



اثر غلظت‌های مختلف صمغ عربی و دماهای مختلف خشک کردن پاششی بر خصوصیات فیزیکی پودر عصاره ریزپوشانی شده نعنای فلفلی

راضیه نیک‌جو^۱، سیده‌ادی پیغمبردوست^{۲*}، عارف اولاد غفاری^۳

^۱دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

^۲استاد، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

^۳عضو هیات علمی گروه پژوهشی مواد غذایی، پژوهشکده غذایی و کشاورزی، پژوهشگاه استاندارد، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۲۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۷/۰۶

چکیده

سابقه و هدف: نعنای فلفلی گیاهی معطر است که اسانس آن حاوی ترکیبات پلی فنلی است که خواص ضد باکتریایی، ضد قارچی، آنتی‌اکسیدانی و جاذب رادیکال‌های آزاد دارد. ریزپوشانی توسط خشک کردن پاششی از جمله روش‌های پرکاربرد، موثر و کارآمدی است که استفاده از آن در سال‌های اخیر رشد چشمگیری داشته است. این فرایند عملیات مهم صنعتی برای پوشش فیزیکی مواد غذایی مایع یا نیمه جامد با یک لایه نازک محافظ است. این روش خشک کردن به حفظ مواد مؤثر فرار و محافظت از آنها در برابر فسادهای شیمیایی، بهبود خواص بهره‌وری پودر، سهولت در تلفیق با سایر مواد و افزایش مدت ماندگاری مواد غذایی کمک می‌کند. هدف این مطالعه بررسی اثر غلظت‌های مختلف صمغ عربی و دماهای مختلف هوای ورودی بر راندمان تولید پودر از عصاره و خواص مختلف فیزیکی پودر عصاره نعنای فلفلی خشک شده به روش پاششی بود.

مواد و روش‌ها: فرایند خشک کردن با استفاده از یک خشک‌کن پاششی پایلوت پلنت با جریان هوای ورودی همسو و دارای اتمایزر چرخشی انجام شد. صمغ عربی به‌عنوان ماده حامل یا کمک خشک‌کن در مقادیر ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد وزنی-وزنی استفاده شد. هوای ورودی خشک‌کن با دماهای ۱۴۰، ۱۶۰ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد و به‌صورت همسو با محلول خوراک وارد خشک‌کن شد. در همه آزمون‌ها، دور چرخش اتمایزر، سرعت جریان خوراک، دمای خوراک و فشار هوای نازل به ترتیب در ۱۸۰۰ rpm، ۲۵ ml/min، 30 ± 1 درجه سانتی‌گراد و $4/2 \pm 0/1$ بار ثابت نگاه داشته شد. آزمون‌های تعیین رطوبت، فعالیت آبی، راندمان تولید پودر، انحلال پذیری، قابلیت جذب رطوبت، قابلیت نم‌پذیری و ارزیابی شاخص‌های رنگی دستگاهی روی پودرهای خشک شده به روش پاششی انجام شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که با افزایش دمای هوای ورودی خشک‌کن و افزایش غلظت صمغ عربی تا ۲۰ درصد بازده تولید پودر افزایش یافت. اما افزایش بیشتر غلظت حامل از ۲۰ به ۳۰ درصد راندمان تولید پودر را کاهش داد. قابلیت جذب رطوبت پودرها با افزایش دما، افزایش، اما با افزایش غلظت صمغ عربی، کاهش یافت. محتوای رطوبت، فعالیت آبی، قابلیت نم‌پذیری و انحلال پذیری با افزایش دما و افزایش غلظت صمغ عربی کاهش یافتند. نتایج اندازه‌گیری دستگاهی رنگ حاکی از این بود که با افزایش دما و افزایش غلظت صمغ عربی، شاخص‌های کروما و رنگ‌مایه^۱ افزایش ولی a^* و b^* پودرها کاهش یافتند. افزایش دما باعث افزایش شاخص روشنی (L^*) پودرها گردید.

*مسئول مکاتبه: peighambardoust@tabrizu.ac.ir

نتیجه‌گیری: نتیجه‌گیری کلی حاکی از آن بود که دمای ورودی $9C$ ۱۶۰ برای خشک‌کن پاششی و غلظت ماده حامل ۳۰ درصد به‌عنوان شرایط بهینه فرایند خشک کردن پاششی عصاره نعناع فلفلی در خشک‌کن پاششی بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: خشک کردن پاششی، خواص فیزیکی، ریزپوشانی، صمغ عربی، نعناع فلفلی.

مقدمه

نعناع فلفلی^۱ از نظر تجاری مهم‌ترین گونه نعناع می‌باشد. اسانس نعناع فلفلی یکی از پرکاربردترین اسانس‌های گیاهی می‌باشد که کاربردهای مختلف پزشکی دارد و در صنایع عطرسازی به‌عنوان عامل خوشبو کننده استفاده می‌شود (۲۴). در کنار کاربردهای پزشکی، خواص ضد باکتریایی و ضد قارچی اسانس نعناع فلفلی و اجزای فعال آن گزارش شده است (۴ و ۲۴). در ارتباط با خواص آنتی‌اکسیدانی عصاره نعناع فلفلی نیز تحقیقات متعددی انجام شده است؛ یادگاری‌نیا و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که اسانس نعناع فلفلی فعالیت آنتی‌اکسیدانی بسیار قوی دارد (۳۵). همچنین سروکا و همکاران (۲۰۰۷) دریافتند که اریوسیتین (ترکیب پلی‌فنولیک جدا شده از عصاره نعناع فلفلی) به‌عنوان آنتی‌اکسیدان بسیار قوی عمل کرده و جاذب رادیکال‌های آزاد است (۳۲). ترکیبات مؤثره اسانس نعناع فلفلی دارای طیف گسترده‌ای از فعالیت دارویی مانند خواص آنتی‌اکسیدانس، ضد زخم معده، محافظت کننده سلولی، محافظت کننده کبد، ضد اسپاسم، ضد التهاب و ضد دیابت است (۲، ۱۱، ۱۳ و ۱۴).

ریزپوشانی روغن‌های معطر یکی از روش‌های افزایش پایداری، سهولت در نگهداری و حمل و نقل مطمئن آنهاست (۳۷). تکنیک ریزپوشانی در صنایع غذایی و دارویی برای حفاظت از آنزیم‌ها، حفظ طعم داروی کپسوله شده و کنترل رهایش به کار می‌رود.

این تکنیک سبب بهبود و افزایش ماندگاری مواد داخل بسته پوشش می‌شود (۱۸). از جمله روش‌های ریزپوشانی می‌توان به خشک کردن پاششی، خشک کردن انجمادی و خشک کردن بستر سیال اشاره کرد. از بین انواع روش‌های ریزپوشانی، خشک کردن پاششی در بسیاری از موارد برای ریزپوشانی مواد معطر در صنایع غذایی ترجیح داده شده است. چرا که به لحاظ اقتصادی، سرعت عمل بالا و قابلیت انعطاف پذیری زیاد در صنعت به سهولت قابل اجرا است (۳۷). آدامیک و کالمبا (۲۰۰۴) در ریزپوشانی روغن نعناع فلفلی با روش خشک کردن پاششی گزارش کردند که راندمان فرایند تحت تأثیر مقادیر مواد اولیه بوده و در کلیه نسیتهای بکار رفته روغن نعناع با راندمان بالایی حفظ گردید (۳۶). به دلیل رشد و تکثیر میکروارگانیسم‌ها و کاهش ویژگی‌های حسی ادویه‌ها در نتیجه نگهداری آنها، ریزپوشانی عصاره ادویه‌ها به‌عنوان راهکار مناسب از طرف برخی محققان پیشنهاد گردیده است (۲۱، ۲۳ و ۳۱). رایج‌ترین مواد پوششی مورد استفاده در صنایع غذایی عمدتاً موادی هستند که در خشک کردن یا سرد کردن پاششی مورد استفاده قرار می‌گیرند مثل کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها و لیپیدها. بسیاری از پژوهشگران از مالتودکسترین و دیگر افزودنی‌ها به منظور کاهش چسبندگی محصولات خشک شده به روش پاششی استفاده نموده‌اند (۱، ۱۰، ۱۲ و ۲۹). مواد کمکی مورد استفاده در فرایند خشک کردن پاششی عمدتاً بایستی دارای ویژگی‌هایی نظیر حلالیت بالا، قابلیت تشکیل فیلم، توانایی

