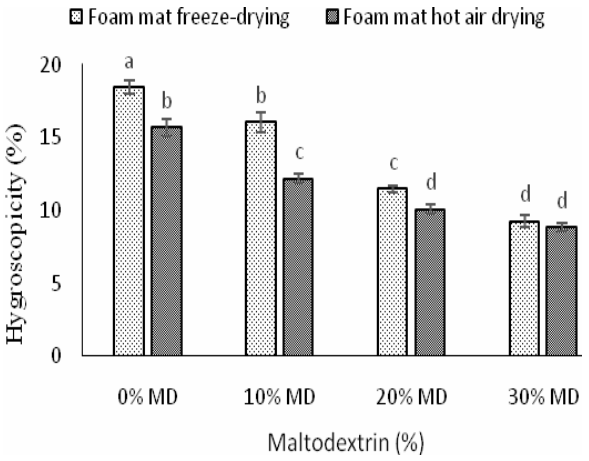

Fig 2 Interaction of different maltodextrin levels and drying methods on the hygroscopicity of foam mat dried instant drink powders based on red beet root extract. Different lower case superscripts in the columns indicate significant difference (p ≥0.05).

۳-۳-کلوخه‌ای شدن

در پودر نوشیدنی تولید شده، روش خشک کردن، درصد مالتودکسترین و اثر متقابل این متغیرها، تاثیر معنی‌داری بر کلوخه‌ای شدن پودرها داشتند (p≤۰/۰۵) (جدول ۱). بیشترین

میزان کلوخه‌ای شدن به ترتیب متعلق به نمونه‌های شاهد و ۱۰٪ مالتودکسترین خشک شده به روش انجمادی بودند. در آزمون محتوای رطوبت نیز مشخص شد که این دو نمونه میزان رطوبت بیشتری نسبت به سایر نمونه‌ها داشتند. میزان کلوخه‌ای شدن از ۸۹/۲۳٪ تا ۵۸/۷۰٪ در نمونه‌های خشک شده به روش انجمادی و ۸۱/۳۲٪ تا ۵۹/٦٦٪ در نمونه‌های خشک شده در هوای داغ متغیر بودند (شکل ۳). بر اساس پژوهش‌های پیشین، پودرهای خشک شده به روش انجمادی می‌توانند به راحتی رطوبت را از محیط جذب نمایند و کلوخه‌ای و چسبنده شوند [۳۲]. به طور کلی با افزایش مالتودکسترین در هر دو روش خشک کردن میزان کلوخه‌ای شدن پودرهای تولید شده کاهش یافت (شکل ۳).

علت اصلی کلوخه‌ای شدن و متراکم شدن، اثر نرم کنندگی آب در سطح ذرات است. این تغییرات فیزیکی را می‌توان با مفهوم پدیده انتقال شیشه‌ای توضیح داد. کوروزاوا و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که با افزایش وزن مولکولی، دمای انتقال شیشه‌ای نیز افزایش می‌یابد، بنابراین افزودن موادی مثل مالتودکسترین و صمغ عربی (در محلول در معرض خشک شدن) به طور مثبتی منجر به پایداری محصول می‌شوند [۳۳].

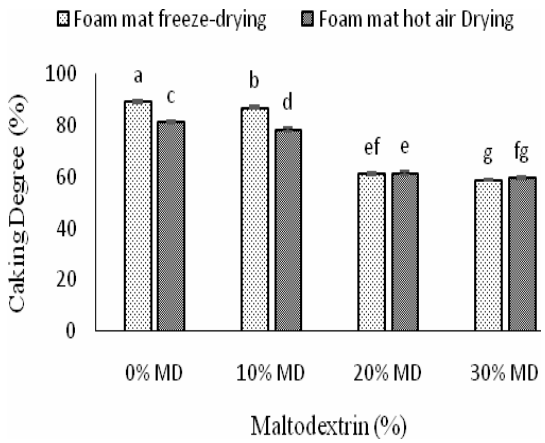

Fig 3 Interaction of different maltodextrin levels and drying methods on the caking degree of foam mat dried instant drink powders based on red beet root extract. Different lower case superscripts in the columns indicate significant difference ($p \leq 0.05$).

