

بررسی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی پودر های شیره انگور و خرما و عصاره انجیر خشک شده در یک خشک کن غلتکی

مستانه جهرمی¹، مهرداد نیاکوثری^{1*}، اکرم شریفی²، مریم کلانتری³

¹بخش علوم و صنایع غذایی دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

²گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده مهندسی صنایع و مکانیک، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران.

³باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد ورامین - پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران

تاریخ پذیرش: 93/10/8

تاریخ دریافت: 93/5/2

چکیده

خشک کردن مواد غذایی با محتوای قند بالا بدون استفاده از مواد کمک خشک کن یک چالش مهم محسوب می شود. در این پژوهش، شیره انگور و خرما و عصاره انجیر با استفاده از مالتودکسترین و صمغ عربی، به عنوان مواد کمک خشک کن، با استفاده از یک خشک کن غلتکی در مقیاس پیلوت خشک گردید. برخی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی پودر های حاصل شامل محتوای رطوبت، دانسیته توده، دانسیته توده متراکم، زمان حل شدن، شاخص خیسی ذرات، قابلیت جریان، پیوستگی و رنگ مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که نمونه های پودر حاوی مالتودکسترین در مقایسه با صمغ عربی دارای محتوای رطوبت، دانسیته توده، دانسیته توده متراکم و قابلیت جریان بالاتر و مدت زمان حل شدن و پیوستگی کمتری بودند ($p < 0/05$). از نظر ویژگی های رنگ سنجی، پودرهای حاوی مالتودکسترین در مقایسه با صمغ عربی پارامترهای روشنایی و سبزی-قرمزی بالاتر و آبی-زردی پایین تری داشتند ($p < 0/05$).

واژه های کلیدی: شیره انگور، عصاره انجیر، شیره خرما، ماده کمک خشک کن، ویژگی های فیزیکی و شیمیایی

1- مقدمه

ایران یکی از کشورهای تولید کننده انگور، انجیر و خرما به حساب می آید. انگور یکی از محصولات مهم باغی است. کشت انگور از حدود 2000 سال قبل از میلاد در ایران متداول بوده است. بر اساس آخرین اطلاعات FAO در سال 1997، مقام اول کشت انگور به اسپانیا اختصاص دارد و پس از آن کشورهای ایتالیا، فرانسه و ترکیه قرار دارند. ایران با دارا بودن 3/4 درصد از کل سطح زمین های زیر کشت انگور جهان، مقام ششم را در جهان داراست (5). برای افزایش ماندگاری انگور، آن را به روش کاملاً صنعتی و پیوسته به کنسانتره انگور تبدیل می کنند. در مقابل، تولید شیره انگور یا دوشاب به روش سنتی متداول - تر است و برای تولید دوشاب از انگورهای وارسته سیاه و عسکری یا وارسته های مناسب دیگر با عیار و کیفیت قندی مناسب استفاده می شود (2). به منظور تهیه شیره انگور، ابتدا انگور آبیگری می شود. سپس به انگور آبیگری شده خاک رس اضافه می شود و در نهایت آب انگور صاف و تغلیظ می شود تا به قوام مناسب برسد (1). مشکلات بهداشتی در هنگام تهیه و بسته بندی شیره انگور و عدم وجود کیفیت یکنواخت در بهر های مختلف تولیدی از جمله ایراد های تولید شیره انگور به روش سنتی به حساب می آیند (2)، بنابراین روش های تهیه شیره انگور در حال بهبود و تغییر می باشند و مطالعاتی روی آن انجام شده است.

تولید سالانه انجیر در دنیا بیش از یک میلیون تن است و کشورهای ترکیه، مصر، ایران، یونان، مراکش، اسپانیا و آمریکا از تولید کنندگان اصلی آن هستند (6). پنجاه درصد انجیر خشک را قند تشکیل می دهد. همچنین انجیر منبع خوبی از پتاسیم، منیزیم، کلسیم، فسفر، ویتامین های A, B, C و فیبرهای رژیمی و لیگنین می باشد (8). انجیر به شکل های مختلف از جمله تازه، خشک، کمپوت، مربا، شربت، کنسانتره، مارمالاد، شکلات و بیسکویت خشکباری به مصرف می رسد (6).

ایران جایگاه ویژه ای در تولید خرما دارد و بر اساس آمار از نظر سطح زیر کشت دارای مقام اول و از نظر تولید و صادرات مقام دوم در جهان را دارا می باشد (4). هر ساله حدود 30% از خرما تولیدی به علت مشتری پسندی پایین به شیره خرما تبدیل می شود (3). با خارج کردن مواد کلونیدی و رنگی عصاره ی شیره خرما، مایعی غلیظ همانند عسل به نام شهد یا عسل خرما بدست می آید (7). شیره ی خرما محصولی با ارزش و سرشار از قندهای طبیعی

نظیر فروکتوز و گلوکز بوده و دارای مقادیر کمی ساکارز است. همچنین دارای مقادیر فراوانی پتاسیم، کلسیم، فسفر و آهن است و برای افراد دیابتی و کودکان در سنین رشد و بانوان در زمان شیردهی و سالمندان مفید می باشد (3). شیره خرما به دلیل محتوای قند بالا می تواند به عنوان ترکیب جایگزین شکر در فرآورده های لبنی و محصولات غذایی نظیر نوشابه سازی و قنادی مورد استفاده قرار گیرد و ویژگی های تغذیه ای مواد غذایی را بهبود بخشد (3، 7).

