



## مقاله پژوهشی

## بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و آنتی‌اکسیدانی پودر عصاره آبی ریزپوشانی شده خرفه با روش خشک کردن پاششی

محمدعلی حصاری نژاد<sup>۱\*</sup>، محمدرضا عبدالهی مقدم<sup>۲</sup>، مینو جعفرزاده<sup>۳</sup>، مسعود رضایی اوغازی<sup>۴</sup>

۱. استادیار، گروه فرآوری مواد غذایی، موسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، مشهد

۲. استادیار، گروه شیمی مواد غذایی، موسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، مشهد

۳. دانشجوی دکتری، گروه بهداشت مواد غذایی و آبزیان، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه فردوسی مشهد

۴. دانش آموخته دکتری، واحد تحقیق و توسعه، شرکت بهین پرور تلاشگران توس، مشهد

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۰۳، تاریخ آخرین بازنگری: ۱۴۰۰/۰۱/۰۶، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۱۳)

## چکیده

خرفه یک منبع غنی از آنتی‌اکسیدان بوده و به عنوان یک گیاه که دارای ارزش غذایی بالا حاوی ترکیبات فعال زیستی است، شناخته می‌شود. یکی از رایج‌ترین روش‌های افزایش پایداری ترکیبات زیست‌فعال و محافظت آن‌ها در برابر شرایط محیطی به منظور افزایش دسترسی زیستی، ریزپوشانی است. در این پژوهش تولید پودر ریزپوشانی شده عصاره خرفه با غلظت‌های مختلف مالتودکسترین به روش خشک کردن پاششی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بالاترین راندمان تولید (۵۹/۶۷ درصد) مربوط به نمونه با بیشترین غلظت حامل بود. نمونه‌های محتوی مالتودکسترین بیشتر انحلال پذیری بالاتری داشتند و مقدار انحلال پذیری پودر ریزپوشانی شده از ۹۳/۵۴ برای نمونه MD5 به ۹۸/۸۶٪ برای نمونه MD15 افزایش یافت. افزایش غلظت حامل از ۵ به ۱۵ درصد وزنی- حجمی موجب کاهش رطوبت (از ۲/۰۸ به ۱/۳۲٪)، فعالیت آبی (از ۰/۱۴۵ به ۰/۱۰۱) و دانسیته ضربه (از ۰/۴۹ به ۰/۳۹ g.ml<sup>-1</sup>)، حفظ بهتر ترکیبات فنولی و آنتی‌اکسیدانی و میزان زردی و سبزی پودرها شد. با افزایش غلظت حامل از ۵ به ۱۵ درصد، محتوای فنل کل پودرها (از ۱۴۶/۵۴ به ۱۸۸/۳۴ mgGAE/100g) و فعالیت آنتی‌اکسیدانی (از ۶۸/۷۴ به ۸۲/۵۳٪) افزایش یافت. نتایج این پژوهش مشخص کرد که استفاده از حامل مالتودکسترین در روش خشک کن پاششی می‌تواند جهت افزایش پایداری عصاره ریزپوشانی شده خرفه کارآمد بوده و سبب افزایش پایداری این عصاره در برابر شرایط محیطی باشد.

کلید واژه‌ها: خشک کردن پاششی؛ خرفه؛ خواص فیزیکوشیمیایی؛ ریزپوشانی؛ مالتودکسترین؛ فعالیت آنتی‌اکسیدانی.

## ۱. مقدمه

استفاده می‌شوند [۱۲]. استخراج آبی این ترکیبات یکی از معمول‌ترین روش‌های استخراج می‌باشد. این روش به دلیل بهره‌گیری از آب، جهت کاربرد در مواد غذایی ایمن و بی‌ضرر می‌باشد. سیکاری و همکاران (۲۰۱۸) نیز به مقایسه تفاوت عصاره‌های آبی، اتانولی و متانولی برگ‌های تازه و خشک گیاه خرفه پرداختند [۱۳]. تجزیه و تحلیل کیفی ترکیبات فنلی موجود در برگ خرفه نشان داده است که حاوی اسیدهای فنولیک (اسید کافئیک، اسید p-coumaric و اسید فرولیک) و فلاونوئیدها (آپیژنین، کامپفرول، لوتئولین، کوئرستین، ایزوهامنتین، کامپرول-۳-O-گلوکوزید، و روتین) می‌باشد [۱۳].