در خشک کردن مائو نشان داده شد که بیشترین مقدار کلوخه‌ای شدن مربوط به تیمار دارای کمترین مقدار ماده حامل بود [۳۲].

در کف پوشی انجمادی خرما نیز نشان داده شد که پودرهای شاهد به طور معنی‌داری میزان کلوخه‌ای شدن بیشتری نسبت به پودرهای دارای ماده حامل داشته و افزایش غلظت ماده حامل از ٤۰٪ به ۵۰٪ باعث کاهش معنی‌داری در میزان تشکیل کلوخه شد. آن‌ها این کاهش را به افزایش دمای انتقال شیشه‌ای و سطح رطوبت تعادلی، همراستا با افزایش غلظت ماده حامل از ٤۰٪ به ۵۰٪ نسبت دادند [۲٦].

۳-٤- دانسیته توده

با توجه به جدول (۱)، روش خشک کردن، درصدهای مختلف مالتودکسترین و تاثیر متقابل این متغیرها تاثیر معنی‌داری بر ویژگی دانسیته توده پودرها داشتند ($p \leq ۰/۰۵$). دانسیته توده پودرها در روش خشک کردن با هوای داغ از (g/cm^3) ۰/۳۷ تا ۰/٦۲ و در روش خشک کردن انجمادی از (g/cm^3) ۰/۲۵ تا ۰/٤۲ متغیر بود (شکل ٤). در روش خشک کردن با هوای داغ، در صورت افزایش درصد مالتودکسترین تا ۲۰٪ دانسیته توده پودرها تدریجا افزایش یافت و در حضور ۳۰٪ مالتودکسترین، دانسیته توده کاهش یافت. ساختار بهتر کف در نمونه ۲۰٪ مالتودکسترین، جدا کردن آن‌ها از سطح پلیت‌ها را آسان‌تر کرده بود و ذرات پودرهای تولید شده ساختار ریزتری داشتند که منجر به اشغال حجم کمتر در استوانه مدرج شد.

برخلاف پودرهای خشک شده در هوای داغ، در روش خشک کردن انجمادی با افزایش درصد مالتودکسترین تا میزان ۲۰٪، دانسیته توده پودرها کاهش یافت و در نمونه ۳۰٪ مالتودکسترین دانسیته توده مجددا افزایش یافت. پودر دارای ۲۰٪ مالتودکسترین خشک شده به روش انجمادی، ساختار متخلخل و منافذ باز بیشتری نسبت به سایر نمونه‌ها داشت.

بر اساس تعریف میچاسکا و لیچ (۲۰۱۸) دانسیته توده تحت تاثیر حالت دانه‌های پودر قرار می‌گیرد [۳٤]. در خشک کردن کف پوشی انجیر، نشان داده شد که دانسیته توده کمتر، به هوای داخل کف مرتبط می‌باشد [۲۰]. در تولید پودر بلوبری مشخص شد که دانسیته توده پودرهای کف پوشی انجمادی به طور معنی‌داری از پودرهای خشک شده به روش پاششی، کمتر بود. آن‌ها این امر را به ساختار باز و متخلخل‌تر پودرهای خشک شده به روش

انجمادی نسبت دادند [۳۵]. بر اساس تحقیقات گوخال و لی لی (۲۰۱۲) در طی خشک کردن انجمادی، بافت به خوبی حفظ می‌شود در حالی‌که در خشک کردن در هوای داغ، نمونه به طور قابل توجهی منقبض می‌شود. از این رو دانسیته نمونه‌ها خیلی کمتر از خشک کردن در هوای داغ است [۳۶].

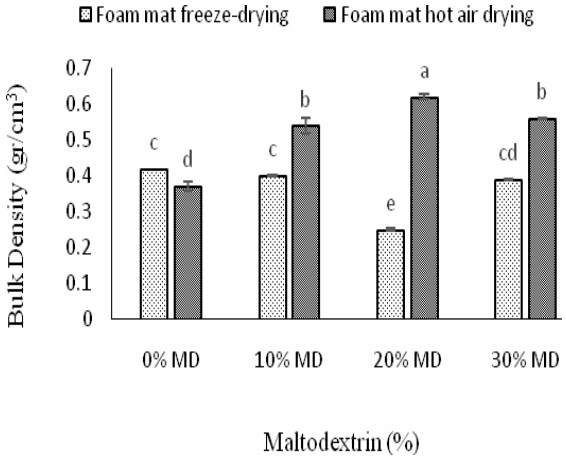

Fig 4 Interaction of different maltodextrin levels and drying methods on the bulk density of foam mat dried instant drink powders based on red beet root extract. Different lower case superscripts in the columns indicate significant difference (p≤0.05).