1. *Mentha piperita*

فیزیکی شیمیایی مختلف (بازده تولید پودر، محتوای رطوبت، فعالیت آبی، انحلال پذیری، خاصیت جذب رطوبت، نم پذیری و شاخص های رنگی) پودر عصاره نعناع فلفلی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش ها

مواد: برگ های نعناع فلفلی (*Mentha piperita*) از مناطق کوهپایه ای زاگرس واقع در استان ایلام تهیه شد و به مدت ۳ روز در سایه و در دمای اتاق خشک گردید. سپس توسط آسیاب چکشی خرد و از الک با مش ۴۰ (۰/۴ میلی متر) عبور داده شد و تا زمان انجام آزمایشات در دمای ۱۸ °C - نگهداری گردید. همچنین صمغ عربی (AG) با دانسیته ۱/۴ g/cm³ از شرکت سیگما آلدریج (آلمان) جهت استفاده به عنوان حامل در فرایند خشک کردن پاششی تهیه شد.

آماده سازی عصاره نعناع فلفلی جهت خشک کردن پاششی: به ۱۰۰ میلی لیتر آب ۸۰ درجه سانتی گراد، مقدار معینی برگ نعناع فلفلی خشک و خرد شده با نسبت ۱ به ۱۰ افزوده و به مدت ۳۰ دقیقه در همین دما به آرامی هم زده شد. سپس عصاره استخراج شده از کاغذ صافی واتمن ۱ عبور داده شد. عصاره تهیه شده به همراه صمغ عربی در غلظت های ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد وزنی - وزنی توسط همزن مغناطیسی مخلوط شد و محلول همگنی به دست آمد که در نهایت به خشک کن پاششی منتقل گردید (۳).

خشک کردن پاششی: در این تحقیق از خشک کن پاششی در مقیاس آزمایشگاهی (مهام صنعت، نیشابور، ایران) استفاده گردید. محفظه خشک کن به صورت استوانه ای با قسمت تحتانی مخروطی شکل با قطر قسمت استوانه ای ۱ متر و ارتفاع کل محفظه ۲ متر بود. دستگاه مجهز به یک پمپ تغذیه حجمی پرستالتیک با دبی تغذیه متغیر و ظرفیت حداکثر ۳ لیتر مایع در ساعت با فشار یک بار برای تغذیه خوراک

امولسیون کنندگی مؤثر، خواص خشک کنندگی کارآمد و ویسکوزیته پائین حتی در غلظت های بالای محلول باشند (۱۸ و ۲۷). حسین زاده و همکاران (۲۰۱۶) نیز در ریزپوشانی روغن نعناع به روش خشک کردن پاششی با استفاده از ماده حامل مالتودکستترین در غلظت های مختلف گزارش کردند که با افزایش غلظت ماده حامل بریکس امولسیون افزایش، اندازه ذرات امولسیون کاهش، راندمان ریزپوشانی و نیمه عمر افزایش یافت (۳۷). گزارش مزبور در زمینه استفاده از ماده حامل مالتودکستترین بوده و بر اساس اطلاعات موجود، تاکنون پژوهشی در استفاده از حامل صمغ عربی در خشک کردن پاششی عصاره نعناع فلفلی انجام نشده است. در این پژوهش، از صمغ عربی به عنوان ماده حامل استفاده شد. این ماده در آب بسیار محلول بوده و به دلیل ساختار مولکولی خیلی منشعب و وزن مولکولی پائین در مقایسه با سایر صمغ های تراوشی ویسکوزیته کمتری ایجاد می کند. همچنین دارای خاصیت امولسیفایری و پایدارکننده می باشد. عصاره نعناع فلفلی نسبت به شرایط محیطی مانند نور و اکسیژن حساس بوده و در صورت نگهداری در شرایط نامناسب، ترکیبات مؤثره آن مانند فنل ها و ترکیبات آنتی اکسیدانی آسیب دیده و به مرور زمان از دست می روند. لذا بلافاصله بعد از استخراج عصاره یا روغن نعناع باید نسبت به حفظ ترکیبات حساس آن با تکنیک های ریزپوشانی مانند خشک کردن پاششی اقدام نمود (۳۷). هدف پژوهش حاضر بررسی خواص مختلف فیزیکی پودر و راندمان ریزپوشانی متأثر از دمای هوای خشک کن و درصد ماده حامل بود و بررسی تغییرات ترکیبات شیمیایی فراسودمند نعناع مانند ترکیبات فنلی و آنتی اکسیدانی در طول زمان و شرایط مختلف نگهداری در پژوهش های دیگری ارائه شده است. در این پژوهش تأثیر شرایط فرایند خشک کردن پاششی بر خواص

خالی، W_2 : مجموع وزن پودر و ظرف و W_3 : مجموع وزن پودر خشک شده و ظرف بعد از آون‌گذاری است. (۱۶).

اندازه‌گیری فعالیت آبی: فعالیت آبی نسبت فشار بخار آب ماده غذایی به فشار بخار اشباع آب خالص در همان دمایی که ماده غذایی قرار گرفته است، می‌باشد. فعالیت آبی با مقدار رطوبت متفاوت است. فعالیت آبی آب آزاد قابل دسترس در سیستم غذایی است که موجب تسهیل واکنش‌های بیوشیمیایی می‌شود اما رطوبت، ترکیب آب در سیستم غذایی را نشان می‌دهد. فعالیت آبی بالا نشان می‌دهد که آب آزاد بیشتری برای واکنش‌های بیوشیمیایی در دسترس است و با افزایش آن زمان ماندگاری مواد غذایی کاهش می‌یابد. معمولاً مواد غذایی با فعالیت آبی کمتر از ۰/۶ از لحاظ میکروبیولوژیکی پایدار می‌باشند و فساد میکروبی در آنها رخ نمی‌دهد (۲۷). برای اندازه‌گیری فعالیت آبی پودر عصاره نعنای فلفلی، از دستگاه a_w متر (Rotronic، آلمان) استفاده گردید. پس از کالیبراسیون، محفظه دستگاه تا محل تعیین شده، از پودر پر شده و سپس فعالیت آبی نمونه‌ها در محدوده دمایی 22 ± 0.5 درجه سانتی‌گراد ثبت گردید.

اندازه‌گیری قابلیت انحلال‌پذیری: حلالیت ویژگی عملکردی مهم پودرهای غذایی می‌باشد که بر رفتار پودر زمانی که در آب بازسازی می‌شود اثر می‌گذارد؛ که این ویژگی از نظر تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان از اهمیت خاصی برخوردار است. عواملی نظیر اندازه، شکل، ترکیب، ویژگیهای سطحی، ریزساختار ذره و حضور افزودنی‌ها و ترکیبات نامحلول می‌تواند در بازسازی پودرها اثر بگذارد (۶). برای تعیین این ویژگی، مقدار یک گرم پودر به دقت به ۱۰۰ ml آب مقطر تحت شرایط هم زدن با یک همزن مغناطیسی

به افشانه بود. خوراک ورودی توسط اتمایزر چرخشی با قطر ۵ سانتی‌متر و قابلیت چرخش توسط کمپرسور هوا، به داخل محفظه خشک‌کن به صورت جریان هم جهت با هوای داغ، اتمیزه شد. برای تولید پودر نعنای فلفلی، از سه دمای هوای ورودی ۱۴۰، ۱۶۰ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد استفاده شد. در همه آزمون‌ها، دور اتمایزر، سرعت جریان خوراک، دمای خوراک و فشار هوای نازل به ترتیب در ۱۸۰۰ rpm، 25 ml/min ، $30 \pm 1^\circ\text{C}$ و $1 \pm 0.1 \text{ bar}$ ، ثابت نگه داشته شد. دمای هوای خروجی به طور میانگین در ۸۵ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد. در نهایت پودرهای جمع شده در ظرف شیشه‌ای متصل به سیکلون، بلافاصله به ظرف تیره و درب‌داری منتقل و برای انجام آزمایشات به آزمایشگاه منتقل شدند.

