# تأثیر فرایند خشک کردن پاششی بر خواص فیزیکی شیمیایی پودر نعناع فلفلی

راضیه نیک‌جو[۱]، سیدهادی پیغمبردوست[۲*]، عارف اولاد غفاری[۳]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز
۲- استاد تکنولوژی مواد غذایی، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز
۳- عضو هیات علمی گروه پژوهشی مواد غذایی، پژوهشکده غذایی و کشاورزی، پژوهشگاه استاندارد، کرج

**(تاریخ دریافت: ۹۷/۱۱/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۰/۱۷)**

## چکیده

نعناع فلفلی گیاهی بسیار معطر، خنک‌کننده، با طعم نافذ نعناع و منتول و دارای ترکیبات فنلی( فلاونوئیدها، تانن‌ها، آنتوسیانین‌ها) متعددی است که مهم‌ترین آنتی اکسیدان‌های طبیعی محسوب می‌شوند. فرایند ریزپوشانی، ماده درونی (فعال) را از شرایط محیطی نامطلوب مانند تأثیرات نور، رطوبت و اکسیژن حفظ کرده، مانعی بین مواد زیست فعال حساس و محیط بیرونی فراهم می‌آورد. هدف از این پژوهش، تولید پودر عصاره نعناع فلفلی با استفاده از خشک‌کن پاششی با کاربرد مالتودکسترین با معادل دکستروز ۱۸ الی ۲۰ به عنوان ماده حامل، به منظور بررسی اثر شرایط مختلف خشک کردن (دمای هوای ورودی ۱۴۰، ۱۶۰ و ۱۸۰ درجه سلسیوس و غلظت ماده حامل ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد (وزنی-وزنی عصاره) بر خواص فیزیکی شیمیایی و کیفیت پودر حاصل بود. نتایج نشان داد که با افزایش دما و غلظت مالتودکسترین بازده تولید، حلالیت پودر و شاخصه‌های رنگی *L و Hue پودر افزایش یافت. درحالی‌که رطوبت، فعالیت آبی، قابلیت جذب رطوبت، نم‌پذیری و شاخصه های chroma، *a و *b کاهش یافت. نتیجه‌گیری کلی حاکی از آن بود که دمای ورودی ۱۶۰ درجه سلسیوس و غلظت ماده حامل ۲۰٪ به عنوان شرایط بهینه فرایند خشک کردن پاششی عصاره نعناع فلفلی در خشک‌کن پاششی می‌باشد.

**کلید واژگان**: خشک کردن پاششی، خواص فیزیکی شیمیایی، ریزپوشانی، مالتودکسترین، نعناع فلفلی.

*مسئول مکاتبات: peighambardoust@tabrizu.ac.ir



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-28 ]

[ DOI: 10.29252/fsct.16.95.9 ]

## ۱- مقدمه

نام جنس نعناع فلفلی (*Mentha piperita*) از کلمه یونانی Minthaو نام گونه piperita از واژه لاتین "peper" که اشاره به فلفل و طعم معطر و تند آن دارد، گرفته شده است [۱]. نعناع بومی کشور هند است و نعناع فلفلی در مرکز و جنوب اروپا، شمال و جنوب آمریکا، آسیا و تقریبا در سراسر جهان کشت می‌شود. ایالات متحده آمریکا بزرگترین تولیدکننده اسانس-های نعناع فلفلی است. ترکیبات زیست فعال این گیاه شامل فلاونوئیدها[1]، فیتول‌ها[2]، توکوفرول‌ها[3]، آزولن‌ها[4]، رزمارینیک اسید[5]، کاروتنوئیدها[6] و تانن‌ها[7] گزارش شده‌اند [۲-٤]. نعناع فلفلی در طب سنتی و پزشکی استفاده می‌شود و دلیل آن حضور مونوترپنوئیدها[8] در اسانس روغنی نعناع فلفلی و ترکیبات فنلی مختلف آن است. اسانس این گیاه به عنوان یک ماده ضدمیکروبی، ضد اسپاسم، ضد نفخ، ضد اسید، ضد ویروس و همچنین به عنوان آنتی اکسیدان طبیعی گزارش شده است [۵-۸]. ریزپوشانی فرایندی است که در آن ذرات ریز جامد، مایع وگاز توسط مواد خاصی پوشش داده می‌شوند. این فرایند با حفاظت مواد در برابر اکسیداسیون در طول مدت تولید و نگهداری از ایجاد عطر و طعم نامطلوب جلوگیری کرده و مانع از دست رفتن ارزش تغذیه‌ای و متابولیکی آنها می‌شود [۹]. کیفیت محصول نهایی و کارایی پودر در خشک‌کردن پاششی به شرایط عملیات مانند دمای هوای ورودی و خروجی، سرعت جریان ورودی، فشار یا سرعت اتمایزر، غلظت ماده ورودی و نسبت ماده ورودی به حامل بستگی دارد [۱۰-۱۲]. برخی مشکلات در خشک کردن عصاره‌های مواد غذایی و آبمیوه‌ها، به دلیل دمای انتقال شیشه‌ای پایین آنها (نظیر بالا بودن شکر و اسیدهای آلی) می‌باشد؛ که منجر به مشکلات چسبندگی می‌گردد. برای رفع و جلوگیری از این مشکلات و به دست آوردن پودری با ویژگی‌های قابل قبول، استفاده از حامل یا اصطلاحاً مواد کمک خشک‌کن پیشنهاد شده است [۱۱]. در این پژوهش از مالتودکسترین به عنوان ماده حامل استفاده شد. این ماده موجب افزایش دمای انتقال شیشه‌ای و در نتیجه کاهش چسبندگی پودر می‌گردد. با توجه به اینکه تاکنون مطالعه‌ای در زمینه ریزپوشانی عصاره نعناع فلفلی و حفظ ترکیبات زیست فعال آن با استفاده از مالتودکسترین انجام نشده است، تأثیر پارامترهای خشک کردن پاششی بر خواص عصاره نعناع فلفلی مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور پودر عصاره نعناع فلفلی از نظر بازده تولید پودر، محتوای رطوبت، فعالیت آبی، خواص انحلال‌پذیری، جذب رطوبت، نم‌پذیری و شاخص‌های رنگی ارزیابی گردید.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- مواد