یکی از چالش های خشک کردن محصولاتی با قند بالا نظیر عسل یا آبمیوه ها، چسبناک بودن آنها در حین خشک کردن است (10). چسبندگی این پودر ها به علت وجود مواد جامد محلول با وزن مولکولی پایین و جاذب رطوبت مانند فروکتوز، گلوکز و ساکارز و همچنین اسیدهای آلی مانند سیتریک و مالیک اسید است (34). موادی با دمای انتقال شیشه ای بالا، مانند مالتودکسترین و صمغ عربی، به عنوان مواد ضد چسبندگی و کمک خشک کن سبب کاهش چسبندگی پودرها می شوند (19، 22). در پژوهشی از مالتودکسترین برای خشک کردن خمیر خرما استفاده شد و خصوصیات فیزیکوشیمیایی پودر خرما مثل فعالیت آبی، دانسیته توده، رنگ و خواص جذب کنندگی رطوبت و دمای انتقال شیشه ای مورد بررسی قرار گرفت. پودر حاصل از این روش غیر چسبناک بود (31). در پژوهشی دیگر با استفاده از پودر عسل تهیه شده به روش پاششی ویژگی های کیفی نان بهبود یافت و فرآیند بیاتی در نان به طور معناداری به تعویق افتاد (33). در پژوهشی که توسط نورهادی و همکاران (2012) انجام شد، عسل به روش های پاششی و تحت خلا با استفاده از مالتودکسترین و صمغ عربی خشک و برخی از ویژگی های آن از جمله محتوای رطوبت، pH، محتوای قند، رنگ، aw و دمای انتقال شیشه ای پودرهای تولیدی مورد ارزیابی قرار گرفت (28). در این پژوهش با استفاده از خشک کن غلتکی فرآیند خشک کردن شیره خرما و انگور و عصاره انجیر انجام شد. خشک کردن به روش غلتکی برای تولید انواعی از مواد غذایی نظیر پوره های میوه، غذای کودک، پوره سیب زمینی، مخلوط سوپ خشک، عسل و نشاسته پیش ژلاتینه شده بسیار متداول است و محصولات خشک شده به روش غلتکی عمدتاً در محصولات نانوائی، نوشیدنی ها، غلات، گرانولا و محصولات لبنی مورد استفاده قرار می گیرند (17، 35). تهیه شیره خرما، انگور و انجیر از نمونه هایی

شدن، نمونه ها جمع آوری شدند و توسط آسیاب کنوود W140 (مدل CG100، شرکت کنوود، انگلستان) به مدت 30 ثانیه آسیاب شدند و پودرهایی با اندازه ذرات 150 میکرون در کیسه های پلی اتیلنی غیر قابل نفوذ به رطوبت بسته بندی شدند.

2-2-2- اندازه گیری رطوبت

2 گرم نمونه وزن شد و در آون تحت خلا (مدل 281، ساخت آلمان) در دمای 70 به مدت 24 ساعت قرار داده شده تا به وزن ثابت برسد. سپس نمونه قبل از توزین نهایی به مدت نیم ساعت در دسیکاتور نگهداری شد. بر طبق فرمول 1 محتوای رطوبت محاسبه شد (11).

$$(1) \quad \% \text{ ماده جامد کل} = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \times 100$$

% ماده جامد کل = 100 - % محتوای رطوبت

m_2 : وزن ظرف + نمونه خشک شده بعد از آون گذاری (گرم)

m_1 : وزن ظرف + نمونه قبل از آون گذاری (گرم)

m_0 : وزن ظرف (گرم)

2-2-3- تعیین دانسیته توده و دانسیته توده متراکم

پودر به آرامی در یک استوانه مدرج 100 ml تا نشانه 100 ml پر و وزن شد (وزن استوانه خالی در ابتدا ثبت شد). سپس جرم خوانده شده از ترازو بر حجم (که به طور مستقیم از استوانه خوانده می شود) تقسیم شد تا دانسیته توده بر حسب $(\frac{g}{cm^3})$ بدست آید (فرمول 2). پس از بدست آوردن دانسیته توده، استوانه محتوی پودر به مدت 5 دقیقه روی دستگاه ورتکس قرار داده شد و سپس حجم پودر خوانده شد و طبق فرمول 3 دانسیته توده متراکم بر حسب $(\frac{g}{cm^3})$ محاسبه شد (9).

$$(2) \quad \text{دانسیته توده} = \frac{M}{100}$$

$$(3) \quad \text{دانسیته توده متراکم} = \frac{M}{V}$$

M: جرم پودر بر حسب گرم

V: حجم نمونه بر حسب میلی لیتر

2-2-4- اندازه گیری مدت زمان حل شدن

2 گرم پودر به 50 میلی لیتر آب مقطر در دمای $26 \pm C$ اضافه شد و با استفاده از یک آهنربا $4mm \times 10mm$ بر همزن

با بازارپسندی پایین و خشک کردن آنها به دلیل ایجاد ارزش افزوده در بخش کشاورزی حائز اهمیت می باشد. خشک کردن شیره انگور، عصاره انجیر و شیره خرما ضمن اینکه با کاهش رطوبت نمونه، مدت زمان ماندگاری آنها را افزایش می دهد، امکان کاربرد آنها را به صورت خشک در محصولات و فرمولاسیون های مختلف امکان پذیر می سازد. هدف از این پژوهش تولید پودر شیره انگور و خرما و عصاره انجیر با استفاده از مالتودکسترین و صمغ عربی، به عنوان مواد کمک خشک کن، و بررسی و مقایسه پودرهای تولیدی حاوی این دو ماده کمک خشک کن از نظر برخی از ویژگی های فیزیکی و شیمیایی بود.

2- مواد و روش ها

2-1- مواد

شیره انگور با بریکس 65% (تهیه شده از شرکت اکسان اصفهان)، شیره خرما با بریکس 75% (تهیه شده از شرکت اکسان اصفهان)، عصاره انجیر (عسل انجیر) (برای تهیه عسل انجیر انجیرهای درجه 3 از شرکت انجیران زرین استهبان تهیه و به مدت 48 تا 72 ساعت در آب با دمای 5 ± 1 خیسانده شدند تا به بریکس 14 ± 2 % برسد. سپس عصاره حاصل از صافی عبور داده شد)، مالتودکسترین با معادل دکستروز 10 و صمغ عربی تهیه شده از شرکت ماگنولیا (Magnolia Flavor & Fragrance Co).