اندازه‌گیری راندمان تولید پودر: بازده تولید محصول بر حسب درصد به صورت نسبت درصد جرمی پودر به دست آمده به جرم کل ماده جامد موجود در خوراک (بر حسب ماده خشک)، با استفاده از معادله ۱ محاسبه گردید:

$$Y = \frac{W_2}{W_1} \times 100 \quad (1)$$

که در این فرمول، W_2 ، جرم محصول نهایی و W_1 ، جرم کل ماده جامد خوراک هستند.

اندازه‌گیری رطوبت: محتوای رطوبت نمونه‌ها توسط روش وزن‌سنجی حرارتی تعیین گردید. در این روش، ۲ گرم پودر در یک پتری دیش به مدت ۳ ساعت در یک آون در دمای (2 ± 105) درجه سانتی‌گراد قرار داده شد، در نهایت از آون خارج و در دسیکاتور خنک و سپس وزن گردید. مقدار رطوبت از طریق معادله ۲ محاسبه گردید:

$$M = \frac{W_2 - W_3}{W_2 - W_1} \quad (2)$$

که در این معادله؛ M : درصد رطوبت، W_1 : وزن ظرف

بنابراین اندازه‌گیری رنگ یک شاخص کیفی مهم می‌باشد، چرا که منعکس‌کننده جذابیت ظاهری و کیفیت پودرهای تولید شده در طی فراوری خشک کردن پاششی است. ارزیابی رنگ با استفاده از دستگاه هانتربل با اندازه‌گیری L^* یا مولفه روشنایی یا شفافیت که محدوده آن از ۰ (سیاه) تا ۱۰۰ (سفید) می‌باشد؛ همچنین پارامتر a^* که نشان‌دهنده سبزی (-) تا قرمزی (+) و b^* که نشان‌دهنده آبی (-) تا زردی (+) می‌باشد، صورت گرفت (۲۷).

شاخص‌های Hue و Chroma طبق فرمول‌های ۳ و ۴ محاسبه شدند:

$$\text{Hue} = \tan^{-1}(b^*/a^*) \quad (3)$$

$$\text{Chroma} = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (4)$$

زاویه رنگ‌مایه بیانگر درجه یا طیف رنگ در محدوده ۰-۳۶۰ درجه و شاخص Chroma نشان‌دهنده شدت رنگ (اشباعیت) می‌باشد. عدد صفر بیانگر محور a^* (رنگ قرمز) و چرخش در خلاف جهت عقربه‌های ساعت به میزان 90° ، 180° و 270° به ترتیب نشان‌دهنده محورهای b^* (رنگ زرد)، $-a^*$ (رنگ سبز) و $-b^*$ (رنگ آبی) می‌باشد.

آنالیز آماری

در پژوهش حاضر دو فاکتور عددی دمای هوای فرایند و غلظت صمغ عربی (هر فاکتور در سه سطح) با کاربرد طرح فاکتوریل کامل و در سه تکرار مورد مطالعه قرار گرفت و اثرات خطی و متقابل فاکتورها با کاربرد آنالیز واریانس و استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۳ مورد ارزیابی قرار گرفتند. همچنین اثر دما و غلظت صمغ عربی بر ویژگی‌های مورد اندازه‌گیری با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن جهت بررسی معنی‌دار بودن داده‌ها در ($P < 0.05$) بررسی شد.

در ۳۸۵ rpm به مدت ۵ دقیقه اضافه گردید. سپس محلول به داخل دو لوله فالکن ۵۰ میلی‌لیتری منتقل و محلول حاصل در $3000 \times g$ برای ۴ دقیقه سانتریفوژ شد. حجم ۲۵ml از محلول فوقانی جدا و به یک پتری دیش که از قبل وزن گردیده منتقل و در آن ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ ساعت خشک گردید. اختلاف وزن ماده خشک ظرف به نسبت پودر اولیه برحسب درصد جهت تعیین انحلال‌پذیری در آب به کار رفت (۱۰).

اندازه‌گیری قابلیت جذب رطوبت پودر^۲ : جاذب رطوبت بودن توانایی یک ماده برای جذب رطوبت از محیط اطراف است؛ که یک ویژگی مهم در فرایند مواد غذایی با توجه به تاثیر آن در ثبات مواد غذایی است. برای اندازه‌گیری این شاخص، مقدار ۵ گرم پودر بدست آمده از خشک‌کن پاششی در داخل پلیت توزین و به مدت ۷ روز در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۰ درصد در یک دسیکاتور با محلول اشباع کلرید سدیم نگهداری گردید. قابلیت جذب رطوبت پودر بر حسب درصد رطوبت (گرم آب) جذب شده توسط ۱۰۰ گرم پودر نگهداری شده در شرایط فوق بیان شد (۹).

اندازه‌گیری زمان‌پذیری^۳: بدین منظور، ۰/۱ گرم پودر به سطح ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر (در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد) بدون ایجاد لرزش، پاشیده شد. مدت زمانی که طول کشید تا تمامی ذرات پودر در آب فرو رفته و با آب آغشته شوند به عنوان زمان‌پذیری ثبت گردید.

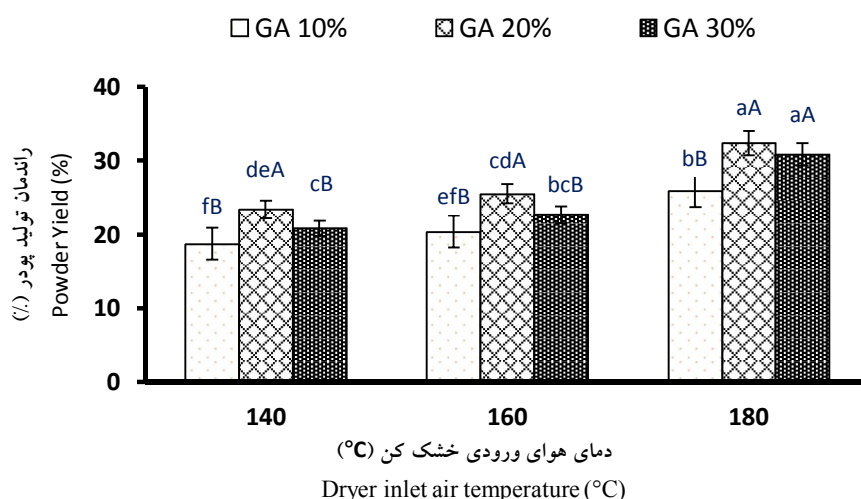
ارزیابی رنگ: دمای بالا و زمان طولانی خشک کردن به طور معنی‌داری کیفیت مواد خشک شده را تحت تأثیر قرار می‌دهد که از جمله ویژگی‌های کیفی می‌توان تغییرات در رنگ پودر تولیدی را نام برد؛