با این وجود فعالیت زیستی عصاره‌ها می‌تواند تحت تأثیر شرایط محیطی مختلف قرار گیرد به طوری که گزارشاتی در این خصوص و مبنی بر ناپایداری این ترکیبات در شرایط محیطی مختلف ارائه شده است [۱۵، ۱۴]. یکی از روش‌های رایج برای افزایش پایداری ترکیبات حساس، ریزپوشانی کردن است. این روش می‌تواند فرآیندهای تجزیه مانند اکسیداسیون یا هیدرولیز را کند کرده و یا مانع تخریب ترکیبات زیستی شود. بنابراین از این روش می‌توان جهت افزایش پایداری ترکیبات زیست فعال و محافظت آن‌ها در برابر شرایط نامساعد محیطی به منظور افزایش دسترسی زیستی استفاده نمود [۱۶]. تاکنون پژوهش‌های زیادی در خصوص ریزپوشانی ترکیبات گیاهی مانند عصاره مرزنجوش [۱۷]، اسانس هل [۱۸]، عصاره نعنای فلفلی [۱۹]، عصاره سماق [۲۰]، تفاله انگور قرمز [۲۱] و عصاره جوانه گندم [۲۲] صورت گرفته است. بنابراین از آنجا که ریزپوشانی عصاره‌های گیاهی حاوی ترکیبات فنولیک، به عنوان آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی، یکی از راه‌های جلوگیری از اکسیداسیون و بهبود جذب آن‌ها در بدن است؛ هدف از این پژوهش، بررسی قابلیت درون پوشانی عصاره خرفه و ارزیابی ویژگی‌های فیزیکیوشیمیایی و آنتی‌اکسیدانی پودر عصاره ریزپوشانی شده خرفه است. کپسول‌های حاوی عصاره خرفه با استفاده از نسبت‌های معین مالتودکسترین و به روش خشک کردن پاششی تولید شد.

خرفه با نام علمی *Portulaca Oleracea* گیاهی یک ساله از خانواده Portulacaceae است، این گیاه بومی ایران بوده و سابقه کشت آن به بیش از ۲۰۰۰ سال برمی‌گردد که شامل بیش از ۱۲۰ گونه مختلف بوته و گیاه آبدار می‌باشد [۱]. این گیاه یک گیاه سبز یک ساله تابستانی است که دارای ساقه‌ها و برگ‌های آبدار است. این گیاه دارای رشد وسیع و سریع بوده و تعداد زیادی بذر تولید می‌کند که ماندگاری بالایی دارند. بسیاری از انواع خرفه در گستره وسیعی از مناطق و اقلیم‌ها رشد می‌کنند.

خرفه یک منبع غنی از آنتی‌اکسیدان‌ها مانند ویتامین A، B، C، E، اسیدهای چرب امگا-۳ و امگا-۶ و سایر اسیدهای آمینه ضروری است [۲، ۳]. خرفه به عنوان یک گیاه که دارای ارزش غذایی بالاتری نسبت به سبزیجات عمده کشت شده، با مقدار قابل توجهی بتاکاروتن، اسید اسکوربیک و اسید  $\alpha$ -لینولنیک است، شناخته می‌شود [۴]. چندین مطالعه گزارش کرده اند که وجود فلاونوئیدها به عنوان اصلی‌ترین ترکیب فعال زیستی خرفه مطرح می‌باشد [۵-۷]. پژوهشگران نشان داده‌اند که گیاه خرفه فعالیت مهار رادیکال‌های آزاد خوبی دارد [۸-۱۰]. ارکان (۲۰۱۲) فعالیت آنتی‌اکسیدانی و محتوای ترکیبات فنلی عصاره خام جداسازی شده با فاز معکوس گیاه خرفه را بررسی کرده است [۵]. مقدار IC50 عصاره خام  $511/8 \mu\text{g/ml}$  بود. اودین و همکاران (۲۰۱۴) تغییرات محتوای مواد معدنی و ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی گیاه خرفه را در طی مراحل مختلف رشد ارزیابی کرد [۱۱]. نتایج پژوهشگران نشان داده است که ظرفیت مهار DPPH (IC50) بین  $1/30 \text{ mg/ml}$  تا  $1/71$  متغیر است، درحالی‌که مقادیر فعالیت آنتی‌اکسیدانی اسید اسکوربیک حدود  $229/5 \text{ mg AA/100 g}$  تا  $319/3$  بود. محتوای فنل کل خرفه نیز از  $174/5 \text{ mg GAE/100 g}$  تا  $348/5$ ، و اسید اسکوربیک از  $60/5 \text{ mg/100 g}$  تا  $86/5$  بود. قدرت آنتی‌اکسیدانی احیای آهن آن نیز  $1/8 \text{ mg GAE/g}$  تا  $4/3$  بدست آمد.

برای بهره‌گیری از این ترکیبات، استخراج آن‌ها ضروری بنظر می‌رسد. روش‌های مختلفی شامل خیساندن (غرقابی)، سوکسله، فراصوت و ماکروویو جهت استخراج این ترکیبات



## ۲. مواد و روش‌ها

### ۱.۲. مواد اولیه

برگ‌های تازه خرفه از زمین‌های اطراف مشهد جمع‌آوری شد. نمونه‌های گیاهی به مدت ۱۲ h در آون با دمای  $45-50^{\circ}\text{C}$  خشک شد و سپس به صورت پودر ریز خرد (مش ۴۰) و در کیسه‌های پلی اتیلنی نگهداری شدند. معرف ۲-دی‌فنیل-۱-پیکریل‌هیدرازیل (DPPH) و فولین از سیگما و اتانول ۹۶٪ از شرکت مجلی، اسید گالیک از شرکت مرک، مالتودکسترین از Shandung Xiwang (۲۰-۱۵:DE) خریداری شد.