۳-۵- دانسیته ضربه

به طور میانگین، دانسیته ضربه در پودرهای خشک شده توسط هوای داغ نسبت به پودرهای خشک شده به روش انجمادی بیشتر بودند (p≤۰/۰۵). مشابه دانسیته توده، دانسیته ضربه نیز در پودرهای تهیه شده با استفاده از هوای داغ، با افزایش مالتودکسترین تا ۲۰٪ افزایش یافته و در نمونه پودر دارای ۳۰٪ مالتودکسترین کاهش یافت (p≤۰/۰۵). در مورد نمونه‌های پودر خشک شده به روش انجمادی، با افزایش مالتودکسترین تا ۲۰٪، دانسیته ضربه کاهش یافته و در نمونه دارای ۳۰٪ مالتودکسترین افزایش یافت. دانسیته ضربه در پودرهای خشک شده در هوای داغ از ۰/۴۸ gr/cm^3 تا ۰/۷۷ و در پودرهای خشک شده به روش انجمادی از ۰/۳۱ gr/cm^3 تا ۰/۵۶ متغیر بود (شکل ۵). با توجه به جدول (۱)، روش خشک کردن، درصدهای مختلف مالتودکسترین و تاثیر متقابل این متغیرها تاثیر معنی‌داری بر ویژگی دانسیته توده پودرها داشتند (p≤۰/۰۵). در خشک کردن انجمادی عصاره برگ مالبری، افزایش دانسیته ضربه در نتیجه افزایش یافتن غلظت ماده حامل، به بزرگ شدن اندازه ذرات پودر نسبت داده شد، زیرا ذرات کوچکتر به راحتی می‌توانستند در حین ضربه زدن به فضای بین ذره‌ها وارد شوند [۲۸].

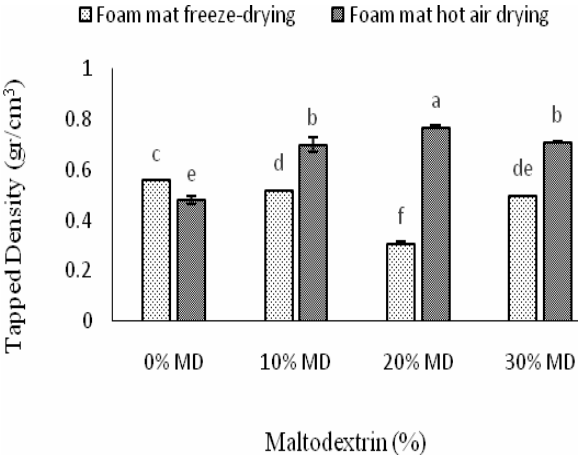

Fig 5 Interaction of different maltodextrin levels and drying methods on the tapped density of foam mat dried instant drink powders based on red beet root extract. Different lower case superscripts in the columns indicate significant difference (p≤0.05)

۳-۶-دانسیته ذره

با توجه به نتایج آنالیز آماری ارائه شده در جدول (۱)، روش خشک کردن، درصد مالتودکسترین و اثر متقابل این دو متغیر، تاثیر معنی‌داری بر دانسیته ذره پودرهای تولید شده داشتند (p≤۰/۰۵). میانگین دانسیته ذره در پودرهای خشک شده به روش انجمادی از پودرهای خشک شده توسط هوای داغ بیشتر بود. بیشترین میزان دانسیته ذره متعلق به نمونه‌های شاهد بود که به ترتیب در روش خشک کردن انجمادی و خشک کردن در هوای داغ، ۱/۲۷۳ ± ۰/۰۱۲ g/cm^3 و ۱/۱۰۷ ± ۰/۰۰۶ g/cm^3 گزارش شدند (شکل ۶). کمترین میزان دانسیته ذره در هر دو روش خشک کردن متعلق به نمونه ۲۰٪ مالتودکسترین بود که به ترتیب در پودرهای خشک شده به روش انجمادی و پودرهای خشک شده در هوای داغ ۱/۲۳ ± ۰/۰۲ g/cm^3 و ۱/۰۴۲ ± ۰/۰۰۸ g/cm^3 بودند و همچنین قابل ذکر است که دانسیته ذره