1. Hygroscopicity
2. Wettability time

نتایج و بحث

بررسی راندمان تولید پودر: راندمان فرایند از طریق تعیین نسبت مقدار پودر به دست آمده و مقدار خوراک ورودی به خشک کن محاسبه شد. راندمان کمتر ناشی از چسبیدن ذرات به یکدیگر و به دیواره‌های خشک کن و کشیده شدن محصول به داخل جریان خلأ بود. نتایج اندازه‌گیری راندمان پودر در شکل ۱ نشان داده شده است. در پژوهش حاضر، بازده تولید پودر عصاره نعناع‌فلفلی در محدوده ۱۸ درصد الی ۳۲ درصد بود ($P < 0.05$). افزایش بازده تولید پودرهای به دست آمده با صمغ عربی از دمای ۱۶۰ به ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد مشخص‌تر از افزایش دما از ۱۴۰ به ۱۶۰ بود. در خصوص افزایش غلظت حامل نیز با افزایش غلظت صمغ عربی از ۱۰ درصد به ۲۰ درصد، راندمان تولید پودر افزایش یافت و با افزایش غلظت حامل از ۲۰٪ به ۳۰٪، راندمان کاهش یافت؛ که این امر نشان می‌دهد که شرایط مناسب

برای دسترسی به راندمان بالاتر برای تولید پودر، دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد و غلظت حامل ۲۰ درصد می‌باشد. افزایش دمای ورودی خشک کن منجر به بازده تولید بالاتر شد که احتمالاً می‌توان به افزایش ضریب (تأثیر یا کارایی) انتقال هم‌زمان جرم و انرژی و کاهش احتمال برخورد ذرات نیمه مرطوب که به اندازه کافی خشک نشده‌اند؛ به دیواره محفظه خشک کن و کاهش احتمال چسبیدن این ذرات نیمه خشک به یکدیگر و به دیواره و در نهایت تشکیل رسوب بر آن نسبت داد (۸، ۳۳). همچنین با افزایش غلظت صمغ عربی از ۲۰٪ به ۳۰٪، میزان تولید و بازیابی پودر حاصل کاهش یافت؛ که علت آن را می‌توان به افزایش ویسکوزیته مخلوط و در نتیجه کاهش بازده فرایند نسبت داد. که این نتیجه مطابق با یافته‌های تونون و همکاران (۲۰۰۸) بود (۳۳).

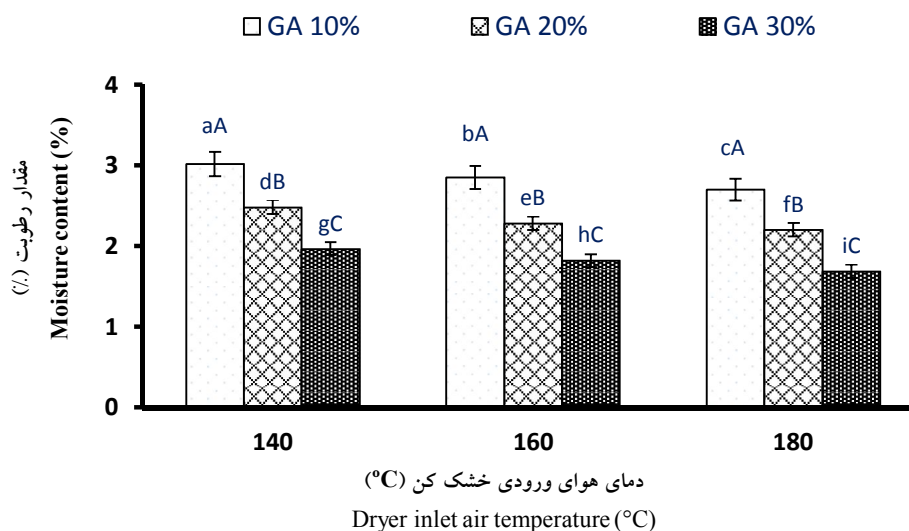


شکل ۱- تغییرات راندمان پودرها تحت تأثیر دما و غلظت صمغ عربی. داده‌های شکل میانگین سه تکرار و بازه‌های خطا معرف انحراف معیار است. حروف لاتین غیر مشابه بزرگ (برای غلظت صمغ عربی) و کوچک (برای دما) نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار ($p < 0.05$) بین میانگین‌ها است.

Figure 1. Effect of air temperature and AG concentration on powder yield. Data are mean of triplicate measurements. Error bars indicate SD values. Different capital and small letters show significant ($p < 0.05$) differences for AG concentration and temperature, respectively.

کاهش سرعت انتقال گرما و سرعت تبخیر آب می‌شود (۳۴). مطابق شکل ۲، محتوای رطوبت پودرهای تولیدی، در اثر افزایش دمای هوای ورودی کاهش یافت. البته با توجه به نمودار مذکور، تأثیر غلظت حامل بر میزان رطوبت بیشتر از تأثیر دمای هوای ورودی فرآیند بود. به عبارت دیگر پودر تولید شده در دمای هوای ورودی پایین و غلظت کم حامل، بیشترین میزان رطوبت را داشت. این یافته مطابق با نتیجه حاصل از خشک‌کردن پاششی روغن قهوه بود که با افزایش دمای هوای ورودی محتوای رطوبت کاهش یافت (۱۷). محتوای رطوبت پودر در محدوده ۱/۶۸٪ الی ۳/۰۱٪ بود. با افزودن صمغ عربی، محتوای مواد جامد کل افزایش و مقادیر آب آزاد برای تبخیر کاهش یافت. بنابراین منجر به کاهش رطوبت پودرهای تولیدی گردید (۲۰، ۲۲ و ۲۵).

بررسی رطوبت پودرها: بر اساس جدول آنالیز واریانس داده‌ها، اثر دمای هوای ورودی و غلظت حامل و اثر متقابل دما و غلظت بر مقدار رطوبت پودرهای حاصل معنی‌دار بود ($P < 0.05$). در سیستم خشک‌کن پاششی، مقدار آب خوراک بر رطوبت نهایی پودر تولید شده تأثیرگذار است. افزودن حامل به خوراک قبل از خشک‌کردن پاششی، مقدار ماده جامد کل را افزایش و مقدار آب برای تبخیر را کاهش می‌دهد؛ بنابراین پودری با مقدار رطوبت کمتر تولید می‌شود. این به این معنی است که پودرهایی با رطوبت کمتر از طریق افزایش مقدار حامل، تولید می‌شوند (۲۷). همچنین براساس مطالعات تونون و همکاران (۲۰۰۸) میزان رطوبت به طور معنی‌داری تحت تأثیر دمای هوای ورودی و دبی خوراک می‌باشد و با افزایش دبی خوراک زمان تماس بین خوراک و هوای خشک کاهش می‌یابد؛ که منجر به

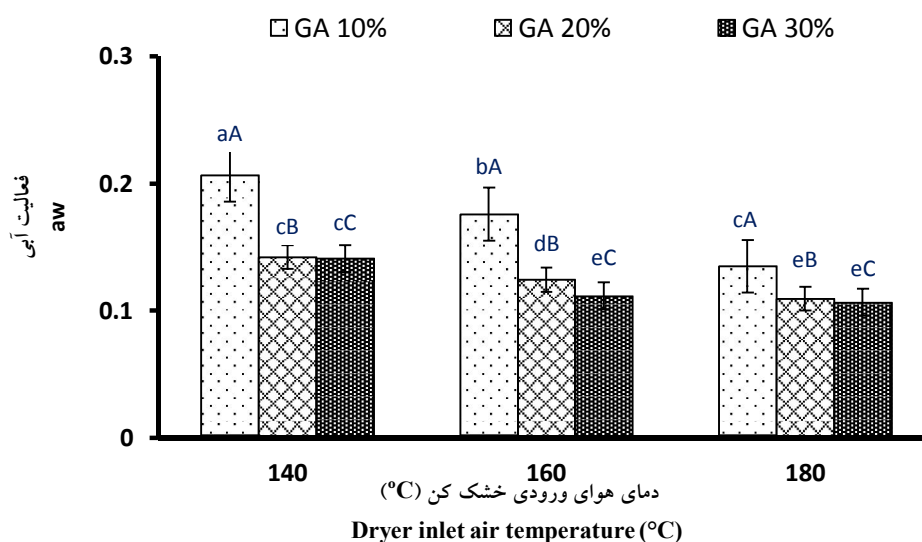


شکل ۲- اثر دما و غلظت صمغ عربی بر تغییرات محتوای رطوبت پودرها. داده‌های شکل میانگین سه تکرار و بازه‌های خطا معرف انحراف معیار است. حروف لاتین غیر مشابه بزرگ (برای غلظت صمغ عربی) و کوچک (برای دما) نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است. ($p < 0.05$)

Figure 2. Effect of air temperature and AG concentration on powder moisture content. Data are mean of triplicate measurements. Error bars indicate SD values. Different capital and small letters show significant ($p < 0.05$) differences for AG concentration and temperature, respectively.