برگ‌های نعناع فلفلی (*Mentha piperita*) از مناطق کوهپایه‌ای زاگرس واقع در استان ایلام تهیه شد و به‌مدت ۳ روز در سایه و در دمای اتاق خشک گردید. سپس توسط آسیاب چکشی خرد و از الک با مش ٤۰ (۰/٤ میلی‌متر) عبور داده شد و تا زمان انجام آزمایشات در دمای ۱۸- درجه سلسیوس نگهداری گردید. همچنین مالتودکسترین (با معادل دکستروز ۲۰-۱۸) شرکت پوران پودر سپاهان (اصفهان) جهت استفاده به عنوان حامل در فرایند خشک کردن پاششی تهیه شد.

### ۲-۲-آماده‌سازی عصاره نعناع فلفلی جهت خشک‌کردن پاششی

پودر نعناع فلفلی آسیاب شده با نسبت ۱ به ۱۰ با آب مقطر مخلوط گردید. سپس به مدت ۳۰ دقیقه در بن ماری با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به آرامی هم زده شد. سپس عصاره استخراج شده از کاغذ صافی واتمن ۱ عبور داده شد. عصاره تهیه شده به همراه مالتودکسترین در نسبت‌های۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد (وزنی/وزنی) توسط همزن مغناطیسی مخلوط شد و محلول همگنی به دست آمد که در نهایت به خشک‌کن پاششی منتقل گردید.

1. Flavonoids
2. Phytols
3. Tocopherols
4. Azulenes
5. Rosmarinic acid
6. Carotenoids
7. Tannins
8. Monoterpenoids



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-28 ]

[ DOI: 10.29252/fsct.16.95.9 ]

## ۲-۳-خشک کردن پاششی

در این تحقیق از خشک‌کن پاششی در مقیاس آزمایشگاهی (مهام صنعت، نیشابور، ایران) استفاده گردید. محفظه خشک‌کن به صورت استوانه‌ای با قسمت تحتانی مخروطی شکل با قطر قسمت استوانه‌ای ۱ متر و ارتفاع کل محفظه ۲ متر بود. دستگاه مجهز به یک پمپ تغذیه حجمی پریستالتیک با دبی تغذیه متغیر و ظرفیت حداکثر ۳ لیتر مایع در ساعت با فشار bar ۱ برای تغذیه خوراک 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 هم‌جهت با هوای داغ، اتمیزه شد. برای تولید پودر نعناع فلفلی، دماهای هوای ورودی ۱۴۰، ۱۶۰ و ۱۸۰ درجه سلسیوس تنظیم گردید. در همه آزمون‌ها، دور اتمایزر، سرعت جریان خوراک، دمای خوراک و فشار هوای نازل به ترتیب در ۱۸۰۰ دور بردقیقه، ۲۵ میلی‌لیتر بر دقیقه، ۳۰ درجه سلسیوس و ۴/۲ بار ثابت نگه داشته شد. دمای هوای خروجی به طور میانگین در ۸۰ درجه سلسیوس تنظیم شد. درنهایت پودرهای جمع شده در ظرف شیشه‌ای متصل به سیکلون، بلافاصله به ظروف تیره و درپوش‌دار منتقل و برای انجام آزمایش‌های مربوطه به آزمایشگاه منتقل شدند.

## ۲-۴-اندازه‌گیری راندمان تولید پودر

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

$$Y= w_2/ w_1\times100 \qquad (۱)$$

که در این فرمول Y، بازده تولید محصول (بر حسب درصد)، $w_2$، جرم محصول نهایی (بر حسب گرم) و $w_1$، جرم خوراک (بر حسب گرم) هستند.

## ۲-۵- اندازه‌گیری رطوبت

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 (۱۰۵±۲ °C) قرار داده شد و در نهایت مقدار رطوبت از طریق رابطه (۲) محاسبه گردید:

$$M\%= W_2-W_3/ W_2- W_1 \qquad (۲)$$

که در این فرمول M: درصد رطوبت، $W_1$: وزن ظرف خالی، $W_2$: مجموع وزن پودر و ظرف و $W_3$: مجموع وزن پودر خشک شده و ظرف بعد از آون‌گذاری است.

## ۲-۶- اندازه‌گیری فعالیت آبی

برای اندازه‌گیری فعالیت آبی پودر عصاره نعناع‌فلفلی، 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 ۰/۵°C± ۲۲ ثبت گردید.

## ۲-۷-اندازه‌گیری شاخص انحلال‌پذیری[1]

۱ گرم پودر به دقت به ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر تحت شرایط هم زدن با یک همزن مغناطیسی در rpm ۳۸۵ به مدت ۵ دقیقه اضافه گردید. سپس محلول به داخل دو لوله فالکن ۵۰ میلی‌لیتری منتقل و محلول حاصل در g×۳۰۰۰ برای ۴ دقیقه سانتریفوژ شد. حجم ۲۵ میلی‌لیتر از محلول فوقانی جدا و به یک پتری دیش که از قبل وزن گردیده منتقل و در آون ۱۰۵°C 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 [۱۳].