2-2- روش ها

2-2-1- آماده سازی و خشک کردن نمونه ها

با توجه به امکانات دستگاهی بهترین بریکس برای عصاره انجیر 14% بود و رسیدن به بریکسی بیشتر از 14% زمان زیادی را می طلبد، بنابراین جهت همسان شدن شرایط نمونه ها، بریکس شیره انگور و خرما با افزودن آب مقطر به 14 ± 2 % رسید. سپس به شیره انگور، عصاره انجیر و شیره خرما به میزان 60% ماده جامد محلول (بریکس) آنها، مالتودکسترین و صمغ عربی اضافه گردید. بعد از آماده سازی، نمونه ها در مخزن تغذیه خشک کن غلتکی (Michigan Benton Harbor)، ساخت آمریکا ریخته شدند و لایه نازکی از شیره روی غلتک ها قرار گرفت و خشک شد. خشک کن استفاده شده از نوع خشک کن غلتکی دوتایی بوده که دمای سطح خشک کن 95-105 و سرعت حرکت غلتک 4 دور در دقیقه و قطر غلتک ها 42 سانتی متر بود. بعد از خشک

$$\rho_{\text{Tapped}}: \text{دانسیتته توده متراکم } \left(\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}\right)$$

$$\rho_{\text{Bulk}}: \text{دانسیتته توده } \left(\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}\right)$$

مغناطیسی (مدل L-81، شرکت LABINCO BV، هلند) در 892rpm کاملاً مخلوط شد. زمان لازم برای حل شدن کل پودر به کمک یک زمان سنج اندازه گیری شد (21).

جدول 2- طبقه بندی پیوستگی پودر بر اساس نسبت هانسر (23)

HR	پیوستگی
<1/2	کم
1/2 – 1/4	متوسط
<1/4	زیاد

2-2-5- تعیین شاخص خیس ذرات

آب مقطر به میزان 100 ml در دمای $25 \pm 1^\circ\text{C}$ در یک بشر ml 250 ریخته شد. یک قیف شیشه ای روی دهانه بشر گذاشته شد (به طوریکه فاصله بین ته قیف تا سطح آب داخل بشر 10 سانتیمتر باشد). سپس یک لوله آزمایش در داخل قیف برای مسدود کردن سوراخ پایینی قیف گذاشته شد. سپس 0/1 گرم نمونه پودر اطراف لوله آزمایش ریخته شد و پس از آن لوله آزمایش برداشته شد، در حالیکه زمان سنج در همان لحظه روشن شد. در واقع زمان لازم وقتی که پودر به طور کامل خیس می شود، گزارش شد (28).

2-2-7- رنگ سنجی

رنگ سنجی با استفاده از دستگاه رنگ سنج هانترب (Hunter Laboratories, Reston, VA، ساخت آمریکا) انجام شد و پارامترهای L^* (روشنایی)، a^* (سبزی-قرمزی) و b^* (آبی-زردی) تعیین گردید (28).

2-2-6- تعیین قابلیت جریان و پیوستگی

قابلیت جریان با استفاده از اندیس کار¹ محاسبه شد. طبقه بندی قابلیت جریان بر اساس اندیس کار در جدول 1 آورده شده است (23).

$$CI = \frac{\rho_{\text{Tapped}} - \rho_{\text{Bulk}}}{\rho_{\text{Tapped}}} \times 100 \quad (4)$$

ρ_{Tapped} : دانسیته توده متراکم $\left(\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}\right)$
 ρ_{Bulk} : دانسیته توده $\left(\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}\right)$

جدول 1- طبقه بندی قابلیت جریان پودر بر اساس اندیس کار (23)

CI%	قابلیت جریان
<15	خیلی خوب
15-20	خوب
20-35	نسبتاً خوب
35-45	بد
<45	خیلی بد

پیوستگی پودر با استفاده از نسبت هانسر (HR) محاسبه شد. طبقه بندی پیوستگی پودر بر اساس نسبت هانسر در جدول 2 آورده شده است (23).

$$HR = \frac{\rho_{\text{Tapped}}}{\rho_{\text{Bulk}}} \quad (5)$$

2-3- تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل نتایج در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام گرفت. آنالیز واریانس (ANOVA) برای بررسی اختلاف معنادار بین داده های حاصل از ارزیابی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی نمونه های پودر در سطح معنی دار $p < 0/05$ مورد استفاده قرار گرفت و مقایسه بین میانگین ها با استفاده از آزمون دانکن و نرم افزار آماری SPSS 17 انجام شد (SPSS, Inc. New Jersey, USA).

3- نتایج و بحث

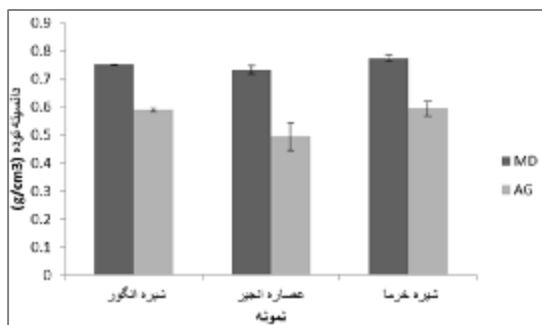
3-1- محتوای رطوبت پودر

پایداری فیزیکوشیمیایی پودرها در زمان نگهداری تابع میزان رطوبت پودر است (29). برای افزایش زمان نگهداری و پذیرش پودر توسط مصرف کننده باید میزان رطوبت آن کمتر از 4-5% باشد (26). همانطور که در شکل 1 مشاهده می شود رطوبت تمامی نمونه های پودر زیر 2% بود و رطوبت پودرهای حاوی مالتودکسترین بیشتر از نمونه های پودر حاوی صمغ عربی بود ($p < 0/05$). رطوبت پودرهای شیره انگور، عصاره انجیر و شیره خرما حاوی مالتودکسترین به ترتیب $1/403 \pm 0/400$ ، $1/920 \pm 0/278$ درصد و رطوبت نمونه های حاوی صمغ عربی به ترتیب $1/080 \pm 0/230$ ، $0/831 \pm 0/140$ و

¹ Carr Index (CI)