### ۲.۲. فرآیند استخراج عصاره برگ گیاه خرفه

فرآیند استخراج عصاره با اضافه کردن ۲۰ g برگ خشک شده گیاه خرفه در ۲۰۰ ml آب در دمای محیط با استفاده از همزن مغناطیسی با دور ۱۰۰ دور در دقیقه به مدت یک شبانه روز انجام شد. محتوی ارلن با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره ۴ فیلتر شد. عصاره آبی استخراج شده به وسیله خشک کن انجمادی طی ۲۴ h لیوفیلیزه و خشک گردید. عصاره خشک شده تا زمان انجام آزمون‌های مربوطه در دسیکاتور نگهداری گردید [۲۳].

### ۳.۲. ریزپوشانی کردن عصاره به روش خشک کن

#### پاششی

ریزپوشانی عصاره‌ها با استفاده از غلظت‌های مختلف مالتودکسترین (۵، ۱۰ و ۱۵ درصد وزنی - حجمی) صورت گرفت که در ادامه به ترتیب نمونه MD5، MD10، و MD15 نامیده خواهند شد. محلول عصاره حاوی مالتودکسترین به مدت ۴۵ min در محیط آزمایشگاهی روی همزن مغناطیسی مخلوط گردید و سپس با خشک‌کن پاششی (مدل 190B، شرکت Buchi، سوئیس) مجهز به محفظه خشک‌کن با طول ۱۵۰ cm و قطر ۸۰ cm با سرعت خوراک‌دهی ثابت در دمای ورودی  $150^{\circ}\text{C}$  خشک گردید [۱۷].

نمونه در دستگاه خشک کن پاششی اثر می‌گذارد و به عنوان یکی از مهمترین عوامل در تولید منظور می‌گردد. بدین جهت راندمان تولید نمونه‌ها 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 [۲۴]:

$$PE = \frac{\text{میزان پودر تولید شده}}{\text{مقدار ماده خشک وارد شده به سیستم}} \times 100 \quad (1)$$

### ۵.۲. آزمون میزان رطوبت

میزان رطوبت نمونه‌ها به روش وزن سنجی حرارتی با خشک کردن نمونه‌ها در آون  $70^{\circ}\text{C}$  تا رسیدن به وزن ثابت بدست آمد. نمونه‌ها پس از خروج از آون در دسیکاتور سرد و میزان رطوبت بر مبنای افت وزن بر اساس استاندارد ملی ایران (۲۷۰۵) محاسبه گردید [۲۵].

### ۶.۲. آزمون فعالیت آبی

جهت اندازه‌گیری فعالیت آبی پودر عصاره ریزپوشانی‌شده خرفه، از دستگاه  $a_w$  متر (LabMaster aw, Novasina, Lachen, Switzerland) در دمای محیط ( $30^{\circ}\text{C}$ ) استفاده گردید [۱۷].

### ۷.۲. حلالیت پودر

یک گرم از پودر تهیه شده به ۱۰۰ ml آب مقطر افزوده شد و بر روی هم زن مغناطیسی با دور ۶۰۰ به مدت ۵ min هم زده شد. سپس پودر پخش شده در آب در لوله‌های دستگاه سانتریفیوژ ریخته شد و با سرعت دور ۴۰۰۰ g به مدت ۱۰ min سانتریفیوژ گردید. مایع رویی جدا شده از لوله سانتریفیوژ در ظروف شیشه‌ای با وزن ثابت ریخته شد و در دمای  $105^{\circ}\text{C}$  تا رسیدن به وزن ثابت خشک شد. درصد حلالیت پودر از تفاوت وزن ماده خشک اولیه و ثانویه محاسبه شد [۲۵].

### ۸.۲. اندازه‌گیری دانسیته توده

مقدار ۲ g پودر در یک استوانه مدرج ۱۰ ml به آرامی ریخته شد و استوانه کمی تکان داده شده تا سطح پودر

### ۴.۲. ارزیابی راندمان تولید (PE)

مقدار دیواره‌بکار برده شده جهت ریزپوشانی بر راندمان تولید

رقیق گردید و ۲۵۰ µl از عصاره صاف شده را با ۱ cc معرف فولین ۱۰ برابر رقیق شده و ۱ cc کربنات سدیم ۱۰٪ مخلوط گردید و بعد از ۱۵ min جذب آن در ۷۵۰ nm در دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد. جهت رسم منحنی استاندارد از اسید گالیک در غلظت‌های ۵۰ تا ۳۰۰ mg بر ۱۰ g اسید گالیک استفاده شد [۲۹].

### ۱۲.۲. اندازه‌گیری پارامترهای رنگی

عکس برداری از نمونه‌های پودر با استفاده از تصویربرداری با دوربین Canon (مدل GIX 14.3M، ژاپن) انجام گرفت و تغییرات رنگ نمونه‌ها در فضای رنگی  $L^*a^*b^*$  با نرم افزار Image J (نسخه 1.44p) مورد بررسی قرار گرفت [۳۰].