از دانسیته توده پودرها بیشتر بود. در بررسی کف پوشی انجمادی خرما نیز مشخص شد که نمونه شاهد به طور معنی‌داری، دانسیته ذره بالاتری نسبت به پودرهای خرما دارای ماده حامل داشتند. محققان این مسئله را به کمتر بودن ماهیت دانسیته ذره عوامل حامل نسبت به نمونه‌های پودر خرما شاهد نسبت دادند. مشابه این تحقیق، دانسیته ذره در پودرهای خرما نیز بیشتر از دانسیته توده آن‌ها بود که این امر را به وجود هوای به دام افتاده در پالپ خرما در طی تهیه کف نسبت دادند [۳۷]. در خشک کردن کف پوشی انجیر، دانسیته ذره پودرهای بدست آمده از خشک کردن در هوای داغ در دامنه ۱/۳۵ g/cm^3 و ۱/۶۰ g/cm^3 بود درحالی‌که دانسیته ذره پودرهای بدست آمده از خشک کردن در مایکروویو در دامنه ۱/۳٤ g/cm^3 و ۱/۷۹ g/cm^3 قرار داشتند [۲۰].

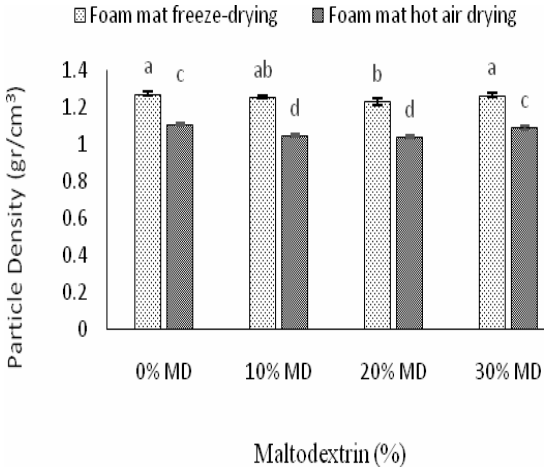

Fig 6 Interaction of different maltodextrin levels and drying methods on the particle density of foam mat dried instant drink powders based on red beet root extract. Different lower case superscripts in the columns indicate significant difference (p≥0.05).

۳-۷-حلالیت

بر اساس نتایج بدست آمده، روش خشک کردن، درصد مالتودکسترین و اثر متقابل این دو متغیر، تاثیر معنی‌داری بر حلالیت پودرهای تولید شده داشتند (p≤۰/۰۵) (جدول ۱). حلالیت، در پودرهای خشک شده به روش انجمادی ۷۹/٦٦ – ۹۱/٦٦٪ و در پودرهای خشک شده در هوای داغ ۷۷/٦ – ۸٤/٦٪ متغیر بود (شکل ۷). در هر دو روش خشک کردن با افزایش درصد مالتودکسترین حلالیت نیز افزایش یافت. افزایش مالتودکسترین و همچنین روش خشک کردن انجمادی، باعث تولید پودرهای متخلخل‌تری شدند. در اغلب پودرهای غذایی آبگیری مجدد مهم است؛ این بدین معنی است که پودرها باید بتوانند در کوتاه‌ترین زمان مرطوب شوند و کمتر شناور بمانند. در کنار این موارد، پودرها باید بتوانند به راحتی در آب حل یا پراکنده شوند بدون این‌که کلوخه‌ای تشکیل شود [۲٤].

در کف پوشی انجمادی خرما مشاهده شد که پودرهای خرما شاهد، به طور معنی‌داری حلالیت کمتری نسبت به پودرهای دارای ماده حامل داشتند. حلالیت پودرهای خرما کف پوشی شده‌ی شاهد، دارای مالتودکسترین و دارای صمغ عربی به ترتیب ٦۳–۷۳٪، ۸۰–۸۱٪، و ۷۷–۸۲٪ بودند [۲٦]. طبق تحقیق افندی و همکاران (۲۰۱۷) در کف پوشی سیاه دانه مشخص شد که با افزایش دما، حلالیت پودر نیز افزایش یافت. آن‌ها افزایش تخلخل ناشی از افزایش دما را علت این امر دانستند. تخلخل بیشتر باعث ایجاد ناحیه سطحی بیشتر در پودرها شده که این امر منجر به افزایش سطح تماس بین پودر و آب می‌شود [۲٤].