ذرات تبخیر می‌گردد؛ که به دلیل خروج بیشتر رطوبت پودرها و کاهش مقدار آب آزاد، از فعالیت آبی پودرها کاسته شد. در غلظت های بالاتر صمغ عربی بدلیل حفظ و نگهداری آب بیشتر توسط صمغ عربی از میزان آب آزاد در دسترس برای تبخیر کاسته شده لذا پودرهای حاصل هم رطوبت و فعالیت آب کمتری نشان دادند (شکل ۳). نتایج مشابهی نیز در تحقیقات دیگر ارسوس و یوردازل (2007) و خا و همکاران (2010)، به ترتیب بر روی پودرهای هویج سیاه و عصاره گاک مشاهده گردید (۱۵ و ۲۲).

بررسی فعالیت آبی پودرها: مقدار فعالیت آبی در پودرهای خشک شده عصاره نعناع فلفلی در محدوده ۰/۱۰ تا ۰/۲۰ بود؛ این بدین معنی است که پودرهای خشک شده پاششی از نظر میکروبیولوژیکی پایدار بودند. همچنین بر اساس آنالیز واریانس انجام گرفته، تأثیر معنی داری ($P < 0.05$) متقابل دما و غلظت صمغ عربی بر فعالیت آبی پودرها بیشتر از اثر دما و نیز اثر غلظت صمغ به تنهایی بود. تأثیر متغیرهای فرایند بر فعالیت آبی نمونه‌ها متناسب با مقدار رطوبت آنها بود. با افزایش دمای هوای ورودی، سرعت انتقال جرم و حرارت در ذرات بیشتر و در نتیجه رطوبت بیشتری از



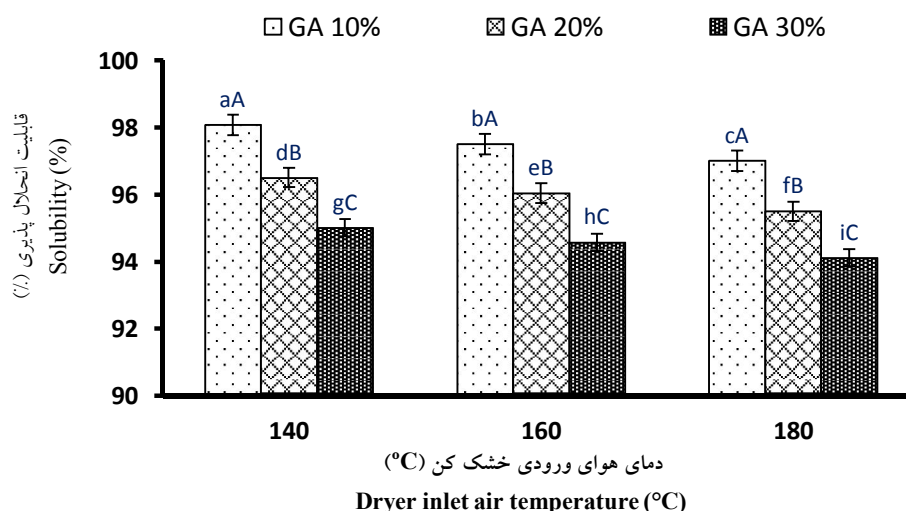
شکل ۳- اثر دما و غلظت صمغ عربی بر تغییرات فعالیت آبی پودرها. داده‌های شکل میانگین سه تکرار و بازه‌های خطا معرف انحراف معیار است. حروف لاتین غیر مشابه بزرگ (برای غلظت صمغ عربی) و کوچک (برای دما) نشان‌دهنده اختلاف معنی دار ($p < 0.05$) بین میانگین‌ها است.

Figure 3. Effect of air temperature and AG concentration on powder water activity (a_w). Data are mean of triplicate measurements. Error bars indicate SD values. Different capital and small letters show significant ($p < 0.05$) differences for AG concentration and temperature, respectively.

همچنین تشکیل یک لایه سخت بر سطح ذرات و مانعت از نفوذ مولکول‌های آب به درون ذرات و کاهش قابلیت خیس پذیری در نتیجه افزایش درجه حرارت هوای ورودی، می‌تواند از علل این روند باشد (۲۷). کانوچائوکا و همکاران (2005) نیز گزارش

بررسی قابلیت انحلال‌پذیری پودر: اثر دمای هوای ورودی و غلظت ماده حامل بر قابلیت انحلال‌پذیری پودرهای حاصل معنی‌دار بود ($P < 0.05$). همان‌گونه که در شکل ۴ ملاحظه می‌شود، با افزایش درجه حرارت هوای ورودی، حالیت پودرهای عصاره نعناع فلفلی میکروکپسوله شده با صمغ عربی کاهش یافت.

نمودند که با افزایش غلظت کمک خشک‌کن، حالیت پودرهای انبه خشک شده کمتر می‌شود (۱۰).



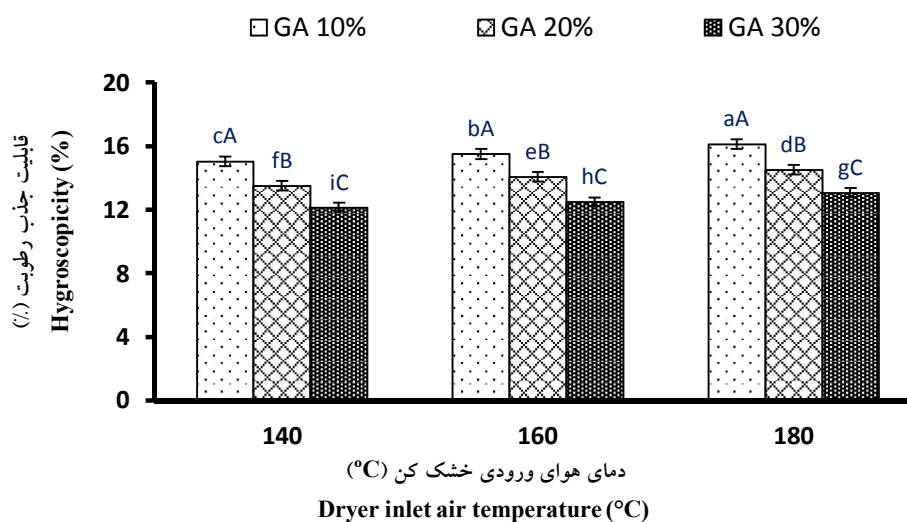
شکل ۴- اثر دما و غلظت صمغ عربی بر قابلیت انحلال پذیری پودرها. داده‌های شکل میانگین سه تکرار و بازه‌های خطا معرف انحراف معیار است. حروف لاتین غیر مشابه بزرگ (برای غلظت صمغ عربی) و کوچک (برای دما) نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار ($p < 0.05$) بین میانگین‌ها است.

Figure 4. Effect of air temperature and AG concentration on powder solubility. Data are mean of triplicate measurements. Error bars indicate SD values. Different capital and small letters show significant ($p < 0.05$) differences for AG concentration and temperature, respectively.