## ۳. نتایج و بحث

### ۱.۳. راندمان تولید، میزان رطوبت و فعالیت آبی

بازده فرآیند تولید با تعیین نسبت مقدار پودر به دست آمده و مقدار خوراک ورودی به خشک‌کن محاسبه شد. بازده کمتر به دلیل چسبیدن ذرات به هم و به دیواره‌های خشک‌کن و کشیده شدن پودر تولیدی به داخل جریان خلأ بود. نتایج نشان می‌دهد که نمونه MD15 به طور معنی‌داری دارای بیشترین میزان راندمان تولید بود و کمترین میزان راندمان تولید نیز متعلق به نمونه MD5 بود (جدول ۱). به طور کلی، افزایش غلظت مالتودکسترین در دیواره پودر عصاره خرفه باعث افزایش راندمان تولید شد. این پدیده به دلیل نقش مالتودکسترین به عنوان کمک خشک‌کن، با افزایش دمای انتقال شیشه‌ای کل سیستم و نیز ساخت یک فیلم نازک در اطراف ذرات تولیدی، سبب کاهش چسبیدن ذرات از طریق تشکیل پل‌های مایع به یکدیگر و همچنین کاهش چسبیدن ذرات به دیواره خشک‌کن در ارتباط است [۳۱-۳۴].

فعالیت آبی و رطوبت دو پارامتر موثر در جابجایی، نگهداری و فراوری پودرهای غذایی می‌باشند. میزان فعالیت آبی بالا نشان دهنده میزان بالای آب آزاد شرکت کننده در واکنش‌های بیوشیمیایی است [۳۵]. نتایج به دست آمده از آزمون فعالیت آبی در جدول (۱) نشان داده شده است.

داخل استوانه صاف شود. در نهایت دانسیته توده مطابق رابطه (۲) از نسبت جرم پودر به حجم اشغال شده در استوانه به دست آمد [۲۶]

$$\rho_b = \frac{m}{v} \quad (۲)$$

در رابطه (۲) m نشان‌دهنده جرم پودر بر حسب g، V حجم نمونه بر حسب ml است.

### ۹.۲. اندازه‌گیری دانسیته ضربه

برای به دست آوردن دانسیته ضربه، بعد از تعیین دانسیته توده، ضربات مداومی بر استوانه مدرج وارد شد تا زمانی که تغییرات حجم پودر در استوانه متوقف شود. در نهایت نسبت جرم پودر به حجم محاسبه و دانسیته ضربه به دست آمد [۲۷].

### ۱۰.۲. تعیین فعالیت آنتی‌اکسیدانی

فعالیت آنتی‌اکسیدانی پودر عصاره ریزپوشانی شده خرفه در غلظت‌های مشخص به روش فعالیت به دام‌اندازی رادیکال ۲-دی‌فنیل-۱-پیکریل‌هیدرازیل تعیین گردید [۲۸]. ۰/۱ g از پودر عصاره ریزپوشانی شده در ۱۰ cc آب مقطر حل شد و سپس به نسبت ۱ به ۱۰ رقیق سازی صورت گرفت. برای اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی ۲ ml از محلول رقیق شده را با ۲ ml از محلول DPPH متانولی، ۰/۲ mM کاملاً مخلوط شدند. سپس برای ۳۰ min در دمای ۲۵ °C در تاریکی نگهداری شدند. میزان جذب نمونه‌ها در ۵۱۷ nm توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (UV-visible, Model Shimadzu, UV-160A, Japan) قرائت شد. میزان فعالیت مهارکنندگی براساس رابطه (۳) محاسبه گردید. در نمونه کنترل به جای نمونه عصاره، حاوی آب بود و سل بلانک به جای محلول DPPH حاوی اتانول بود [۲۸].

$$\text{درصد مهار رادیکال} = \frac{100 \times (\text{جذب شاهد} - \text{جذب نمونه})}{\text{جذب شاهد}} \quad (۳)$$

DPPH آزاد شاهد]

### ۱۱.۲. اندازه‌گیری ترکیبات فنولی کل

جهت استخراج ترکیبات فنولی، ۱ g از پودر عصاره ریزپوشانی شده با ۲۵ ml اتانول ۹۶٪ به مدت ۵ h در دمای اتاق همزده شد. پس از صاف کردن به نسبت یک به ۱۰

نهایی می‌باشد. همانطور که در جدول (۱) ملاحظه می‌گردد، میزان رطوبت در پودرهای تولیدی بین ۱/۳۲ تا ۲/۰۸٪ بود که در این شرایط تجزیه اکسیداتیو و فعالیت میکروبی شدت کاهش می‌یابد. رطوبت کمتر نمونه‌ها سبب کاهش چسبندگی می‌گردد. تاثیر غلظت مالتودکسترین بر میزان رطوبت پودرها معنی دار بود ( $p < 0.05$ ). به طوری که افزایش غلظت مالتودکسترین سبب کاهش رطوبت شد. این نتایج با مطالعات نیک جو و همکاران، و سرابندی و پیغمبر دوست درباره اثر افزایش غلظت مالتودکسترین به ترتیب بر میزان رطوبت پودر عصاره نعناع فلفلی و مالت مطابقت داشت [۴۲، ۳۶]. دلیل این پدیده می‌توان به افزایش میزان جامد، تمایل قندهای تشکیل دهنده مالتودکسترین به جذب رطوبت و کاهش رطوبت آزاد در دسترس برای تبخیر مرتبط دانست [۴۳].