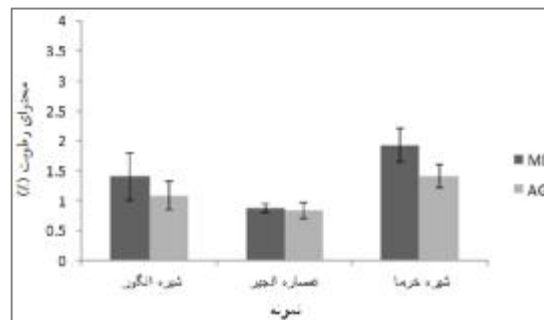
3-2- دانسیته توده و دانسیته توده متراکم

دانسیته نشان دهنده چگونی تراکم ماده در داخل جسم است و یکی از عوامل تعیین کننده حجم وسایل حمل و نقل و ظروف نگهداری است (20). با توجه به شکل های 2 و 3، دانسیته توده حاصل از ضربه نمونه های پودر حاوی مالتودکسترین بیشتر از نمونه های پودر حاوی صمغ عربی بود و افزودن مالتودکسترین منجر به افزایشی معنادار در دانسیته (توده و توده متراکم) نمونه های پودر شد ($p < 0/05$). دانسیته توده پودر های شیره انگور، عصاره انجیر و شیره خرما حاوی مالتودکسترین به ترتیب $0/751 \pm 0/003$ ، $0/733 \pm 0/015$ و $0/774 \pm 0/011$ (g/cm^3) و نمونه های حاوی صمغ عربی به ترتیب $0/589 \pm 0/007$ ، $0/494 \pm 0/047$ و $0/594 \pm 0/026$ (g/cm^3) بود، همچنین دانسیته توده متراکم در نمونه های پودر شیره انگور، عصاره انجیر و شیره خرما حاوی مالتودکسترین به ترتیب $0/832 \pm 0/005$ ، $0/847 \pm 0/033$ و $0/811 \pm 0/048$ (g/cm^3) و در نمونه های حاوی صمغ عربی به ترتیب $0/767 \pm 0/003$ ، $0/727 \pm 0/069$ و $0/695 \pm 0/006$ (g/cm^3) بود. دانسیته نمونه های پودر تابع عوامل مختلفی از جمله اندازه ذرات و نحوه توزیع آنها، شکل ذرات، میزان رطوبت و میزان تخلخل می باشد (20، 21). بالاتر بودن دانسیته توده و دانسیته توده متراکم در نمونه های پودر حاوی مالتودکسترین به دلیل بالاتر بودن میزان رطوبت آنها در مقایسه با نمونه های حاوی صمغ عربی بود. هرچه میزان رطوبت محصول بالاتر باشد، جرم توده آن به دلیل حضور آب بیشتر بوده و نسبت به مواد خشک چگال تر می باشد (16). با افزایش رطوبت، ذرات تمایل بیشتری به چسبیدن به هم دارند، بنابراین فضای بین ذرات کمتر شده و مقدار بیشتری پودر، حجم معینی از فضا را اشغال می کند. نتایج حاصل با نتایج سبلانی و همکاران (2008) مطابقت داشت.



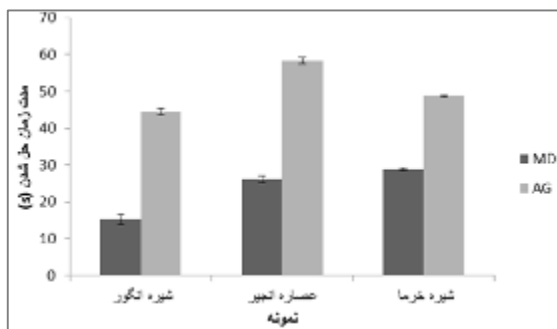
شکل 2- دانسیته توده نمونه های پودر شیره انگور، عصاره انجیر و شیره خرما حاوی مالتودکسترین (MD) و صمغ عربی (AG)

$1/412 \pm 0/196$ درصد بود. علت بیشتر بودن رطوبت نمونه های پودر حاوی مالتودکسترین، تاثیر بیشتر مالتودکسترین در افزایش ویسکوزیته و پیوند با آب نمونه ها و در نتیجه کاهش انتقال حرارت و خروج آب از نمونه ها بود (12). صمغ عربی دارای ساختاری شاخه دار با وزن مولکولی پایین است، بنابراین ویسکوزیته پایینی ایجاد می کند که آب نمونه راحت تر خارج می شود (32). بعلاوه گروه های آبدوست در مالتودکسترین بیشتر از صمغ عربی است (28)، که باعث پیوند بیشتر رطوبت توسط گروه های آبدوست مالتودکسترین می شود. نتایج بدست آمده در رابطه با رطوبت در این پژوهش با نتایج بدست آمده توسط جیتانیت و همکاران (2011) مطابقت داشت. هر چند، نورهادی و همکاران (2012) در بررسی تولید پودر عسل به روش پاششی و تحت خلا با استفاده از مالتودکسترین و صمغ عربی به نتایجی متفاوت با نتایج فوق دست یافتند و مشاهده کردند که رطوبت نمونه های پودر حاوی صمغ عربی بیشتر از نمونه های حاوی مالتودکسترین بود و این پدیده را به تفاوت در تعادل آبدوستی آبریزی نسبت دادند. در خشک کردن به روش غلتکی، انتقال حرارت از طریق هدایت صورت می گیرد و در انتقال حرارت به روش هدایت، حذف رطوبت بیشتر انجام می شود و پودری با رطوبت پایین تر تولید می شود. در این روش دمای سطح خشک کن $95-105^{\circ}\text{C}$ بود. هرچه قدر دما بالاتر باشد، سرعت انتقال حرارت در ذرات بیشتر و حذف رطوبت نیز بیشتر است. رطوبت باقی مانده در پودر، تعداد زیادی از خصوصیات تکنولوژیکی پودر نظیر دانسیته توده، حلالیت و قابلیت خیس شدن را تحت تاثیر قرار می دهد (21، 27).