## ۲-۸-اندازه‌گیری میزان جذب رطوبت پودر[2]

مقدار جذب رطوبت با توزین ۵ گرم پودر در داخل پلیت و نگهداری به مدت ۷ روز در دمای ۲۵°C و رطوبت نسبی ۸۰ ٪ در یک دسیکاتور با محلول اشباع کلرید سدیم، تعیین گردید. میزان جذب رطوبت پودر به شکل مقدار رطوبت (گرم آب جذب شده توسط ۱۰۰ گرم پودر) مشخص شد [۱۴].

## ۲-۹-اندازه‌گیری زمان نم‌پذیری[3]

برای تعیین زمان نم پذیری پودر خشک شده به روش پاششی، مقدار ۰/۱ گرم پودر به سطح ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر (در دمای ۲۰ °C) بدون ایجاد لرزش، پاشیده شد. مدت زمانی که طول

1. Solubility
2. Hygroscopicity
3. Wetability



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-28 ]

[ DOI: 10.29252/fsct.16.95.9 ]

کشید تا تمامی ذرات پودر در آب فرو رفته و با آب آغشته شوند به عنوان زمان نم‌پذیری ثبت گردید [۱۵].

### ۲-۱۰-ارزیابی رنگ

ارزیابی رنگ با استفاده از دستگاه هانترلب 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 [۱۶].

زاویه Hue و شاخص Chroma طبق فرمول‌های (۳) و (٤) محاسبه شدند:

$$Hue = \tan^{-1}(b^*/a^*) \quad (۳)$$

$$Chroma = \sqrt{(a*)2 + (b*)2} \quad (٤)$$

زاویه Hue بیانگر درجه یا طیف رنگ در محدوده ۳٦۰-۰ و شاخص Chroma نشان‌دهنده شدت رنگ (اشباعیت) می‌باشد. عدد صفر بیانگر محور $+a^*$ (رنگ قرمز) و چرخش در خلاف جهت عقربه‌های ساعت به میزان °۹۰ ، °۱۸۰ و °۲۷۰ به ترتیب نشان‌دهنده محورهای $+b^*$ (رنگ زرد)، $-a^*$ (رنگ سبز) و $-b^*$ (رنگ آبی) می‌باشند.

### ۲-۱۱- تجزیه و تحلیل آماری

در این پژوهش دو فاکتور عددی دمای هوای ورودی به خشک کن پاششی (۱٤۰، ۱٦۰ و C۱۸۰ °) و غلظت مالتودکسترین (۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد) با کاربرد طرح فاکتوریل کامل و در سه تکرار مورد مطالعه قرار گرفت. 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 بر روی میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن (P< ۰/۰۵) مشخص گردید.

## ۳- نتایج و بحث

### ۳-۱-تغییرات راندمان تولید پودر

اثر دمای هوای ورودی خشک کن و غلظت مالتودکسترین بر راندمان تولید پودر عصاره نعناع فلفلی در شکل ۱ آمده است.

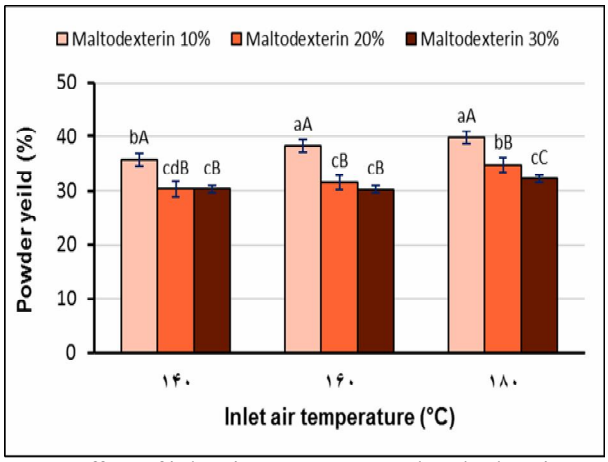


**Fig 1** Effect of inlet air temperature and maltodextrin concentration on spray dried powder yield. Data are mean of triplicate measurements. Error bars indicate SD values. Different capital letters (for maltodextrin) and small letters (for temperature) indicate significant ($p < 0.05$) differences between means.

راندمان فرایند خشک کردن پاششی از طریق تعیین نسبت مقدار پودر به دست آمده و مقدار خوراک ورودی به خشک‌کن محاسبه شد. راندمان کمتر ناشی از چسبیدن ذرات به یکدیگر و به دیواره‌های خشک‌کن و کشیده شدن محصول به داخل جریان خلاء بود. در پژوهش حاضر، بازده تولید پودر عصاره نعناع فلفلی در کل بین ۳۰ الی ٤۰ درصد بود. مطابق شکل ۱ با افزایش دما بازده تولید پودر به طور معنی دار ($p < 0.05$) افزایش یافت. افزایش بازده در نتیجه افزایش دما احتمالاً به دلیل افزایش ضریب یا کارایی انتقال هم زمان جرم و انرژی می‌باشد که احتمال برخورد ذرات نیمه مرطوب که به اندازه کافی خشک نشده‌اند، به دیواره محفظه خشک‌کن را کاهش می‌دهد. در نتیجه احتمال چسبیدن این ذرات به دیواره خشک‌کن کاهش و بازده تولید افزایش می‌یابد [۱۲و ۱٤]. همچنین با افزایش غلظت مالتودکسترین میزان تولید و بازیابی پودر حاصل کاهش یافت، هر چند که این کاهش در غلظت‌های بالای مالتودکسترین (بالاتر از ۲۰ درصد) معنی دار ($p < 0.05$) نبود. گزارش شده که که غلظت مالتودکسترین تأثیر منفی بر بازده محصول در خشک کن پاششی دارد که احتمالاً ویسکوزیته مخلوط موجب چسبندگی بیشتر پودر به دیواره خشک‌کن می‌گردد [۱۲].