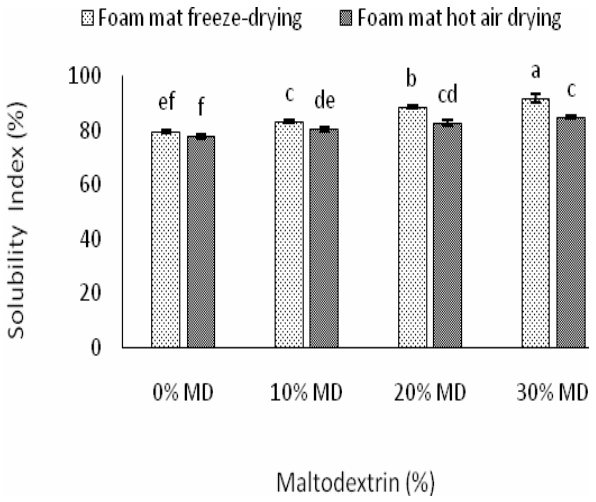

Fig 7 Interaction of different maltodextrin levels and drying methods on the solubility index (%) of foam mat dried instant drink powders based on red beet root extract. Different lower case superscripts in the columns indicate significant difference (p≥0.05).

Table 1 Statistical analysis of independent variable´s on the physical properties of foam mat dried instant drink powders based on red beet root extract

R square	P value	Sum of Squares	DF	Source	Powder Physical Properties
	0.297	0.46	1	Drying method	Moisture Content
	0.000*	53.71	3	Maltodextrin (%)	
	0.001*	10.76	3	Drying method × Maltodextrin (%)	
91.05%					
	0.000*	26.37	1	Drying method	Hygroscopicity
	0.000*	226.82	3	Maltodextrin (%)	
	0.000*	10.49	3	Drying method × Maltodextrin (%)	
98.88%					
	0.000*	87.41	1	Drying method	Caking Degree
	0.000*	3414.51	3	Maltodextrin (%)	
	0.000*	119.77	3	Drying method × Maltodextrin (%)	
99.85%					
	0.000*	0.149	1	Drying method	Bulk Density
	0.000*	0.029	3	Maltodextrin (%)	
	0.000*	0.133	3	Drying method × Maltodextrin (%)	
99.59%					
	0.000*	0.224	1	Drying method	Tapped Density
	0.000*	0.038	3	Maltodextrin (%)	
	0.000*	0.21	3	Drying method × Maltodextrin (%)	
99.56%					
	0.000*	0.2	1	Drying method	Particle Density
	0.000*	0.01	3	Maltodextrin (%)	
	0.029*	0.001	3	Drying method × Maltodextrin (%)	
99.14%					
	0.000*	121.5	1	Drying method	Solubility
	0.000*	315.5	3	Maltodextrin (%)	
	0.000*	25.5	3	Drying method × Maltodextrin (%)	
97.61%					

Stars (*) indicate statistically significant differences ($p \geq 0.05$).