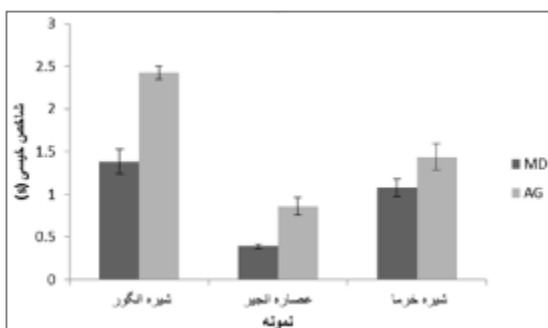


شکل 1- محتوای رطوبت پودر شیره انگور، عصاره انجیر و شیره خرما حاوی مالتودکسترین (MD) و صمغ عربی (AG)

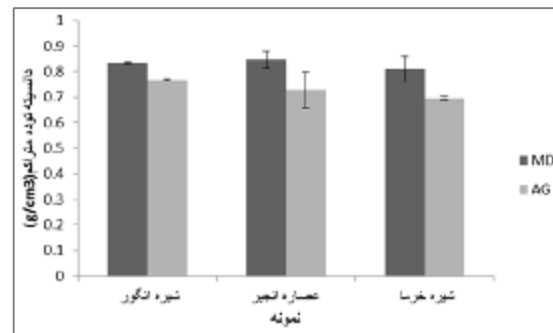
چسبنده می گردد. هرچقدر محتوای رطوبت پودر تولیدی کمتر باشد، پتانسیل جذب رطوبت پودر از هوای اطراف بیشتر است و جاذب رطوبت تر است (15). بنابراین، نمونه های پودر حاوی صمغ عربی با میزان رطوبت کمتر، پتانسیل بیشتری برای جذب رطوبت از محیط و به هم چسبیدن ذرات و کیک شدن دارند. در نتیجه به دلیل به هم چسبیدن، کلوخه ای و کیک شدن ذرات پودر، وقتی پودر در آب ریخته می شود، به خوبی پراکنده و حل نمی شود و مدت زمان حلالیت و زمان لازم برای خیس شدن ذرات آن بیشتر می شود. نتایج بدست آمده در رابطه با شاخص خیسی ذرات در این پژوهش با نتایج بدست آمده توسط نورهادی و همکاران (2012) در بررسی ویژگی های پودر عسل مطابقت داشت. نورهادی و همکاران (2012) علت بیشتر بودن زمان لازم برای خیس شدن ذرات پودرهای حاوی صمغ عربی در مقایسه با مالتودکسترین را به وجود تعداد بیشتر گروه های آبگریز در صمغ عربی نسبت دادند.



شکل 4- مدت زمان حل شدن نمونه های پودر شیره انگور، عصاره انجیر و شیره خرما حاوی مالتودکسترین (MD) و صمغ عربی (AG)



شکل 5- شاخص خیسی نمونه های پودر شیره انگور، عصاره انجیر و شیره خرما حاوی مالتودکسترین (MD) و صمغ عربی (AG)



شکل 3- دانسیته توده متراکم پودر شیره انگور، عصاره انجیر و شیره خرما حاوی مالتودکسترین (MD) و صمغ عربی (AG)

3-3- مدت زمان حل شدن پودر و شاخص خیسی ذرات

یکی از ویژگی های عملکردی پودر که بر نحوه بازسازی پودر در آب تاثیر گذار است حلالیت پودر است و تابع عوامل مختلفی از جمله اندازه، شکل، ترکیب، ویژگی های سطحی، ریز ساختار ذره و حضور افزودنی ها و ترکیبات نامحلول می باشد (14). با توجه به شکل 4، مدت زمان حل شدن نمونه های پودر حاوی مالتودکسترین کمتر از نمونه های حاوی صمغ عربی و حلالیت نمونه های پودر حاوی مالتودکسترین بیشتر از نمونه های حاوی صمغ عربی بود ($p < 0/05$). مدت زمان حل شدن پودرهای شیره انگور، عصاره انجیر و شیره خرما حاوی مالتودکسترین به ترتیب $15/180 \pm 1/350$ ، $26/133 \pm 0/865$ و $28/943 \pm 0/345$ ثانیه و نمونه های حاوی صمغ عربی به ترتیب $44/500 \pm 8/500$ ، $58/330 \pm 10/960$ و $48/780 \pm 0/220$ ثانیه بود. همچنین، با توجه به شکل 5، مدت زمان لازم برای خیس شدن ذرات پودرهای حاوی مالتودکسترین کمتر از نمونه های حاوی صمغ عربی بود و پودرهای حاوی مالتودکسترین دارای قابلیت خیس شدن بیشتری در مقایسه با نمونه های حاوی صمغ عربی بودند ($p < 0/05$). زمان لازم برای خیس شدن ذرات در پودرهای شیره انگور، عصاره انجیر و شیره خرما حاوی مالتودکسترین به ترتیب $1/383 \pm 0/145$ ، $0/390 \pm 0/025$ و $1/073 \pm 0/105$ ثانیه و در پودرهای حاوی صمغ عربی به ترتیب $2/423 \pm 0/075$ ، $0/860 \pm 0/100$ و $1/440 \pm 0/150$ ثانیه بود. نمونه های خشک شده به روش غلتکی، بسیار جاذب رطوبت هستند که نشان دهنده پتانسیل بالای پودر برای جذب رطوبت از هوای اطراف است. برای خشک کردن غلتکی ترکیباتی با قند بالا و تولید پودری با رطوبت پایین، نیاز به هوای بسیار گرم و خشک است و این شرایط خشک کردن باعث تولید پودری جاذب رطوبت و

4-3- قابلیت جریان و پیوستگی پودر

قابلیت جریان پودر یکی از ویژگی های مهم و تاثیر گذار بر جابجایی، فرآورش و کاربرد نهایی است و تابع خصوصیات فیزیکی پودر از جمله اندازه ذره، شکل، ساختار سطحی، دانسیته ذره، دانسیته توده، میزان رطوبت، درجه حرارت، فشار و چربی است (25). میزان رطوبت به عنوان یکی از عوامل موثر بر قابلیت جریان پودر محسوب می شود.

افزایش میزان رطوبت باعث نرم شدن و پلاستیکی شدن اجزای پودر، مخصوصا اجزای محلول در آب می شود که این پدیده باعث تغییر شکل شده و سطح تماس بیشتری را فراهم می کند (25). قابلیت جریان پودر با اندیس کار (CI%) سنجیده می شود و میزان دانسیته توده و توده متراکم تاثیر مستقیم بر قابلیت جریان پودر دارند. بر طبق جدول 1، هرچهقدر اندیس کار پودر بیشتر شود، قابلیت جریان پودر کمتر می شود. با توجه به شکل 6، اندیس کار نمونه های حاوی مالتودکستریز کمتر از نمونه های حاوی صمغ عربی بود، بنابراین قابلیت جریان نمونه های پودر حاوی مالتودکستریز بیشتر از نمونه های حاوی صمغ عربی بود (p < 0/05). اندیس کار برای پودرهای شیره انگور، عصاره انجیر و شیره خرما حاوی مالتودکستریز به ترتیب 9/783±0/235، 13/393±1/605 و 4/303±0/305 درصد و برای پودرهای حاوی صمغ عربی به ترتیب 23/253±0/565، 33/363±1/375 و 14/543±4/535 درصد بود.