همانطور که مشاهده می‌شود فعالیت آبی پودرهای عصاره خرفه بین ۰/۱۰۱ تا ۰/۱۴۵ است که بیانگر پایداری میکروبیولوژیکی ( $a_w < 0.6$ ) پودرهای خشک شده و قابلیت انبارمندی طولانی آن در شرایط بسته بندی و نگه داری مناسب می‌باشد [۳۶، ۳۵]. با توجه به نتایج می‌توان اینگونه بیان کرد که با افزایش غلظت مالتودکسترین، مقدار مواد جامد کل در محلول خوراک نیز افزایش یافته و مقدار آب آزاد کاهش می‌یابد. بنابراین غلظت‌های بالای مالتودکسترین سبب کاهش غیرمعنی‌دار فعالیت آبی پودرهای تولید شد ( $p > 0.05$ ). همچنین دلیل این کاهش را می‌توان به اتصالاتی که مالتودکسترین با آب برقرار می‌کند نسبت داد که سبب کاهش میزان آب آزاد در سیستم شده است [۳۵]. مشابه این نتیجه توسط پژوهشگران مختلفی به تایید رسیده است [۳۵-۴۱].

محتوی رطوبت نیز عامل موثری بر میزان پایداری پودر

جدول (۱) راندمان تولید، میزان رطوبت و فعالیت آبی پودر عصاره خرفه در غلظت های مختلف مالتودکسترین

Table 1. Production efficiency, moisture content and water activity of portulaca oleracea extract powder at different maltodextrin concentrations.

Sample	Moisture (%)	Water activity	Production efficiency (%)	Solubility (%)
نمونه	رطوبت (%)	فعالیت آبی	راندمان تولید (%)	انحلال پذیری (%)
MD5	2.08±0.13 <sup>a</sup>	0.145±0.03 <sup>a</sup>	48.08±1.43 <sup>c</sup>	93.54±0.72 <sup>c</sup>
MD10	1.67±0.28 <sup>b</sup>	0.106±0.05 <sup>b</sup>	53.50±2.28 <sup>b</sup>	96.79±0.69 <sup>b</sup>
MD15	1.32±0.15 <sup>c</sup>	0.101±0.04 <sup>b</sup>	59.67±1.25 <sup>a</sup>	98.86±0.56 <sup>a</sup>

دانست که در اثر افزایش غلظت مالتودکسترین اتفاق می‌افتد [۴۳]. پژوهشگران زیادی گزارش کردند که افزایش غلظت مالتودکسترین سبب افزایش حلالیت پودرهای خشک شده به روش پاششی می‌گردد که غالباً دلیل این امر را به ویژگی‌های فیزیکی مناسب و حلالیت بالای مالتودکسترین مرتبط دانسته اند که آن را برای استفاده در خشک کردن پاششی مناسب نموده است [۴۵، ۴۴، ۳۹، ۳۵].

### ۳.۳. فعالیت آنتی اکسیدانی و فنل کل

با توجه به جدول (۲)، کمترین میزان فنول کل در نمونه MD5 مشاهده شد. بیشترین میزان فنل کل نیز در نمونه های MD10 و MD15 به دست آمد که در مقایسه با نمونه MD5 به طور معنی‌داری بالاتر بودند اما با یکدیگر

### ۲.۳. انحلال پذیری

انحلال پذیری پودر یکی از ویژگی‌های عملکردی مهم پودرهای غذایی می‌باشد که بر رفتار بازسازی و جذب آب پودر اثرگذار است. در بیشتر مواد غذایی پودری هدف انحلال سریع و کامل پودر در آب بدون تشکیل کلوخه، غوطه‌ور شدن و پراکنده شدن ذرات می‌باشد. اثر غلظت حامل بر انحلال پذیری نمونه‌ها در جدول (۱) آورده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود با افزایش غلظت مالتودکسترین انحلال پذیری به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد ( $p < 0.05$ ). این پدیده احتمالاً به دلیل بالا بودن انحلال پذیری مالتودکسترین بوده که نشان می‌دهد افزودن این حامل باعث بهبود قابل توجه این شاخص می‌گردد. همچنین می‌توان این افزایش انحلال پذیری را به افزایش اندازه و فضاهای بین ذرات و متعاقب آن تسهیل نفوذ رطوبت به ساختار پودرها

بین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه های MD10 و MD15 تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، این در حالی است که این دو نمونه اختلاف معنی‌داری با نمونه MD5 داشتند. پژوهشگران گزارش کرده اند که میزان ترکیبات فنولی به دلیل قابلیت احیا کنندگی بالای این ترکیبات و همچنین توانایی دادن هیدروژن به رادیکال های آزاد تاثیر مهمی بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی دارند [۲۹].