بین ماده و محیط اطراف، قابلیت جذب رطوبت پودرها افزایش یافت. همچنین ممکن است با افزایش دما ذرات کوچکتر تشکیل شود و باعث افزایش سطح در معرض قرار گرفته ذرات در برابر محیط شود. این یافته‌ها مطابق یافته‌های بازاریا و کومار (۲۰۱۶)، سانتالاکشمی و همکاران (۲۰۱۵)، رودریگز هرناندز و همکاران (۲۰۰۵) که اثر دما و حامل، همچنین بوساری و همکاران (۲۰۱۴) و تونون و همکاران (۲۰۱۰) که اثر حامل را به ترتیب بر قابلیت جذب رطوبت پودرهای آب چغندر قند، آب میوه جامون^۴، کاکتوس، پالپ تمبر هندی و آب میوه آکایی^۵ بررسی کردند، می‌باشد (۵، ۷، ۲۸، ۳۰ و ۳۴).

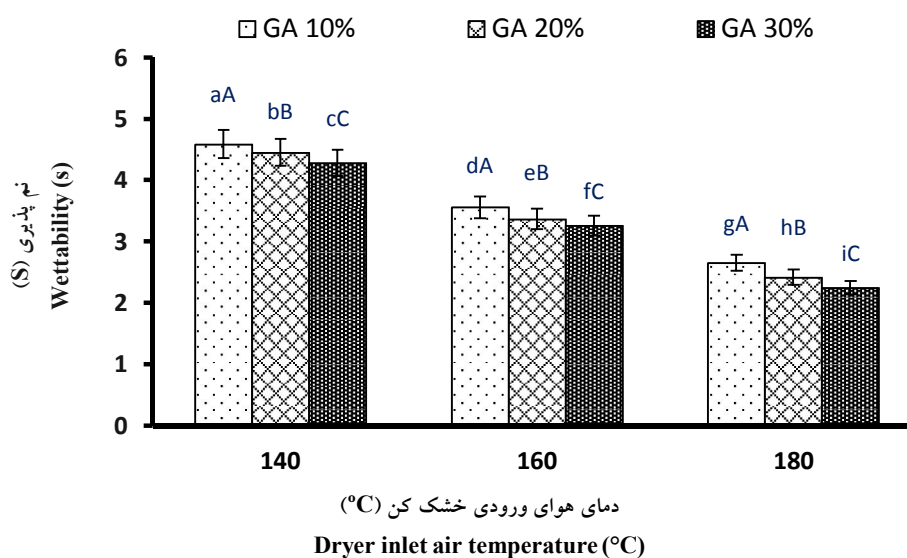
بررسی قابلیت جذب رطوبت پودر: نتایج اندازه‌گیری قابلیت جذب رطوبت توسط پودرهای تولیدی در شکل ۵ آمده است. جذب رطوبت پودرهای حاصل در محدوده بین ۱۲ تا ۱۶ گرم آب جذب شده به‌ازاء ۱۰۰ گرم نمونه بود. آنالیز واریانس پودرهای عصاره نعناع فلفلی حاکی از تأثیر معنی‌دار افزایش نسبت حامل و دمای هوای ورودی بر مقادیر جذب رطوبت نمونه‌ها بود ($P < 0.05$). اهمیت شاخص جذب رطوبت برای نمونه با محتوای رطوبت اولیه کم، بیشتر است. این رابطه می‌تواند به دلیل ظرفیت جذب رطوبت از محیط با توجه به شیب غلظت آب بین محصول و هوای اطراف باشد (۳۴). با توجه به نتایج به دست آمده با افزایش دمای هوای ورودی خشک‌کن به دلیل افزایش اختلاف رطوبت

1. Jamun
2. Açai



شکل ۵- اثر دما و غلظت صمغ عربی بر قابلیت جذب رطوبت پودرها. داده‌های شکل میانگین سه تکرار و بازه‌های خطا معرف انحراف معیار است. حروف لاتین غیر مشابه بزرگ (برای غلظت صمغ عربی) و کوچک (برای دما) نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار ($p < 0.05$) بین میانگین‌ها است.

Figure 4. Effect of air temperature and AG concentration on powder hygroscopicity. Data are mean of triplicate measurements. Error bars indicate SD values. Different capital and small letters show significant ($p < 0.05$) differences for AG concentration and temperature, respectively.



شکل ۶- اثر دما و غلظت صمغ عربی بر قابلیت نم پذیری پودرها. داده‌های شکل میانگین سه تکرار و بازه‌های خطا معرف انحراف معیار است. حروف لاتین غیر مشابه بزرگ (برای غلظت صمغ عربی) و کوچک (برای دما) نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار ($p < 0.05$) بین میانگین‌ها است.

Figure 4. Effect of air temperature and AG concentration on powder wettability. Data are mean of triplicate measurements. Error bars indicate SD values. Different capital and small letters show significant ($p < 0.05$) differences for AG concentration and temperature, respectively.

جدول ۱ - تغییرات پارامترهای رنگی (L^* , a^* , b^* , Chroma, Hue) تحت تأثیر دماهای ورودی و غلظت‌های مختلف صمغ عربی.

Table 1. Variation of color parameters (L^* , a^* , b^* , Chroma, and Hue) influenced by inlet air temperature and different concentrations of Arabic gum (AG).

Hue	Chroma	b^*	a^*	L^*	غلظت صمغ عربی (%)	دما (°C)
68.61 ^{hC}	33.84 ^{cC}	33.64 ^{aA}	12.60 ^{aA}	35.53 ^{cA}	10	140
70.92 ^{fB}	34.64 ^{bB}	32.78 ^{cdB}	11.07 ^{cdB}	33.99 ^{fB}	20	
72.90 ^{eA}	35.75 ^{aA}	32.13 ^{dB}	9.92 ^{eC}	29.73 ^{iC}	30	
70.22 ^{gB}	32.85 ^{dB}	32.25 ^{bA}	12.10 ^{bA}	36.95 ^{bA}	10	160
71.09 ^{eB}	34.54 ^{bcA}	32.60 ^{cdA}	11.01 ^{cdB}	34.71 ^{eB}	20	
73.38 ^{bA}	34.70 ^{bA}	31.03 ^{eB}	9.55 ^{fC}	30.27 ^{hC}	30	
70.31 ^{gC}	32.46 ^{dB}	32.95 ^{cA}	11.34 ^{cA}	37.20 ^{aA}	10	180
72.03 ^{dB}	33.96 ^{cB}	32.16 ^{dA}	10.69 ^{dB}	35.16 ^{dB}	20	
74.43 ^{aA}	34.69 ^{bA}	30.93 ^{efB}	9.09 ^{gC}	32.07 ^{gC}	30	

داده‌های جدول میانگین سه تکرار هستند. حروف لاتین غیر مشابه بزرگ (برای غلظت صمغ عربی) و کوچک (برای دما) نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار ($p < 0.05$) بین میانگین‌ها است.

Data are mean of triplicate measurements. Different capital and small letters correspond to significant ($p < 0.05$) differences for AG concentration and temperature, respectively.

افزایش حامل باعث افزایش ویسکوزیته خوراک ورودی به خشک‌کن می‌شود، به همین دلیل اندازه ذرات افزایش می‌یابد و متعاقب آن نفوذ رطوبت به ساختار پودرها افزایش می‌یابد (۱۹).

بررسی شاخص‌های رنگی پودر: نتایج تغییرات شاخص‌های رنگی (L^* , a^* , b^* , Chroma و Hue) تحت تأثیر دماهای ورودی و غلظت‌های مختلف صمغ عربی در جدول ۱ آمده است. همان‌گونه که از جدول مشخص است، با افزایش دما و افزایش غلظت صمغ عربی بر مقدار عددی پارامترهای Chroma و Hue افزوده، ولی از مقادیر پارامترهای a^* و b^* کاسته شد. با افزایش غلظت ماده حامل، L^* کاهش و با افزایش دمای هوای ورودی خشک‌کن این شاخص افزایش یافت. افزایش شاخص L^* با افزایش دمای هوای ورودی به خشک‌کن احتمالاً مربوط به اکسیداسیون رنگدانه‌های حساس به حرارت مانند کلروفیل در نعناع است (۲۵). افزایش شاخص Hue نشان‌دهنده تغلیظ پیگمان‌های زرد و قرمز نمونه‌ها در اثر تبخیر آب در دمای بالا است. از طرف دیگر با افزایش دما، شاخص کرومای پودرها افزایش یافت.