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-28 ]
[ DOI: 10.29252/fsct.16.95.9 ]

## ۳-۲ تغییرات رطوبت پودرها در اثر فرایند خشک کردن پاششی

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 ($p < 0.05$). مطابق جدول ۱، محتوای رطوبت پودرهای تولیدی، در اثر افزایش دمای هوای ورودی کاهش یافت.

**Table 1** Effect of inlet air temperature and maltodextrin concentration on peppermint powder moisture content and $a_w$ values.

| Temperature (°C) | Maltodextrin concentration (%) | Moisture content (%) | $a_w$ |
|---|---|---|---|
| 140 | 10 | 3.13 aA | 0.229 aA |
| | 20 | 2.60 dB | 0.206 bB |
| | 30 | 2.12 gC | 0.201 bB |
| 160 | 10 | 2.97 bA | 0.205 bA |
| | 20 | 2.48 eB | 0.189 cB |
| | 30 | 1.93 hC | 0.169 dC |
| 180 | 10 | 2.85 cA | 0.185 cA |
| | 20 | 2.30 fB | 0.168 dB |
| | 30 | 1.75 iC | 0.164 dB |

Data are mean of triplicate measurements. Different capital letters (for maltodextrin) and small letters (for temperature) indicate significant ($p < 0.05$) differences between means.

البته تأثیر غلظت مالتودکسترین بر رطوبت پودرها بیشتر از تأثیر دمای هوای ورودی بود. به عبارت دیگر پودرهای تولید شده در دمای هوای ورودی پایین و غلظت کم مالتودکسترین، بیشترین رطوبت را داشتند. مقدار رطوبت پودر عصاره نعناع در محدوده ۱/۷۵ الی ۳/۱۳ درصد بود. با افزودن مالتودکسترین، مقدار مواد جامد کل افزایش و مقادیر آب آزاد برای تبخیر کاهش یافت. بنابراین منجر به کاهش رطوبت پودرهای تولیدی گردید [۱۷-۲۰]. این یافته مطابق با نتیجه حاصل از خشک‌کردن پاششی آب هندوانه است که در آن رطوبت پودرهای حاصل با افزایش مقدار مالتودکسترین کاهش یافت[۱۶]. همچنین گزارش شده است که در دماهای ورودی بالاتر در خشک کن پاششی، سرعت انتقال حرارت و به تبع آن تبخیر رطوبت بیشتر می‌گردد، در نتیجه پودر حاصله رطوبت کمتری خواهد داشت [۲۰، ۲۱]. همچنین کاهش رطوبت با افزایش دمای هوای ورودی در خشک‌کردن پاششی آب توت سیاه گزارش گردیده است [۲۲].

## ۳-۳- تغییرات فعالیت آبی پودرها در اثر فرایند خشک کردن پاششی

رطوبت و فعالیت آبی نقش مهمی در جابجایی، نگهداری و فرآوری همه انواع پودرهای غذایی دارند. همانگونه که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، فعالیت آبی پودرهای عصاره نعناع فلفلی بین ۰/۱۶ تا ۰/۲۳ است که به معنی پایداری میکروبیولوژیکی پودرهای خشک‌شده پاششی می باشد. با افزایش دمای هوای ورودی خشک کن، سرعت انتقال جرم و حرارت ذرات پاششی معلق در محفظه خشک کن بیشتر و در نتیجه مقدار رطوبت بیشتری از ذرات تبخیر می‌گردد. به‌دلیل خروج بیشتر رطوبت پودرها و کاهش مقدار آب آزاد، از فعالیت آبی پودرها کاسته شد. با افزایش غلظت مالتودکسترین نیز مقدار مواد جامد کل در محلول خوراک افزایش و مقدار آب آزاد کاهش می‌یابد. بنابراین غلظت‌های بالای مالتودکسترین منجر به کاهش معنی دار ($p < 0.05$) فعالیت آبی پودرهای تولیدی گردید [۱۷-۲۰]. این یافته مطابق با نتیجه حاصل از خشک‌کردن پاششی آب هندوانه است که در آن فعالیت آبی پودرهای حاصل با افزایش مقدار مالتودکسترین کاهش یافت[۱۶].

## ۳-٤- تغییرات شاخص انحلال‌پذیری[1] پودر

اثر دمای هوای ورودی و غلظت حامل بر درصد انحلال‌پذیری پودرهای حاصل معنی‌دار ($p < 0.05$) بود. در بیشتر مواد غذایی پودری، هدف انحلال سریع و کامل پودر در آب بدون تشکیل کلوخه، غوطه‌ور شدن و پراکنده شدن ذرات می‌باشد. همانگونه

1. Solubility



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-28 ]

[ DOI: 10.29252/fsct.16.95.9 ]

که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، با افزایش غلظت ماده حامل حلالیت به طور معنی‌داری ($p < 0.05$) افزایش یافت. این امر به دلیل حلالیت بالای مالتودکسترین است و نشان می‌دهد که افزودن ماده حامل در هر غلظتی، باعث بهبود قابل توجه شاخص حلالیت گردید.

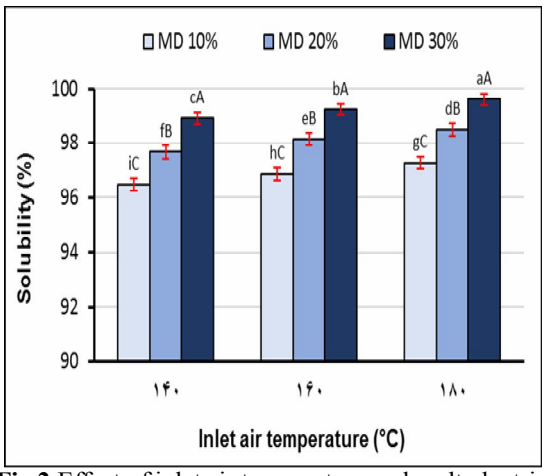


**Fig 2** Effect of inlet air temperature and maltodextrin (MD) concentration on powder solubility. Data are mean of triplicate measurements. Error bars indicate SD values. Different capital letters (for maltodextrin) and small letters (for temperature) indicate significant ($p<0.05$) differences between means.