٤- نتیجه گیری

بررسی تولید پودر نوشیدنی بر پایه عصاره چغندر قرمز، عصاره به و دارچین با استفاده از دو روش کف پوشی هوای داغ و کف پوشی انجمادی برای اولین بار در این تحقیق انجام شده است. در این تحقیق، برخی از ویژگی‌های فیزیکی این پودر نوشیدنی فوری مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج آزمایشات نشان داد که هر دو متغیر (روش خشک کردن و درصد مالتودکسترین) تاثیر معنی‌داری روی ظرفیت جذب رطوبت؛ میزان کلوخه‌ای شدن؛ دانسیته توده، ضربه، ذره؛ و حلالیت پودرها داشتند ($p\leq ۰/۰۵$) اگرچه که روش خشک کردن تاثیر معنی‌داری بر میزان رطوبت پودرها نداشت ($p>۰/۰۵$). ظرفیت جذب رطوبت و میزان کلوخه‌ای شدن پودرهای خشک شده به روش انجمادی نسبت به پودرهای تولید شده با استفاده از هوای داغ بیشتر بودند. بیشترین میزان دانسیته توده و ضربه متعلق به نمونه ۲۰٪ مالتودکسترین خشک شده در هوای داغ بودند. نمونه‌های خشک شده به روش انجمادی دانسیته ذره بیشتری نسبت به نمونه‌های خشک شده در هوای داغ داشتند. با توجه به آزمایشات انجام شده مشخص شد که پودرهای تهیه شده با غلظت مالتودکسترین ۲۰٪ از نظر فیزیکی خصوصیات مناسبی داشتند. غلظت مناسب ماده پایدار کننده مورد استفاده در فرآیند کف پوشی، از نقطه نظر تشکیل کف پایدار و دارای تخلخل مناسب و پیشگیری از جمع شدن ساختار کف قبل از شروع فرآیند، نقش مهمی در بهینه‌سازی فرآیند خشک کردن کف پوشی و تولید پودر با خصوصیات مطلوب دارد. مالتودکسترین به دلیل وزن مولکولی بالا، جذب رطوبت کمی دارد و بنابراین در صورت استفاده از آن، پودری با خصوصیات مناسب تولید می‌شود. نتایج این تحقیق نشان داد با روش خشک کردن کف پوشی در هوای داغ می‌توان پودر نوشیدنی دارای خصوصیات فیزیکی مناسب و مقرون به صرفه تولید نمود و در مطالعات آتی نیز می‌توان تاثیر سایر پایدار کننده-ها برای افزایش بازده تولید این پودر نوشیدنی با استفاده از روش خشک کردن کف پوشی را مورد بررسی قرار داد.

٥- منابع

[1] Clifford T, Howatson G, West DJ, Stevenson EJ. 2015. The Potential benefits of red beetroot supplementation in health and disease. Nutrients, 7(4), 2801-2822.

[2] BaiãoDdS, da Silva DV, Del Aguila EM, Paschoalin VMF. 2017. Nutritional, bioactive and physicochemical characteristics of different beetroot formulations. Food Additives: InTech, 6.

[3] Siervo M, Lara J, Ogbonmwan I, Mathers JC. 2013. Inorganic nitrate and beetroot juice supplementation reduces blood pressure in adults: a systematic review and meta-analysis 1–3. The Journal of Nutrition, 143(6), 818-826.

[4] Ingle M, Ingle MP, Thorat SS, Nimbalkar CA, Nawkar RR. 2017. Nutritional evaluation of cookies enriched with beetroot (beta vulgaris l.) powder. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 6(3), 1888-1896.

[5] Khoubnasabjafari M, Jouyban A. 2011. A review of phytochemistry and bioactivity of quince (Cydonia oblonga Mill.). Journal of Medicinal Plants Research, 5(16), 3577-3594.

[6] Gironés-Vilaplana A, Baenas N, Villaño D, Moreno DA. 2014. Iberian-American fruits rich in bioactive phytochemicals for nutrition and health. LIMENCOP SL: Alicante, Spain.

[7] Mollazadeh H, Hosseinzadeh H. 2016. Cinnamon effects on metabolic syndrome: a review based on its mechanisms. Iranian Journal of Basic Medical Sciences, 19(12), 1258-1270.

[8] Hamidpour R, Hamidpour M, Hamidpour S, Shahlari M. 2015. Cinnamon from the selection of traditional applications to its novel effects on the inhibition of angiogenesis in cancer cells and prevention of Alzheimer's disease, and a series of functions such as antioxidant, anticholesterol, antidiabetes, antibacterial, antifungal, nematicidal, acaracidal, and repellent activities, Review article. Journal of Traditional and Complementary Medicine, 5(2), 66-70.