اختلاف معنی‌دار نداشتند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که افزایش مقدار مالتودکسترین (در نسبت‌های بالا) به دلیل اثر ریزپوشانی مالتودکسترین که به عنوان دیواره، ترکیبات فنولی را در بر گرفته است، سبب حفاظت از این ترکیبات در مقابل عوامل خارجی می‌شود [۴۶]. همانطور که در جدول (۲) مشاهده می‌شود با افزایش غلظت مالتودکسترین، قدرت کاهش رادیکال‌های آزاد افزایش یافت.

جدول (۲) فعالیت آنتی‌اکسیدانی و محتوای فنولی کل پودر عصاره خرفه در غلظت های مختلف مالتودکسترین

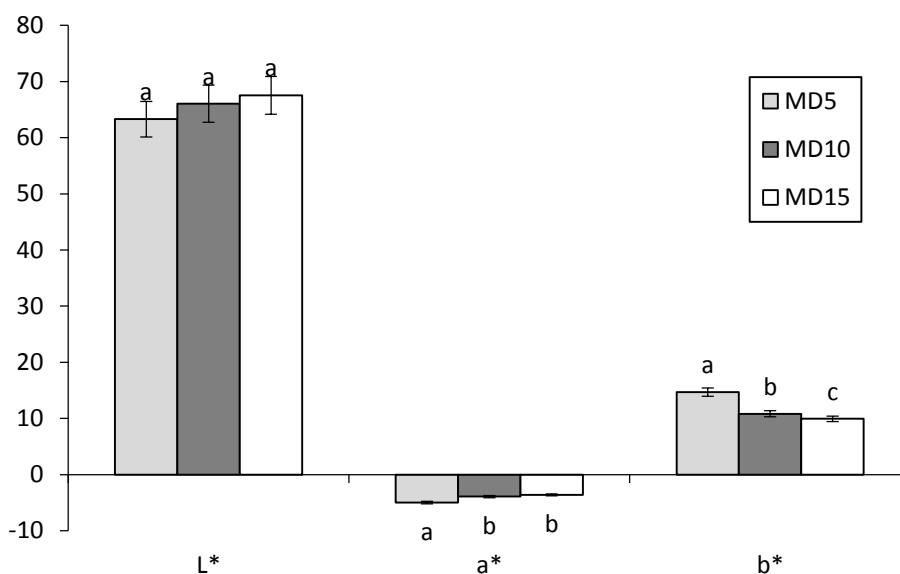
Table 2. Antioxidant activity and total phenolic content of portulaca oleracea extract powder at different maltodextrin concentrations.

Sample نمونه	DPPH radical scavenging activity (%) فعالیت آنتی‌اکسیدانی (%)	Total Phenolic content (mgGAE/100g) محتوای فنل کل
MD5	68.74±2.51 <sup>b</sup>	146.54±2.92 <sup>b</sup>
MD10	77.54±3.17 <sup>a</sup>	176.46±2.85 <sup>a</sup>
MD15	82.53±1.85 <sup>a</sup>	188.34±3.76 <sup>a</sup>

در پارامترهای رنگی  $L^*$  نماینده روشنی (۱۰۰) و تاریکی ( $a^*$ ،  $b^*$ )، نماینده قرمزی ( $+a^*$ ) و سبزی ( $-a^*$ )، و  $b^*$ ، نماینده زردی ( $+b^*$ ) و رنگ آبی ( $-b^*$ ) نمونه است. همانطور که مشاهده می‌شود، اگرچه با افزایش غلظت مالتودکسترین روشنی نمونه‌ها افزایش یافت، اما این تاثیر بر مقادیر  $L^*$  معنی‌دار نبود ( $p < 0.05$ ).

#### ۴.۳. شاخص‌های رنگی

رنگ پودر ریزپوشانی شده یک شاخص کیفی مهم می‌باشد زیرا انعکاس دهنده جذابیت ظاهری و کیفیت پودر تولیدی طی فرآیند خشک کردن پاششی بوده و می‌تواند نقش مهمی در پذیرش محصولی ایفا کند که این عصاره در آن استفاده خواهد شد. شکل (۱)، ارزیابی شاخص‌های رنگی نمونه‌های ریزپوشانی شده با غلظت‌های مختلف عصاره را نشان می‌دهد.