محققان گزارش کردند که افزایش غلظت مالتودکسترین موجب افزایش حلالیت پودرهای خشک شده به روش پاششی می‌گردد که عمدتاً به دلیل ویژگی‌های فیزیکی مناسب و حلالیت بالای مالتودکسترین است که آن را برای استفاده در خشک کردن پاششی مناسب نموده است [۱۳، ۱۸، ۲۳]. همچنین با افزایش دمای هوای ورودی خشک کن درصد انحلال‌پذیری پودرهای حاصله افزایش یافت. این افزایش در غلظت‌های بالاتر مالتودکسترین بیشتر مشهود بود (شکل ۲). همچنین گزارش شده است که با افزایش درجه حرارت هوای خشک کن، اندازه ذرات افزایش یافته و این امر منجر به کاهش زمان لازم برای آبگیری مجدد می‌شود [۲٤].

## ۳-۵- تغییرات قابلیت جذب رطوبت[1] پودر

آنالیز واریانس پودرهای عصاره نعناع فلفلی حاکی از تأثیر معنی‌دار ($p < 0.05$) افزایش نسبت حامل و دمای هوای ورودی بر درصد جذب رطوبت نمونه‌هاست. با توجه به شکل ۳ با افزایش دمای ورودی خشک‌کن جذب رطوبت پودرها افزایش یافت. هرچه رطوبت و فعالیت آبی پودر کم باشد اختلاف رطوبت بین ماده و محیط اطراف بیشتر شده و در نتیجه میزان جذب رطوبت پودر از محیط افزایش می‌یابد. گزارش شده که میزان جذب رطوبت پودرهای خشک شده پاششی به طور معکوس با کاهش محتوای رطوبت آنها افزایش می‌یابد [۱۲، ۲۵]. از سوی دیگر، افزایش غلظت مالتودکسترین موجب کاهش معنی دار ($p < 0.05$) جذب رطوبت نمونه‌های تولیدی گردید. احتمالا مالتودکسترین با ایجاد لایه‌ای غیرچسبنده دور ذرات پودر، سبب کاهش جذب رطوبت آنها می‌شود. مالتودکسترین ماده حاملی مناسب برای خشک کردن پاششی عصاره‌های گیاهی است که خاصیت جذب رطوبت اندکی در پودر حاصله ارائه می‌کند [۱۹، ۲۶، ۲۷]. این نتایج حاکی از آن است که مالتودکسترین به‌عنوان یک ماده حامل مناسب در کاهش جاذب رطوبت بودن یا خاصیت هایگروسکوپیسیتی پودرها است.

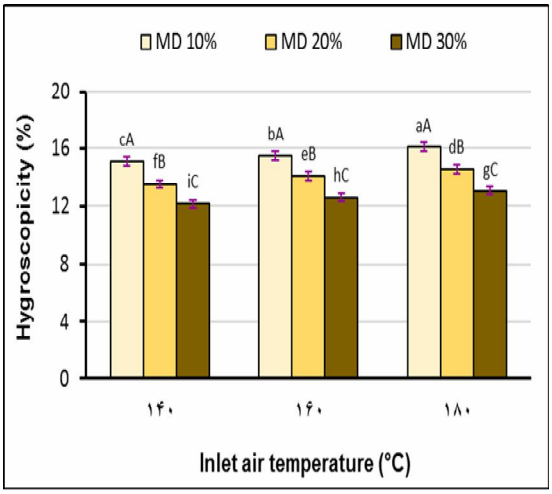


**Fig 3** Effect of inlet air temperature and maltodextrin (MD) concentration on powder hygroscopicity. Data are mean of triplicate measurements. Error bars indicate SD values. Different capital letters (for maltodextrin) and small letters (for temperature) indicate significant ($p<0.05$) differences between means.

1. Hygroscopicity



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-28 ]
[ DOI: 10.29252/fsct.16.95.9 ]

## ۳-۶- بررسی زمان نم‌پذیری[1] پودر

شکل ٤ نتایج اندازه‌گیری زمان نم‌پذیری پودرهای عصاره نعناع فلفلی متأثر از دمای هوای ورودی و غلظت مالتودکسترین را نشان می‌دهد. زمان نم‌پذیری توانایی ذرات پودر برای غلبه بر کشش سطحی موجود میان ذرات پودر و آب است. همانطور که ملاحظه می‌شود، با افزایش دما و غلظت مالتودکسترین، زمان نم‌پذیری پودرها کاهش یافت که این به معنی افزایش توانایی نم‌پذیری پودر در آب بود. بر اساس جدول آنالیز واریانس داده‌ها، اثر دمای هوای ورودی و غلظت حامل و اثر متقابل دما و غلظت بر زمان نم پذیری پودرهای حاصل معنی‌دار ($p < 0.05$) بود. البته تأثیر دمای هوای ورودی بر نم‌پذیری پودرها بیشتر از تأثیر غلظت مالتودکسترین بود. به عبارت دیگر پودرهای تولید شده در دمای هوای ورودی پایین و غلظت کم حامل، بیشترین زمان نم‌پذیری را نشان دادند. در حالت کلی مشخص شده که ذرات ریزتر به دلیل کشش سطحی بالا، توانایی نم‌پذیری ضعیفی دارند. قرار گرفتن ذرات در معرض دماهای بالاتر، سبب افزایش اندازه ذرات پودر می‌شود؛ چون از طریق افزایش دادن سرعت تبخیر در نمونه‌ها باعث تشکیل پوسته‌های محکم اطراف ذرات شده و از چروکیدگی ذرات پودر در طی خشک شدن پاششی جلوگیری می‌کند [۲۸-۳۰]. نتایج ما موافق با یافته‌های سانتالاکشمی و همکاران [۳۱] است که کاهش مدت زمان نم‌پذیری پودر آب میوه «جامون» را تحت تأثیر افزایش دمای هوای ورودی مشاهده کردند. آنها علت این نتیجه را افزایش اندازه و فضاهای بین ذرات و متعاقب آن تسهیل نفوذ رطوبت به ساختار پودرها بیان کردند. همچنین افزایش غلظت مالتودکسترین باعث افزایش ویسکوزیته خوراک ورودی به خشک‌کن می‌شود، به همین دلیل اندازه ذرات افزایش می‌یابد. بنابراین با افزایش دما و غلظت ماده حامل به دلیل افزایش اندازه ذرات و ایجاد منافذ بزرگ‌تر و همچنین تخلخل بالاتر، زمان نم‌پذیری کاهش می‌یابد [۲۳].