بررسی زمان‌پذیری پودر: بر اساس جدول آنالیز واریانس داده‌ها، اثر دمای هوای ورودی و غلظت حامل و اثر متقابل دما و غلظت بر مقدار رطوبت پودرهای حاصل معنی‌دار بود ($P < 0.05$). همان‌گونه که در شکل ۶ مشاهده می‌شود، زمان‌پذیری پودرهای تولیدی، در اثر افزایش دمای هوای ورودی و افزایش غلظت حامل کاهش یافت؛ که این به معنی افزایش توانایی‌پذیری پودرها بود. هر چه اختلاف دما بین ذرات و محیط خشک کردن بیشتر باشد، سرعت انتقال حرارت در ذرات افزایش می‌یابد که در نتیجه نیروی محرکی برای حذف رطوبت ایجاد می‌شود. با افزایش دما طبق انتظار رطوبت کاهش یافته و پودرها خشک‌تر می‌شوند و در نتیجه زمان لازم برای نم‌پذیری کاهش و میزان آن افزایش می‌یابد. این یافته موافق با یافته‌های سانتالاکشمی و همکاران (2015) است که کاهش مدت زمان‌پذیری پودر آب میوه جامون را تحت تأثیر افزایش دمای هوای ورودی مشاهده کردند (۳۰). آنها علت این نتیجه را افزایش اندازه و فضاهای بین ذرات و متعاقب آن تسهیل نفوذ رطوبت به ساختار پودرها بیان کردند. همچنین

صمغ عربی از ۱۰ به ۲۰٪، راندمان تولید پودر افزایش ولی با افزایش غلظت حامل از ۲۰ به ۳۰٪، راندمان کاهش یافت؛ که این امر نشان می‌دهد که شرایط مناسب برای دسترسی به راندمان بالاتر برای تولید پودر، دمای 180°C و غلظت حامل ۲۰٪ می‌باشد. جذب رطوبت پودرها با افزایش دما، افزایش اما با افزایش غلظت صمغ عربی، کاهش یافت. محتوای رطوبت، فعالیت آبی، زمان نم‌پذیری به ترتیب در محدوده $1/68-3/01$ ، $0/20-0/10$ و $4/5-2/25$ ثانیه بود که با افزایش دما و افزایش غلظت صمغ عربی این مقادیر کاهش یافتند. این روند برای قابلیت انحلال‌پذیری پودرها نیز مشابه بود. نتایج اندازه‌گیری دستگاهی رنگ حاکی از این بود که با افزایش دما و افزایش غلظت صمغ عربی، شاخصه‌های کروما و Hue افزایش ولی a^* و b^* پودرها کاهش یافتند. برخلاف افزایش غلظت ماده حامل، افزایش دما باعث افزایش شاخص روشنی (L^*) پودرها گردید. در نهایت می‌توان نتیجه‌گیری کرد که فاکتورهای دمای هوای ورودی به خشک کن و غلظت ماده حامل در خشک کردن پاششی عصاره نعناع فلفلی بر خواص فیزیکی پودر حاصله تاثیر گذار می‌باشند که می‌توان با کنترل این فاکتورها نسبت به تولید محصول با خواص فیزیکی مطلوب اقدام نمود.

منابع

1. Adhikari, B., Howes, T., Bhandari, B.R., and Troung, V. 2004. Effect of addition of maltodextrin on drying kinetics and stickiness of sugar and acid-rich foods during convective drying: experiments and modelling. *Journal of Food Engineering* 62: 53-68.
2. Ahmad N., Fazal H., Ahmad I., and Abbasi B.H. 2012. Free radical scavenging (DPPH) potential in nine *Mentha* species. *Toxicol Ind Health* 28(1): 83-89.

این بدین معنی است که رنگ پودرها در دماهای بالاتر، تیره‌تر می‌گردد. یکی از دلایل، می‌تواند قهوه‌ای شدن غیرآزیمی پودرها در دماهای ورودی بالاتر باشد (۲۶، ۲۷ و ۲۸). همچنین در آزمون رنگ سنجی پودر آب هندوانه خشک شده به روش پاششی با افزایش دمای هوای ورودی رنگ پودرها تیره‌تر گردید، که در این رابطه قندهای موجود در نمونه، در واکنش قهوه‌ای و تیره شدن رنگ مؤثر بودند و میزان رنگ قرمز در نمونه‌ها کاهش یافت؛ که این امر به دلیل تخریب رنگدانه‌های لیکوپین و بتاکاروتن گزارش گردید (۲۷).

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش تأثیر نسبت‌های وزنی صمغ عربی (۱۰ تا ۳۰ درصد) به عنوان مواد حامل خشک کردن پاششی عصاره نعناع فلفلی و دماهای ورودی (۱۴۰ تا ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد) بر ویژگی‌های فیزیکی پودر حاصله مانند بازده تولید پودر، محتوای رطوبت، فعالیت آبی، انحلال‌پذیری، زمان نم‌پذیری و جاذب الرطوبه بودن و نیز شاخص‌های رنگی پودر مورد مطالعه قرار گرفت. بازده عملیات خشک کردن پاششی در محدوده ۱۸-۳۲٪ بود، با افزایش دمای هوای ورودی خشک کردن از ۱۶۰ به 180°C بازده تولید پودر افزایش یافت. همچنین با افزایش غلظت

3. Azimi, A.A., Delnavaz, H.B. and Mansour G.A. 2006. Antifungal effect of aqueous alcoholic and phenolic extracts of seed and leaves of *Sorghum bicolor* against *Fusarium solani* *Fusarium poa*. *Medicinal Plant*, 6(1): 26-32. (In Persian)
4. Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., and Idaomar, M. 2008. Biological effects of essential oils: a review. *Food Chem. Toxicol.* 46: 446-475.
5. Bazarria, B., and Kumar, P. 2016. Effect of whey protein concentrate as drying aid and drying parameters on physicochemical and functional properties of spray dried beetroot juice