در صورتی که اندیس کار پودر کمتر از 15% باشد به این معنی است که نمونه پودر دارای قابلیت جریان بسیار خوبی است (جدول 1). اندیس کار تمامی پودرهای حاوی مالتودکستریز کمتر از 15% بود، بنابراین نمونه های پودر حاوی مالتودکستریز دارای قابلیت جریان بسیار خوبی بودند. در نمونه های پودر حاوی صمغ عربی، تمامی نمونه ها به جز پودر شیره خرما دارای اندیس کار بین 20-35% بودند و جز پودرهایی با قابلیت جریان نسبتا خوب محسوب می شوند (جدول 1).

پایین تر بودن قابلیت جریان پودرهای حاوی صمغ عربی در مقایسه با مالتودکستریز احتمالا به دلیل جذب رطوبت بیشتر پودرهای حاوی صمغ عربی از محیط اطراف و به هم چسبیدن ذرات پودر بود. همانطور که قبلا بیان شد هرچهقدر محتوای رطوبت پودر تولیدی کمتر باشد، پتانسیل جذب رطوبت پودر از هوای اطراف بیشتر است (15). بنابراین، نمونه های پودر حاوی

صمغ عربی با میزان رطوبت کمتر، پتانسیل بیشتری برای جذب رطوبت از محیط و به هم چسبیدن ذرات و در نتیجه کاهش قابلیت جریان داشتند.

پیوستگی یک خاصیت درونی پودر است و مربوط به نیروهای بین مولکولی است که ذرات را در کنار یکدیگر نگه می دارد (30).

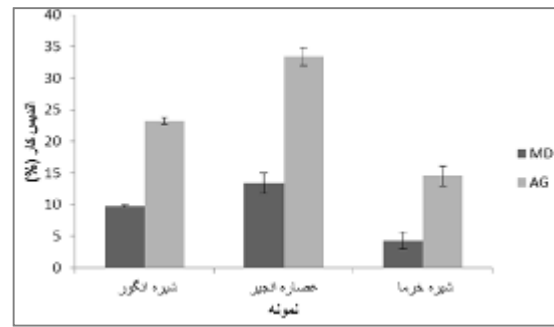
پیوستگی پودر با نسبت هانسر (HR) سنجیده می شود. بر طبق جدول 2، هرچهقدر نسبت هانسر پودر بیشتر شود، پیوستگی پودر بیشتر می شود. با توجه به شکل 7، نسبت هانسر نمونه های حاوی مالتودکستریز کمتر از نمونه های حاوی صمغ عربی بود، بنابراین پیوستگی نمونه های پودر حاوی مالتودکستریز کمتر از نمونه های حاوی صمغ عربی بود (p < 0/05). نسبت هانسر برای پودرهای شیره انگور، عصاره انجیر و شیره خرما حاوی مالتودکستریز به ترتیب 1/105±0/005، 1/150±0/020 و 1/045±0/045 و برای پودرهای حاوی صمغ عربی به ترتیب 1/300±0/010، 1/470±0/000 و 1/170±0/060 بود. در صورتی که نسبت هانسر پودر کمتر از 1/2 باشد به این معنی است که پیوستگی پودر کم است (جدول 2). نسبت هانسر تمامی پودرهای حاوی مالتودکستریز کمتر از 1/2 بود، بنابراین نمونه های پودر حاوی مالتودکستریز دارای پیوستگی کمی بودند. در نمونه های پودر حاوی صمغ عربی، تمامی نمونه ها به جز پودر شیره خرما دارای نسبت هانسر بیشتر از 1/2 بودند. نسبت هانسر پودر شیره انگور حاوی صمغ عربی بین 1/2-1/4 بود، بنابراین جز پودرهایی با پیوستگی متوسط به شمار می آید و نسبت هانسر پودر عصاره انجیر حاوی صمغ عربی بیشتر از 1/4 بود که جز پودرهایی به پیوستگی زیاد به شمار می آید (جدول 2). با افزایش میزان رطوبت پودر، پیوستگی افزایش می یابد (13، 18).

بنابراین، نمونه های پودر حاوی صمغ عربی با میزان رطوبت کمتر، توانایی بیشتری برای جذب رطوبت از محیط داشته اند و دارای پیوستگی بیشتری در مقایسه با نمونه های حاوی مالتودکستریز بودند.

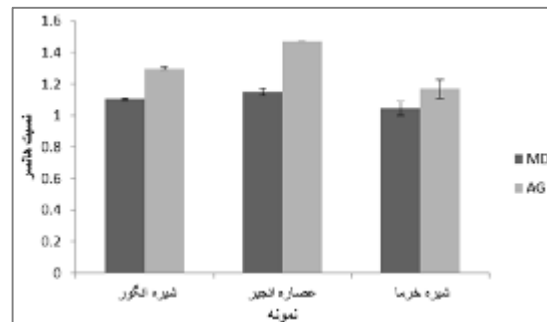
هر چند در مورد پودرهای عصاره انجیر و خرما اختلاف معناداری بین نمونه های حاوی مالتودکسترین و صمغ عربی از نظر روشنایی وجود نداشت، اما به طور کلی پودرهای حاوی مالتودکسترین دارای مقادیر L^* بالاتری بودند. از نظر پارامتر a^* ، این مقدار برای تمامی نمونه های پودر منفی بود و در محدوده سبز قرار داشت. به جز پودر عصاره انجیر که اختلاف معناداری بین نمونه های مالتودکسترین و صمغ عربی از نظر آماری وجود نداشت، در سایر پودرها، نمونه های حاوی مالتودکسترین دارای مقدار a^* بیشتر از نمونه های حاوی صمغ عربی بودند ($p < 0/05$). از نظر پارامتر b^* ، این مقدار برای تمامی نمونه های پودر مثبت بود و در محدوده زرد قرار داشت و پودرهای حاوی مالتودکسترین دارای مقدار b^* کمتر از نمونه های حاوی صمغ عربی بودند ($p < 0/05$). مالتودکسترین پودری سفید رنگ است که ترکیب آن با نمونه های شیره انگور، عصاره انجیر و شیره خرما باعث افزایش L^* و a^* و کاهش b^* پودرهای تولیدی شد، در حالیکه صمغ عربی به طور طبیعی زرد رنگ است و باعث تولید نمونه هایی با L^* و a^* کمتر و b^* بیشتر در مقایسه با مالتودکسترین شد.