1. Wettability

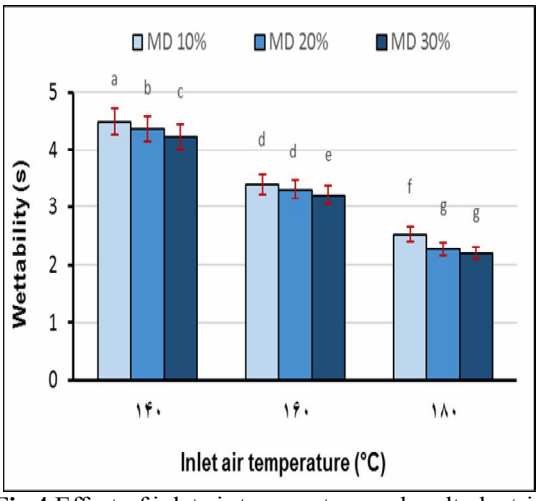


**Fig 4** Effect of inlet air temperature and maltodextrin (MD) concentration on powder wettability. Data are mean of triplicate measurements. Error bars indicate SD values. Different capital letters (for maltodextrin) and small letters (for temperature) indicate significant ($p<0.05$) differences between means.

## ۳-۷- بررسی شاخصه‌های رنگی پودر نعناع فلفلی

اندازه‌گیری رنگ یک شاخص کیفی مهم می‌باشد، چراکه منعکس‌کننده جذابیت ظاهری و کیفیت پودرهای تولید شده در طی خشک‌کردن پاششی است. نتایج ارزیابی شاخصه‌های رنگی پودر عصاره نعناع فلفلی در جدول ۲ آمده است. همانطور که ملاحظه می‌شود شاخص‌های L* و Hue به‌طور معنی‌داری ($p < 0.05$) تحت تأثیر هر دو عامل غلظت مالتودکسترین و دمای هوای ورودی قرار گرفت. به طور کلی، افزایش غلظت مالتودکسترین باعث افزایش مقادیر روشنی و Hue نمونه‌ها شد. در غلظت‌های بالای مالتودکسترین، افزایش دما از ۱٤۰ به ۱۸۰ درجه سلسیوس باعث افزایش پارامتر L* و Hue گردید. با افزایش دما و غلظت مالتودکسترین از مقادیر پارامترهای Chroma، b* و a* کاسته شد. فرآیند خشک کردن پاششی (با افزایش دما و سرعت خشک کردن پاششی) منجر به تولید ذراتی متخلخل و پف کرده نموده که خود به دلیل کاهش تراکم و کاهش فشردگی ذرات سبب ایجاد رنگ روشن و براق (درخشنده) در پودرها می‌شود. همچنین با افزایش غلظت حامل نیز رنگ نمونه ها به رنگ سفید مالتودکسترین متمایل گردید. این



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-28 ]
[ DOI: 10.29252/fsct.16.95.9 ]

نتیجه با یافته‌های دیگر پژوهشگران [۳۲] که در مورد خشک کردن پاششی کنستانتره گوآوا بررسی کردند، موافق است. افزایش روشنی ($L^*$)، کاهش کرومای پودر و نیز کاهش در مقادیر $a^*$ و $b^*$ (که نشان‌دهنده کاهش در قرمزی و زردی پودر نعناع‌فلفلی است) در نتیجه افزایش غلظت مالتودکسترین، به دلیل متمایل شدن به رنگ سفید مالتودکسترین و رقیق شدن عصاره از لحاظ مواد رنگی می‌باشد [۱۶، ۲۰ و ۳۳]. افزایش شاخص Hue نشان می‌دهد که افزایش دما سبب خروج بیشتر آب از نمونه‌ها می‌شود که این امر باعث تغلیظ پیگمان‌های درون نمونه‌ها خواهد شد [۱۹].