[9] Hardy Z, Jideani VA. 2015. Foam-mat drying technology: a review. Critical reviews

in food science and nutrition, 57(12), 2560-2572.
[10] Venkatachalam S, John SG, Kuppuswamy K. 2014. Foam mat drying of food materials: A review. Journal of food processing and preservation, 39(6), 3165-74.
[11] Datta AK. 2015. Drying technologies for foods: fundamentals and applications by Prabhat K. Nema, Barjinder Pal Kaur, and Arun S. Mujumdar: New Delhi, India: New India Publishing Agency, 374 pp.; ISBN: 9789383305841, 9383305843.
[12] Langevin D. 2017. Aqueous foams and foam films stabilised by surfactants. Gravity-free studies.ComptesRendusMécanique, 345(1): 47-55.
[13] Muthukumaran A. 2007. Foam-mat freeze drying of egg white and mathematical modeling [M. Sc. thesis]. Canada: McGill University.
[14] de Barros Fernandes R.V, Alvarenga Botrel D. 2017. Foam-mat drying of vegetables. In: Zhang M, Bhandari B, Fang Z: Handbook of Drying of Vegetables and Vegetable Products. Taylor & Francis Group, LLC.
[15] Ng ML, Sulaiman R. 2018. Development of beetroot (Beta vulgaris) powder using foam mat drying. LWT-Food Science and Technology, 88, 80-86.
[16] Abbasi E, Azizpour M. 2015. Evaluation of physicochemical properties of foam mat dried sour cherry powder. LWT - Food Science and Technology, 68, 105-110.
[17] Jakubczyka E, Gondeka E, Tamborb K, editors. Characteristics of selected functional properties of apple powders obtained by the foam-mat drying method. ICEF 11 International Congress on Engineering and Food; 2011: International Association of Engineering and Food Athens.
[18] Franco TS, Perussello CA, EllendersenLdSN, Masson ML. 2015. Foam mat drying of yacon juice: Experimental analysis and computer simulation. Journal of Food Engineering, 158, 48-57.
[19] Santacruz-Vazquez V, Santacruz-Vazquez C, LAGUNA CORTÉS JO. 2015. Physical characterization of freeze-dried foam prepared from Aloe vera gel and guar gum. Vitae, 22(2), 75-86.
[20] Varhan E, Elmas F, Koç M. 2019. Foam mat drying of fig fruit: Optimization of foam composition and physicochemical properties of fig powder. Journal of Food Process Engineering, e13022.
[21] Tan SL, Sulaiman R. 2019. Color and Rehydration Characteristics of natural red colorant of foam mat dried Hibiscus sabdariffa L. powder. International Journal of Fruit Science, 20(1), 89-105.
[22] Slavov A, Karagyozov V, Denev P, Kratchanova M, Kratchanov C. 2013. Antioxidant activity of red beet juices obtained after microwave and thermal pretreatments. Czech Journal of Food Sciences, 31(2), 139-147.
[23] Institute of standard and industrial research of Iran. 2003. Carbonated soft drink-chemical test methods; ISIRI number 1249. [In Persian]
[24] Affandi N, Zzaman W, Yang TA, Easa AM. 2017. Production of Nigella sativa beverage powder under foam mat drying using egg albumen as a foaming agent. Beverages, 3(1), 9.
[25] Samyor D. 2017. Foam mat drying of purple passion fruit and characterization of the powder. In: Development of functional extruded food product using red rice (Oryza sativa L.) and passion fruit (Passifloraedulis Sims) and its antidiabetic potential. Doctor of Philosophy, Tezpur University.
[26] Seerangurayar T, Manickavasagan A, Al-Ismaili AM, Al-Mulla YA. 2017. Effect of carrier agents on physicochemical properties of foam-mat freeze-dried date powder. Drying Technology, 1-12.
[27] 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.
[28] Tchabo W, Ma Y, Kaptso GK, Kwaw E, Cheno RW, Wu M, et al. 2018. Carrier effects on the chemical and physical properties of freeze-dried encapsulated mulberry leaf extract powder. Acta Chimica Slovenica, 65(4), 823-835.
[29] Bhusari S, Muzaffar K, Kumar P. 2014. Effect of carrier agents on physical and microstructural properties of spray dried

tamarind pulp powder. Powder Technology, 266, 354-364.

[30] Oliveira DM, Clemente E, da Costa JMC. 2014. Hygroscopic behavior and degree of caking of grugru palm (Acrocomiaaculeata) powder. Journal of food science and technology, 51(10), 2783-2789.

[31] Mosquera L, Moraga G, Martínez-Navarrete N. 2010. Effect of maltodextrin on the stability of freeze-dried borojó (BorojoapatinoiCuatrec.) powder. Journal of Food Engineering, 97(1), 72-78.