شکل (۱) تاثیر غلظت مالتودکسترین بر پارامترهای رنگ پودر عصاره خرفه

Fig 1. Effect of maltodextrin concentration on the color parameters of portulaca oleracea extract powder

می‌گیرد. بدین شکل که در حجم اشغال شده توسط جرم مشخصی از ذرات پس او تولید، حمل و نقل و نگهداری، به عنوان معیاری برای بسته بندی مورد استفاده به کار گرفته می‌شود. در شرایط عدم تناسب ممکن است بسته بندی محصول خیلی خالی به نظر آمده (عدم تناسب ظاهری و رضایت مصرف کننده) و یا حجم بسته با وزن کمتری از محصول پر شده. (عدم رعایت استاندارد) را در پی دارد [۴۹]. دانسیته توده حاصل از ضربه پودرهای تولید شده تحت تاثیر غلظت حامل قرار گرفت به طوری که در بالاترین غلظت مالتودکسترین کاهش معنی دار شاخص دانسیته ضربه مشاهده شد به این ترتیب که از ۰/۴۹ (MD5) و ۰/۴۸ (MD10) به ۰/۳۹ (MD15) کاهش یافت (جدول ۳). به طور عمده به دلیل اثر شرایط فرآیند بر تولید پودرهایی با توزیع اندازه ذرات گسترده و تخلخل متفاوت است. توده های شامل ذرات ریز به طور قابل ملاحظه ای دانسیته توده ضربه ای بیش تر و تخلخل کم تری نسبت به آن هایی که فاقد ذرات ریز هستند، از خود نشان می دهند. این اثر احتمالاً به دلیل اشغال منافذ موجود میان ذرات درشت توسط ذرات ریز می باشد [۴۳]. همچنین می توان این گونه بیان کرد که احتمالاً دلیل این پدیده می تواند خصوصیات مالتودکسترین باشد که سبب کاهش چسبندگی بین ذرات می شوند [۳۵]. همچنین از عوامل مؤثر بر دانسیته، رطوبت پودر می باشد، به گونه ای که بنا افزایش درجه حرارت رطوبت کاهش یافته، ذرات سبکتر شده و در نتیجه دانسیته کاهش می یابد [۴۹].

فرآیند خشک کردن پاششی باعث تولید ذراتی متخلخل می‌گردد که به دلیل کاهش تراکم و کاهش فشردگی ذرات، رنگ روشن و درخشنده در پودرها مشاهده می‌شود که با افزایش غلظت حامل، رنگ پودرها به رنگ سفید مالتودکسترین متمایل می‌شود. سایر پژوهشگران نیز مشابه همین نتیجه را اعلام کرده اند [۳۶]. همچنین نتایج نشان می‌دهد که با افزایش مقدار مالتودکسترین از نمونه MD10 به MD15، مقدار دو پارامتر  $a^*$  و  $b^*$  نمونه‌ها کاهش یافت که این به دلیل رقیق شدن عصاره از لحاظ مواد رنگی می‌باشد [۳۷، ۴۰، ۴۸].

### ۵.۳. دانسیته

دانسیته توده معیاری جهت سنجش ویژگی‌های فشرده شدن مواد جامد ذره‌ای بوده و می‌تواند بیانگر میزان حجم فضای خالی بین ذرات پودر باشد در نتیجه به دانسیته و آرایش ذرات وابسته است [۲۹]. همانطور که در جدول (۳) مشاهده می‌شود، استفاده از غلظت‌های مختلف مالتودکسترین در ریزپوشانی پودر تولید شده، میزان هوای به دام افتاده و در نتیجه دانسیته توده تاثیر معنی‌داری نداشتند.

دانسیته ضربه نیز یک عامل و شاخص بسیار مهم مرتبط با ویژگی‌های بسته بندی، حمل و نقل و تعیین کننده میزان ماده مورد نیاز برای پرکردن حجم خاصی از بسته می باشد. اندازه گیری دانسیته توده و ضربه در صنعت عمدتاً در جهت تنظیم شرایط نگهداری، فرآوری، بسته بندی و توزیع صورت

جدول (۳) اثر غلظت مالتودکسترین بر دانسیته توده و ضربه پودر عصاره گیاه خرفه

Table 3. Effect of maltodextrin concentrations on portulaca oleracea extract powder bulk and tapped density

Sample	Tapped density (g.ml <sup>-1</sup> )	Bulk density (g.ml <sup>-1</sup> )
نمونه	دانسیته ضربه	دانسیته توده
MD5	0.49±0.06 <sup>a</sup>	0.39±0.04 <sup>a</sup>
MD10	0.48±0.04 <sup>a</sup>	0.35±0.06 <sup>a</sup>
MD15	0.39±0.04 <sup>b</sup>	0.34±0.06 <sup>a</sup>

مالتودکسترین انجام شد. نتایج نشان داد که افزایش غلظت مالتودکسترین از ۵ تا ۱۵ درصد وزنی-حجمی موجب کاهش رطوبت (از ۲/۰۸ به ۱/۳۲٪) و فعالیت آبی (از ۰/۱۴۵ به ۰/۱۰۱)، حفظ بهتر ترکیبات فنولی (از ۱۴۶/۵۴ به

### ۴. نتیجه گیری

در این مطالعه امکان تولید پودر ریزپوشانی شده عصاره خرفه مورد بررسی قرار گرفت. تولید پودر به روش خشک کردن پاششی با استفاده از غلظت‌های مختلف



مالتودکسترین بود. به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از حامل مالتودکسترین در روش خشک کن پاششی می‌تواند جهت افزایش پایداری عصاره ریزپوشانی شده خرفه مفید و کارآمد باشد و باعث افزایش پایداری این عصاره در برابر شرایط محیطی شود.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند از شرکت بهین پرور تلاشگران توس به دلیل حمایت‌های مادی و معنوی صمیمانه تشکر و قدردانی نمایند.