**Table 2** Effect of inlet air temperature and maltodextrin concentration on the color indices of peppermint powder

| Temperature (°C) | Maltodextrin concentration (%) | L* | a* | b* | Chroma | Hue |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 140 | 10 | 31.44 hC | 9.28 aA | 31.00 aA | 31.75 aA | 73.05 hC |
| | 20 | 35.66 fB | 6.00 dB | 29.76 cB | 30.25 bB | 78.30 eB |
| | 30 | 39.66 cA | 4.04 fC | 29.00 dB | 29.58 cC | 82.26 bA |
| 160 | 10 | 31.95 gC | 7.61 bA | 30.41 bA | 31.53 abA | 75.95 gC |
| | 20 | 36.09 eB | 5.72 deB | 29.48 cdA | 30.04 bcB | 79.55 dB |
| | 30 | 41.80 bA | 2.92 gC | 27.97 eB | 28.12 dC | 84.03 abA |
| 180 | 10 | 31.98 gC | 6.81 cA | 30.37 bA | 31.34 abA | 76.99 fC |
| | 20 | 37.46 dB | 4.80 eB | 29.40 cdA | 29.79 cB | 80.73 cB |
| | 30 | 42.34 aA | 2.73 gC | 27.94 eB | 28.07 dC | 84.42 aA |

Data are mean of triplicate measurements. Different capital letters (for maltodextrin) and small letters (for temperature) indicate significant ($p<0.05$) differences between means.

## ٤- نتیجه گیری

در این پژوهش تأثیر درصدهای مختلف مالتودکسترین به عنوان مواد حامل و دماهای ورودی ۱٤۰، ۱٦۰ و ۱۸۰ درجه سلسیوس بر ویژگی‌های پودر نعناع (بازده تولید پودر، رطوبت، فعالیت آبی، انحلال‌پذیری، زمان نم‌پذیری و جاذب الرطوبه بودن) و شاخص‌های رنگی پودر مورد مطالعه قرار گرفت. بازده تولید پودر در محدوده ۳۰-٤۰ درصد گزارش گردید. با افزایش دمای هوای ورودی به خشک کن، بازده تولید پودر و نیز قابلیت جذب رطوبت پودرها افزایش یافت. افزایش غلظت مالتودکسترین موجب کاهش بازده تولید پودر نعناع فلفلی و نیز قابلیت جذب رطوبت پودر شد. محتوای رطوبت، فعالیت آبی، زمان نم‌پذیری به ترتیب در محدوده ۳/۱۳-۱/۷۵، ۰/۲۳-۰/۱٦ و ۵-۲/۲ ثانیه بود و با افزایش دما و افزایش غلظت ماده حامل کاهش یافت. انحلال‌پذیری پودرها به طور مستقیم تحت تأثیر دمای هوای ورودی و غلظت ماده حامل بود و با افزایش دما و افزایش غلظت حامل، افزایش یافت. نتایج حاکی از این بود که با افزایش دما و افزایش غلظت مالتودکسترین، شاخص های روشنی و Hue افزایش ولی کروما، $a^*$، $b^*$ پودرها کاهش یافت. در این پژوهش دمای ۱٦۰ درجه سلسیوس و غلظت ۲۰ ٪ مالتودکسترین به عنوان شرایط بهینه خشک کردن پاششی معرفی گردید.

## ۵- منابع


[1] Tyler V.E., Brady L.R. & Robbers, J.E. (1988). *Pharmacognosy* (9th ed.). Lee & Febiger, Philadelphia, pp. 113-119.

[2] Bradley P.R. (ed.) (1992). British herbal compendium: a handbook of scientific information on widely used plant drugs, Vol 1. British Herbal Medicine Association, Bournemouth.

[3] Leung A.Y. & Foster S. (1996). Encyclopedia of common natural used in food, drug and cosmetics (2nd ed). Wiley, New York.

[4] Wichtl M. & Bisset N.D. (eds.) (1994). Herbal drugs and phytopharmaceuticals. Medpharm, Stuttgart.

[5] Katikova Olu, IaV K, Yagudina RI, Tishkin VS (2001). Effect of plant preparations on lipid peroxidation parameters in acute toxic hepatitis. Voprosy Meditsinskoĭ Khimii 47(6): 593–598.




[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-28 ]

[ DOI: 10.29252/fsct.16.95.9 ]

agglomeration. Journal of Food Engineering 75: 27-35.

[16] Quek S.Y., Chok N.K. & Swedlund P. (2007). The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders. Chemical Engineering and Processing 46: 386–392.

[17] Abadio F.D.B., Domingues A.M., Borges S.V. & Oliveira V.M. (2004). Physical properties of powdered pineapple (*Ananas comosus*) juice – effect of maltodextrin concentration and atomization speed. Journal of Food Engineering, 64: 285–287.

[18] Grabowski J.A., Truong V.D. & Daubert C.R. (2006). Nutritional and rheological characterization of spray dried sweet potato powder. LWT-Food Science and Technology 41: 206–216.

[19] Mishra P., Mishra S. & Mahanta C.L. (2013). Effect of maltodextrin concentration and inlet temperature during spray drying on physicochemical and antioxidant properties of Amla (*Emblica officinalis*) juice powder. Food and Bioproducts Processing 92(3): 252–258.

[20] Kha T.C., Nguyen M.H. & Roach P.D. (2010). Effect of spray drying conditions on the physicochemical and antioxidant properties of Gac (*Momordica cochinchinensis*) fruit aril powder. Journal of Food Engineering 98: 385–392.

[21] Goula A.M. & Adamopoulos K.G. (2004). Influence of spray drying conditions on residue accumulation-Simulation using CFD. Drying Technology 22(5): 1107-1128

[22] Fazaeli M., Emam-djomeh Z., Kalbasi A. & Omid M. (2012). Effect of spray drying conditions and feed composition on the physical properties of black mulberry juice powder. Food and Bioproducts Processing 90: 667-675.

[23] Goula A.M. & Adamopoulos K.G. (2010). A new technique for spray drying orange juice concentrate. Innovative Food Science and Emerging Technologies 11: 342–351.

[24] Walton D.E. (2000). The morphology of spray-dried particles, a qualitative view. Drying Technology, 18: 1943−1986.

[25] Goula A.M. & Adamopoulos K.G. (2005). Spray drying of tomato pulp in dehumidified air: Π. the effect on powder properties. Journal of Food Engineering*:* 66: 35-42.