[32] Suravanichnirachorn W, Haruthaithanasan V, Suwonsichon S, Sukatta U, Maneeboon T, Chantrapornchai W. 2018. Effect of carrier type and concentration on the properties, anthocyanins and antioxidant activity of freeze-dried mao [Antidesmabunius (L.) Spreng] powders. Agriculture and Natural Resources, 52(4), 354-360.

[33] Kurozawa LE, Park KJ, Hubinger MD. 2009. Effect of maltodextrin and gum arabic on water sorption and glass transition temperature of spray dried chicken meat hydrolysate protein. Journal of Food Engineering, 91(2), 287-296.

[34] Michalska A, Lech K. 2018. The effect of carrier quantity and drying method on the physical properties of apple juice powders. Beverages, 4, 2.

[35] Darniadi S, Ho P, Murray BS. 2018. Comparison of blueberry powder produced via foam‐mat freeze‐drying versus spray‐drying: evaluation of foam and powder properties. Journal of the Science of Food and Agriculture, 98(5), 2002-2010.

[36] Gokhale SV, Lele SS. 2012. Betalain content and antioxidant activity of beta vulgaris: Effect of hot air convective drying and storage. Journal of Food Processing and Preservation, 38(1), 585-590.

[37] Seerangurayar T, Manickavasagan A, Al-Ismaili AM, Al-Mulla YA. 2017. Effect of carrier agents on flowability and microstructural properties of foam-mat freeze dried date powder. Journal of Food Engineering, 215, 33-43.

Evaluation of some physical properties of instant drink powder based on red beetroot extract by foam mat hot air drying and foam mat freeze-drying

Hajiaghaei, M. [1], Sharifi, A. [1*]

1. Department of Food Science and Technology, Faculty of Industrial and Mechanical Engineering, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran

(Received: 2020/02/04 Accepted: 2020/07/18)

In this research, some of the physical properties of instant drink powder made from red beetroot, quince fruit, and cinnamon extract by foam-mat drying were investigated. The effect of independent variables regarding maltodextrin level (0, 10, 20 and 30%) and the method of drying (foam mat hot air drying and foam mat freeze-drying) on the moisture content, hygroscopicity; caking degree; bulk, tapped and particle density, and solubility of powders were determined. Results showed as the maltodextrin level increased, hygroscopicity and caking degree of powders decreased ($p \geq 0.05$). The highest values of bulk (0.62 ± 0.008 g/cm^3) and tapped density (0.77 ± 0.007 g/cm^3) belonged to powders contain 20% of maltodextrin, prepared with foam mat hot air drying and the lowest values (0.25 ± 0.003 g/cm^3 and 0.31 ± 0.005 g/cm^3 respectively for bulk and tapped density) observed in powders contain 20% of maltodextrin, prepared with foam mat freeze-drying. Powders contain 20% of maltodextrin in both methods of drying had the lowest values of particle density (1.04 ± 0.008 g/cm3 and 1.23 ± 0.02 g/cm3 respectively for 20% maltodextrin foam mat hot air dried and foam mat freeze-dried samples). Powder solubility increased significantly as the maltodextrin level increased ($p \geq 0.05$). Hygroscopicity, caking degree, solubility, and particle density in powders prepared with foam mat freeze-drying were higher than that of powders prepared with foam mat hot air drying ($p \geq 0.05$). Bulk and tapped density of powder samples prepared with foam mat hot air drying (0.52 ± 0.1 g/cm^3 and 0.67 ± 0.11 g/cm^3 respectively) were higher than that of foam mat freeze-dried samples (0.36 ± 0.07 g/cm^3 and 0.47 ± 0.1 g/cm^3 respectively) ($p \geq 0.05$). Both independent variables (maltodextrin level and drying method) had a significant effect on hygroscopicity; caking degree; bulk, tapped and particle density, and solubility ($p \geq 0/05$). Results showed that the powder sample contains 20% maltodextrin prepared with foam mat hot air drying can be introduced as an optimal sample.

Key words: Red beetroot extract, Maltodextrin, Foam mat drying, Foam mat freeze-drying, Foam mat hot air drying

* Corresponding Author E-Mail Address: asharifi@qiau.ac.ir