4- نتیجه گیری

خشک کردن ترکیباتی با میزان قند بالا به راحتی و بدون استفاده از مواد کمک خشک کن امکان پذیر نمی باشد. در این پژوهش پودر شیره انگور، عصاره انجیر و شیره خرما با استفاده از مالتودکسترین و صمغ عربی، به عنوان ترکیبات کمک خشک کن، تهیه و ویژگی های فیزیکی و شیمیایی پودرهای تولیدی مورد ارزیابی قرار گرفت.



شکل 6- اندیس کار نمونه های پودر شیره انگور، عصاره انجیر و شیره خرما حاوی مالتودکسترین (MD) و صمغ عربی (AG)



شکل 7- نسبت هانسبر نمونه های پودر شیره انگور، عصاره انجیر و شیره خرما حاوی مالتودکسترین (MD) و صمغ عربی (AG)

3-5- رنگ

با توجه به جدول 3، بین نمونه های پودر حاوی مالتودکسترین و صمغ عربی از نظر پارامترهای روشنایی (L^*)، قرمزی-سبزی (a^*) و آبی-زردی (b^*) اختلاف معنادار در سطح کمتر از 0/05 وجود داشت ($p < 0/05$). روشنایی پودرهای تولیدی در محدوده 63/000-67/000 بود و پودرهای حاوی مالتودکسترین دارای روشنایی بیشتر از نمونه های حاوی صمغ عربی بودند ($p < 0/05$).

جدول 3- پارامترهای ارزیابی رنگ نمونه های پودر شیره انگور، عصاره انجیر و شیره خرما حاوی مالتودکسترین و صمغ عربی

نمونه	L^*	a^*	b^*
شیره انگور حاوی MD	65/333±1/154 ^{ab}	-5/000±0/000 ^a	34/000±1/154 ^c
عصاره انجیر حاوی MD	67/000±1/000 ^a	-7/000±0/000 ^b	27/000±0/000 ^e
شیره خرما حاوی MD	65/000±1/000 ^b	-5/333±0/577 ^a	32/666±0/577 ^d
شیره انگور حاوی AG	63/000±0/000 ^c	-6/666±0/577 ^b	39/333±0/577 ^a
عصاره انجیر حاوی AG	65/333±1/527 ^{ab}	-7/000±0/000 ^b	32/666±0/577 ^d
شیره خرما حاوی AG	64/666±0/577 ^{bc}	-7/000±0/000 ^b	38/000±0/000 ^b

اعداد میانگین سه تکرار و به صورت میانگین ± انحراف معیار گزارش شده است.

حروف کوچک متفاوت نشان دهنده اختلاف معنادار در هر ستون است ($p < 0/05$). MD = مالتودکسترین و AG = صمغ عربی

پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی، شماره 80، 158-144.

7- میلانی، ا.، بقایی، ه. و مرتضوی، ع. 1390. اثر جایگزینی عسل خرما و گوار بر ویژگی های فیزیکوشیمیایی، بافت و ویسکوزیته دسر بستنی ماستی کم چرب پرتقالی. نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران، جلد 7، شماره 2، 115-120.

8- نظری، م. 1374. خواص میوه های خوراکی. نشر پیام آزادی، 139 صفحه.

9- A/S Niro Atomizer, Copenhagen, Denmark. 1978. Determination of bulk density. In Sørensen, I. H., Krag, J., Pisecky, J. and Westergaard, V. (Eds.), Analytical methods for dry milk products (4th ed., pp. 18-19). Copenhagen: De Forenede Trykkerier A/S.

10- Alhamdan, A. M. and Hassan, B. H. 1999. Water sorption isotherms of date pastes as influenced by date cultivar and storage temperature. Journal of Food Engineering, 39, 301-306.

11- AOAC. 1990. Official Methods for Analysis, 15th ed. (Vol. II). Arlington, VA: Association of Official Analytical Chemists.

12- Bhandari, B. R.; Dumoulin, E. D.; Richard, H. M. J.; Noleau, I. and Lebert, A. M. 1992. Flavor encapsulation by spray drying: application to citral and linalyl acetate. Journal of Food Science, 57, 217-221.

13- Bhandari, B. R. and Howes, T. 1999. Implication of glass transition for the drying and stability of dried foods, Journal of Food Engineering, 40, 71-79.

14- Bhandari, B. R., Patel, K. C. and Chen, X. D. 2008. Spray drying of food materials process and product characteristics. In X. D. Chen and A. S. Mujumdar (Eds.), Drying Technology of food processing, 113-157.

15- Caparino, O. A., Tang, J., Nindo, C. I., Sablani, S. S., Powers, J. R. and Fellman, J. K. 2012. Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (Philippine 'Carabao' var.) powder. Journal of Food Engineering, 111, 135-148.

16- Chegini, G. R. and Ghobadian, B. 2005. Effect of spray-drying conditions on physical properties of orange juice powder, Drying Technology, 23, 657-668.

17- Falade, K. O. and Aworth, O. C. 2004. Adsorption isotherms of osmooven dried African star apple (*Chrysophyllum albidum*) and African mango (*Irvingia gabonensis*) slices. European Food Research and Technology, 218, 278-283.