[6] Dragland S., Senoo H., Wake K., Holte K. & Blomhoff R. (2003). Several culinary and medicinal herbs are important sources of dietary antioxidants. Journal of Nutrition 133(5): 1286–1290.

[7] Ka M.H., Choi E.H., Chun H.S. & Lee K.G. (2005). Antioxidative activity of volatile extracts isolated from *Angelica tenuissimae* roots, peppermint leaves, pine needles, and sweet flag leaves. Journal of Agricultural and Food Chemistry 53(10): 4124–4129.

[8] Lopez V., Martin S., Gomez-Serranillos M.P., Carretero M.E, Jager A.K. & Calvo M.I. (2010). Neuroprotective and neurochemical properties of mint extracts. Phytotherapy Research 24(6): 869-874.

[9] Shahidi F. & Han X.Q. (1993). Encapsulation of food ingredients. Critical Review in Food Science & Nutrition 33: 501-547.

[10] Goula A.M. & Adamopoulos K.G. (2008). Effect of maltodextrin addition during spray drying of tomato pulp in dehumidified air: I. Drying kinetics and product recovery. Drying Technology, 26: 714-725.

[11] Goula A.M. & Adamopoulos K.G. (2008). Effect of maltodextrin addition during spray drying of tomato pulp in dehumidified air: II. Powder properties. Drying Technology, 26: 726-737.

[12] Tonon R.V. Barbet C. & Hubinger M.D. (2008). Influence of process conditions on the physicochemical properties of acid (*Euterpe Oleraceae* Mart) powder produced by spray drying. Journal of Food Engineering 88: 411-418.

[13] Cano-Chauca M., Stringheta P.C., Ramos A.M. & Cal-Vidal J. (2005). Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. Innovative Food Science and Emerging Technologies 6: 420 – 428.

[14] Cai Y.Z. & Corke H. (2000). Production and properties of spray-dried *Amaranthus betacyanin* pigments. Journal of Food Science 65(7): 1248–1252.

[15] Fuchs M., Turchiuli C., Bohin M., Cuvelier M.E., Ordonnaud C., Peyrat-Maillard M.N. & Dumoulin E. (2006). Encapsulation of oil in powder using spray drying and fluidized bed



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-28 ]

[ DOI: 10.29252/fsct.16.95.9 ]

[26] Bhandari B.R. & Hartel R.W. (2005). Phase transitions during food powder production and powder stability. In C. Onwulata (ed.), Encapsulated and powdered foods. Taylor and Francis, New York. pp. 261-291.

[27] Moreira G.E.G., Costa M.G.M., Rodrigues-de Souza C.A., Brito-de S.E., Mediiros-de, D.F.D.M. & Azeredo-de, M.C.H. (2009). Physical properties of spray dried Acerola pomace extract as affected by temperature and drying aids. LWT-Food Science and Technology 42: 641–645.

[28] Schubert H. (1993). Instantization of powdered food products. International Chemical Engineering 33: 28–45.

[29] 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: 194-205.

[30] Knight P.C. (2001). Structuring agglomerated products for improved performance. Powder Technology 119: 14–25.

[31] Santhalakshmy S., Bosco S.J.D., Francis S. & Sabeena M. (2015). Effect of inlet temperature on physicochemical properties of spray-dried Jamun fruit juice powder. Powder Technology 274: 37-43.

[32] Chopda C.A. & Barrett D.M., (2001). Optimization of guava juice and powder production. Journal of Food Processing and Preservation 25 (6): 411–430.

[33] Rodriguez-Hernandez G.R., Gonzalez-Garcia R., Grajales-Lagunes A., Ruiz-Cabrera M.A., Abud-Archila M. (2005). Spray-drying of cactus pear juice (*Opuntia streptacantha*): effect on the physicochemical properties of powder and reconstituted product. Drying Technology 23(4): 955–973.



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-28 ]

[ DOI: 10.29252/fsct.16.95.9 ]

# Effect of spray drying on physicochemical characteristics and quality of peppermint powder

**Nikjoo, R. [1], Peighambardoust, S. H. [2*], Olad Ghaffari, A. [3]**

1. MSc graduated, Department of Food Science, College of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
2. Professor of Food Technology, Department of Food Science, College of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
3. Academic staff member of Food Research Group, Food and Agriculture Research Department, Standard Research Institute, Karaj, Iran

**(Received: 2019/02/11 Accepted:2020/01/07)**

Peppermint is a very aromatic herbal plant with mouth cooling effect, having pungent mint and menthol flavor. It has many phenolic compounds (flavonoids, tannins, anthocyanin) which are considered as natural antioxidants. The aim of this study was to investigate the influence of different concentrations of maltodextrin and inlet air temperature on some properties of encapsulated peppermint extract. Spray drying is the most common and economical method of microencapsulation. In the current project, the impact of three different inlet air temperatures (140, 160 and 180 °C) and maltodextrin (DE=20-18) concentrations (10, 20 and 30%) on production efficiency, moisture content, water activity, solubility, hygroscopicity, wettability and color parameters of spray dried peppermint extract powder were investigated. The results showed that increasing inlet air temperature and maltodextrin concentration led to increase in the production yield, powder solubility, L* and Hue parameters. While moisture content, water activity, hygroscopicity, wettability, chroma, a* and b* parameters were decreased. In conclusion, inlet temperature of 160 °C and maltodextrin concentration of 20% considered as optimum conditions maintaining desirable properties of peppermint extract powder during spray drying process.

**Keywords**: Spray drying; Physicochemical properties; Maltodextrin; Microencapsulation, Peppermint

* Corresponding Author E-Mail Address: peighambardoust@tabrizu.ac.ir



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-28 ]

[ DOI: 10.29252/fsct.16.95.9 ]