- concentrate. Food Biosci. 14: 21-27.
6. 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 (pp. 113-157). Blackwell Publishing, UK.
 7. Bhusari, S.N., Muzaffar, K., and Kumar, P. 2014. Effect of carrier agents on physical and microstructural properties of spray dried tamarind pulp powder. Powder Technol., 266: 354-364.
 8. Cai, Y.Z., and Corke, H. 2000. Production and properties of spray dried Amaranthus betacyanin pigments. J. Food Sci., 65 (6): 1248-1252.
 9. Callahan, J.C., Cleary, G.W., Elefant, M., Kaplan, G., Kensler, T., and Nash, R.A. 1982. Equilibrium moisture content of pharmaceutical excipients. Drug. Dev. Ind. Pharm., 8: 355-369.
 10. Cano-Chauca, M., Stringheta, P.C., Ramos, A.M., and Cal-Vidal, J. 2005. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. Innov. Food Sci. Emerg. Technol. 6: 420-428.
 11. Carvalho C.O., Chagas A.C., Cotinguiba F., Furlan M., Brito L.G., Chaves F.C., Stephan M.P., Bizzo H.R., and Amarante A.F. 2012. The anthelmintic effect of plant extracts on *Haemonchus contortus* and *Strongyloides venezuelensis*. Vet. Parasitol. 183 (3-4): 260-268.
 12. Chidavaenzi, O.C., Buckton, G., and Koosha, F. 2001. The effect of co-spray drying with polyethylene glycol 4000 on the crystallinity and physical form of lactose. Int. J. Pharm., 216: 43-49.
 13. Chopda, C.A., and Barrett, D.M. 2001. Optimization of guava juice and powder production. J. Food Process. Preserv., 25 (6): 411-430.
 14. de Sousa A.A., Soares P.M., de Almeida A.N., Maia A.R., de Souza E.P., and Assreuy A.M. 2010. Antispasmodic effect of *Mentha piperita* essential oil on tracheal smooth muscle of rats. J. Ethnopharmacol., 130(2): 433-436.
 15. Ersus, S., and Yurdagel, U. 2007. Microencapsulation of anthocyanin pigments of black carrot (*Daucus carota* L.) by spray drier. J. Food Eng., 80: 805-812.
 16. European Pharmacopeia, European Directorate for the Quality of Medicines-Council of Europe, 6th ed.,(2008).
 17. Frascareli, E., Silva, V., Tonon, R., and Hubinger, M. 2012. Effect of process conditions on the microencapsulation of coffee oil by spray drying. Food Bioprod. Process., 90(3): 413-424.
 18. Gouin, S. 2004. Micro-encapsulation: Industrial appraisal of existing technologies and trends. Trends Food Sci. Tech. 15(7-8): 330-347.
 19. Goula, A.M., and Adamopoulos, K.G. 2010. A new technique for spray drying orange juice concentrate. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 11: 342-351.
 20. Grabowski, J.A., Truong, V.D, and Daubert, C.R. 2006. Nutritional and rheological characterization of spray dried sweet potato powder. LWT-Food Sci. Technol., 41: 206-216.
 21. Kanakdande, D., Bhosale, R., and Singhal, R.S. 2007. Stability of cuminoleoresin microencapsulated in different combination of gumarabic, maltodextrin and modified starch. Carbohydr. Polym., 67: 536-541.
 22. Kha, T.C., Nguyen, M.H., and Roach, P.D. 2010. Effect of spray drying conditions on the physicochemical and antioxidant properties of Gac (*Momordica cochinchinensis*) fruit aril powder. J. Food Eng. 98: 385-392.
 23. Krishnan, S., Bhosale, R., and Singhal, R.S. 2005. Microencapsulation of cardamom oleoresin: evaluation of blends of gum arabic, maltodextrin and a modified starch as wall materials. Carbohydr. Polym. 61: 95-102.
 24. Kumar, P., Mishra, S., Malik, A., and Satya, S. 2011. Insecticidal properties of *Mentha* species: a review. Ind. Crops Prod. 34: 802-817.
 25. Mishra, P., Mishra, S., and Mahanta, C.L. 2013. Effect of maltodextrin concentration and inlet temperature during spray drying on physicochemical and antioxidant properties of Amla (*Emblca officinalis*) juice powder. Food

- Biop. Process., 92(3): 252-258.
26. Nadeem, H.S., Torun, M., and Ozdemir, F. 2011. Spray drying of the mountain tea (*Sideritis strica*) water extract by using different hydrocolloid carriers. LWT-Food Sci. Tech., 44: 1626-1635.
 27. Quek, S.Y., Chok, N.K. and Swedlund, P. 2007. The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders. Chem. Eng. Process. 46: 386-392.
 28. Rodriguez-Hernandez, G.R., Gonzalez-Garcia, R., Grajales-Lagunes, A., Ruiz-Cabrera, M.A., and Abud-Archila, M. 2005. Spray-drying of cactus pear juice (*Opuntia streptacantha*): effect on the physicochemical properties of powder and reconstituted product. Drying Technol., 23(4): 955-973.
 29. Roustapour, O.R., Hosseinalipour, M., and Ghobadian, B. 2006. An experimental investigation of lime juice drying in a pilot plant spray dryer. Drying Technol., 24(2): 181-188
 30. Santhalakshmy, S., Bosco, S.J.D., Francis, S., and Sabeena, M. 2015. Effect of inlet temperature on physicochemical properties of spray-dried jamun fruit juice powder. Powder Technol., 274: 37-43.
 31. Shaikh, J., Bhosale, R., and Singhal, R.S. 2006. Microencapsulation of black pepper oleoresin. Food Chem. 94: 105-110.
 32. Sroka Z., Fecka I., and Cisowski W. 2005. Antiradical and anti-H₂O₂ properties of polyphenolic compounds from an aqueous peppermint extract. Z Naturforsch C 60(11-12): 826-832.
 33. Tonon, R.V., Barbet, C., and Hubinger, M.D. 2008. Influence of process conditions on the physicochemical properties of acid (*Euterpe oleraceae*) powder produced by spray drying. J. Food Eng., 88: 411-418.
 34. Tonon, V., Brabet, C., and Hubinger, M. (2010). Anthocyanin stability and antioxidant activity of spray-dried açai (*Euterpe oleracea* Mart.) juice produced with different carrier agents. Food Res. Int., 43(3): 907-914.
 35. Yadegarinia D., Gachkar L., Rezaei M.B., Taghizadeh M., Astaneh S.A., and Rasooli I. 2006. Biochemical activities of Iranian *Mentha piperita* L, and *Myrtus communis* L. essential oils. Phytochem. 67(12): 1249-1255.
 36. Adamiec J. and Kalembe D. 2004. Microencapsulation of peppermint oil during spray-drying. Int. Drying Sympos. B, (4): 1510-1517.
 37. Hosseinzadeh S., Hddad Khodaparast M.H., Bostan A. and Mohebbi M. 2016. Microencapsulation of Spearmint (*Mentha spicata*) oil using spray drying method. Iranian Food Sci. and Technol. Res. J., 12: 499-511. (in Persian)

Effect of different concentrations of Arabic gum and different drying temperatures on physical properties of spray dried peppermint extract powder

R. Nikjoo¹, S. H. Peighambardoust^{2*}, A. Olad Ghaffari³

¹MSc graduate, Department of Food Science, University of Tabriz, Tabriz, Iran

²Professor, Department of Food Science, University of Tabriz, Tabriz, Iran

³Academic staff member of Food Research Group, Food and Agriculture Research Department, Standard Research Institute, Karaj, Iran

Received: 2019/02/17; Accepted: 2019/07/27

Abstract

Background and objectives: Peppermint is an aromatic herbal plant in which its essential oil possesses many polyphenolic compounds with anti-bacterial, anti-fungal, antioxidant and free radicals scavenging properties. Microencapsulation by spray drying is one of the most effective methods which has increasingly being used in recent years. This process is regarded as an important industrial operation for physical coating of liquid or semi-liquid foods with a thin layer of protective layer to preserve them against any chemical spoilage, to increase powder productivity, to facilitate dry blending of powdered food with other ingredients and finally, to increase the shelf life of dried food. The objective of this study was to investigate different concentrations of carrier substance, Arabic gum (AG) and different inlet air temperatures on production yield of powder and different physical properties of spray dried peppermint powder.

Materials and methods: A co-current pilot scale spray drier with rotating atomizer was used. AG as a drying aid substance at concentrations of 10, 20 and 30% (w/w) was used. Inlet air with a temperature of 140, 160 and 180 °C was used at a co-current stream with feed material. In all experiments, atomizer rotational speed, raw material feeding rate, feed temperature, and air nozzle pressure were 18000 rpm, 25 ml/min, 30±1 °C and 4.2±0.1 bar, respectively. Moisture content, aw, production yield, solubility, hygroscopicity, wettability, and objective color parameters of spray dried powders were determined.

Results and discussion: Results showed that increasing inlet air temperature and AG concentration (up to 20%) led to an increase in production yield. However, concentrations more than 20% decreased production yield. Hygroscopicity of powders was increased with temperature, and decreased with increasing in concentrations of AG. Moisture content, aw, wettability, solubility were decreased with increasing in air temperature and AG concentrations. The results of objective color measurement revealed that increasing in air temperature and AG concentration led to an increase in L*; However, a*, b*, chroma and hue indices were decreased.

Conclusion: It was concluded that the inlet air temperature of 160 °C and Arabic gum concentration of 30% were the optimal parameters in spray drying of peppermint yeast extract.

Keywords: Spray drying, Physical properties, Microencapsulation, Arabic gum, Peppermint

* Corresponding author: peighambardoust@tabrizu.ac.ir