به طور کلی پودرهای حاوی مالتودکسترین از لحاظ تمام ویژگی های مورد ارزیابی بهتر از پودر های حاوی صمغ عربی بودند و مشخصات یک پودر مناسب از جمله رطوبت و درجه کیک شدن پایین و دانسیته و حلالیت بالا را دارا بودند. خشک کردن شیره انگور، عصاره انجیر و شیره خرما ضمن اینکه با کاهش رطوبت نمونه، مدت زمان ماندگاری آنها را افزایش و شرایط نگهداری و حمل و نقل این محصولات را بهبود می بخشد، امکان مخلوط کردن آسان و مستقیم این ترکیبات را با سایر ترکیبات و مخلوط های پودری خشک و کاربرد آنها در تهیه محصولات مختلفی از جمله نان، خمیر منجمد، کیک و شیرینی جات، انواع آبنبات و شکلات، نوشیدنی و محصولات لبنی نظیر دسر های لبنی و بستنی به عنوان جایگزین های شکر و چربی بر پایه کربوهیدراتها را فراهم می سازد.

5- منابع

- 1- احتشامی، م. ج.، حداد خداپرست، م. ح. و حبیبی نجفی، م. ب. 1382. اصلاح روش تولید سنتی شیره انگور. مجله پژوهش های علوم و صنایع غذایی ایران، شماره 1، دوره 1، 11-17.
- 2- توکلی پور، ح. و کلباسی اشتری، ا. 1392. بررسی ویژگیهای رئولوژیکی شیره انگور. فصلنامه علوم و صنایع غذایی، شماره 40، دوره 10، 129-137.
- 3- شفیعی، ث.، حجت الاسلامی، م.، شکرانی، ر.، شریفان، ا. و لقمانی خوزانی، و. 1392. تأثیر روش های مختلف تصفیه شیره خرما بر ویژگی های فیزیکی و شیمیایی آب نبات های تولید شده از آن. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، سال هشتم، شماره 1، 63-70.
- 4- عزیزی، ح. و یزدانی، س. 1386. بررسی میزان پایداری درآمد صادراتی خرما ایران. مجله علمی-پژوهشی علوم کشاورزی، سال سیزدهم، شماره 1، 19 صفحه.
- 5- موحد، س. و قوامی، م. 1386. مقایسه و تعیین ترکیب اسیدهای چرب روغن هسته انگور ایرانی و وارداتی. پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، شماره 75، 8-16.
- 6- مهدویان، م.، لسانی، ح.، عبادی، ع. و فتاحی مقدم، ر. 1387. شناسایی و مطالعه تنوع ژنتیکی ارقام انجیر ایران (*Ficus carica* L.) با استفاده از صفات ریخت شناسی.

- 30- Roos, Y. H. 1995. Phase transition in food. San Diego: Academic Press. Pregelatinized in double drum drier. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 35, 703-714.
- 31- Sablani, S. S., Shrestha, A. K. and Bahandari, B. R. 2008. A new method of producing date powder granules: Physicochemical characteristics of powder. *Journal of Food Engineering*, 87, 416-421.
- 32- Sanchez, C., Renard, D., Robert, P., Schmitt, C. and Lefebvre, J. 2002. Structure and rheological properties of acacia gum dispersions. *Food Hydrocolloids*, 16, 257-267.
- 33- Sathivel, S., Kosal Ram, A., Espinoza, L., King, J., Cueto, R. and Mis Solva, K. 2013. Application of Honey Powder in Bread and its Effect on Bread Characteristics. *Journal of Food Processing and Technology*, 4(11), 1-9.
- 34- Telis, V. R. N. and Martinez-Navarrete , N. 2010. Application of compression test in analysis of mechanical and color changes in grapefruit juice powder as related to glass transition and water activity. *Swiss Society of Food Science and Technology*, 43,744-751.
- 35- Vega-Mercado, H., Gongora-Nieto, M. M. and Barbosa-Canovas, G. V. 2001. Advances in dehydration of foods. *Journal of Food Engineering*, 49, 271-289.
- 18- Fitzpatrick, J. J., Iqbal, T., Delaney, C., Twomey, T. and Keogh, M. K. 2004. Effect of powder properties and storage conditions on the flowability of milk powders with different fat contents. *Journal of Food Engineering*, 64, 435-444.
- 19- Gabas, A. L., Telis, V. R. N., Sorbal, P. J. A. and Telis-Romero, J. 2007. Effect of maltodextrin and Arabic gum in water vapor sorption thermodynamic properties of vacuum dried pineapple pulp powder. *Journal of Food Engineering*, 82, 246-252.
- 20- Ganesan, V., Rosentrater, K. A. and Muthukumarappan, K. 2008. Flowability and handling characteristics of bulk solids and powders – a review with implications for DDGS. *Biosystems Engineering*, 101, 425-435.
- 21- Goula, M. A. and Adamopoulos, K. G. 2005. Spray drying of tomato pulp in dehumidified air: II. The effect of powder properties. *Journal of Food Engineering*, 66, 35-42.
- 22- Jaya, S. and Das, H. 2004. Effect of maltodextrin, glycerol monostearate and tricalcium phosphate on vacuum dried mango powder properties. *Journal of Food Engineering*, 63, 125-134.
- 23- Jinapong, N., Suphantharika, M., and Jammong, P. 2008. Production of instant soymilk powders by ultra-filtration spray drying and fluidized bed agglomeration. *Journal of Food Engineering*, 84, 194- 205.
- 24- Jittanit, W., Chantara-In, M., Deying, T. and Ratanavong, W. 2011. Production of tamarind powder by drum dryer using maltodextrin and Arabic gum as adjuncts. *Songklanakarin Journal of science and technology*, 33 (1), 33-41.
- 25- Kim, E. H. -J., Chen, W. D. and Pearce, D. 2005. Effect of surface composition on the flowability of industrial spray-dried dairy powders. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 46, 182-187.
- 26- Koc, B., Yilmazer, M. S., Balkir, P. and Ertekin, F. K. 2010. Spray drying of yogurt: optimization of process conditions for improving viability and other quality attributes. *Drying Technology*, 28, 495-507.
- 27- Mathlouthi, M. 2001. Water content, water activity, water structure and the stability of food stuffs. *Food Control*, 12, 409-417.
- 28- Nurhadi, B., Andoyo, R., Mahani and Indiarito , R. 2012. Study the properties of honey powder produced from spray drying and vacuum drying method. *International Food Research Journal*, 19 (3), 907-912.
- 29- Reh, C., Bhat, S. N. and Berrut, S. 2004. Determination of water content in powdered milk. *Food Chemistry*, 86, 457-464.