( $188/34$  mgGAE/100g) و فعالیت آنتی اکسیدانی (از  $68/74$  به  $82/53$  /) گردید. از سوی دیگر با افزایش غلظت مالتودکسترین از  $5$  به  $15$  / میزان زردی و سبزی پودرها کاهش یافت ( $p < 0.05$ ). نتایج حاصل از راندمان تولید نشان داد که غلظت مالتودکسترین تأثیر معنی داری بر راندمان تولید محصول داشت ( $p < 0.05$ ). بالاترین راندمان تولید مربوط به نمونه MD15 بود ( $59/67$  /). نمونه‌های محتوی مالتودکسترین بیشتر انحلال پذیری بالاتری داشتند. مقدار انحلال پذیری پودر ریزپوشانی شده از  $93/54$  برای نمونه MD5 به  $98/86$  / برای نمونه MD15 افزایش یافت. علت این نتیجه، افزایش اندازه و فضاهای بین ذرات و متعاقب آن تسهیل نفوذ رطوبت به ساختار پودرها در اثر افزایش غلظت

## منابع

- [1] Hyam, R. & Pankhurst, P. (1995). *Plants and Their Names: A Concise Dictionary*. Oxford: Oxford University Press, 545.
- [2] Rubatzky, V. E., & Yamaguchi, M. (1997). Other succulent vegetables. In: *World Vegetables*, Springer, Boston, MA, pp 640-703.
- [3] Simopoulos, A. P., Norman, H. A., Gillaspay, J. E., & Duke, J. A. (1992). Common purslane: a source of omega-3 fatty acids and antioxidants. *J. Am. Coll. Nutr.*, 11(4), 374-382.
- [4] Liu, L., Howe, P., Zhou, Y. F., Xu, Z. Q., Hocart, C., & Zhang, R. (2000). Fatty acids and  $\beta$ -carotene in Australian purslane (*Portulaca oleracea*) varieties. *J. Chromatogr. A*, 893(1), 207-213.
- [5] Erkan, N. (2012). Antioxidant activity and phenolic compounds of fractions from *Portulaca oleracea* L. *Food Chem.*, 133(3), 775-781.
- [6] Xu, G., Ye, X., Chen, J., & Liu, D. (2007). Effect of heat treatment on the phenolic compounds and antioxidant capacity of citrus peel extract. *J. Agric. Food Chem.*, 55(2), 330-335.
- [7] Zhu, H., Wang, Y., Liu, Y., Xia, Y., & Tang, T. (2010). Analysis of flavonoids in *Portulaca oleracea* L. by UV-vis spectrophotometry with comparative study on different extraction technologies. *Food Anal. Methods*, 3(2), 90-97.
- [8] Lim, Y. Y., & Quah, E. P. (2007). Antioxidant properties of different cultivars of *Portulaca oleracea*. *Food Chem.*, 103(3), 734-740.
- [9] Oliveira, I., Valentão, P., Lopes, R., Andrade, P. B., Bento, A., & Pereira, J. A. (2009). Phytochemical characterization and radical scavenging activity of *Portulaca oleracea* L. leaves and stems. *Microchem. J.*, 92(2), 129-134.
- [10] Siriamornpun, S., & Suttajit, M. (2010). Microchemical components and antioxidant activity of different morphological parts of Thai wild purslane (*Portulaca oleracea*). *Weed Sci.*, 58(3), 182-188.
- [11] Uddin, M., Juraimi, A. S., Hossain, M. S., Un, A., Ali, M., & Rahman, M. M. (2014). Purslane weed (*Portulaca oleracea*): a prospective plant source of nutrition, omega-3 fatty acid, and antioxidant attributes. *Sci. World J.*, Article ID 951019, 6 pages.
- [12] Li, B. B., Smith, B., & Hossain, M. M. (2006). Extraction of phenolics from citrus peels: I. Solvent extraction method. *Sep. Purif. Technol.*, 48(2), 182-188.
- [13] Sicari, V., Loizzo, M. R., Tundis, R., Mincione, A., & Pellicano, T. M. (2018). *Portulaca oleracea* L. (Purslane) extracts display antioxidant and hypoglycaemic effects. *J. Appl. Bot. Food Qual*, 91, 39-46.
- [14] Sherry, M., Charcosset, C., Fessi, H., & Greige-Gerges, H. (2013). Essential oils encapsulated in liposomes: a review. *J. Liposome Res.*, 23(4), 268-275.
- [15] He, Z., Xu, M., Zeng, M., Qin, F., & Chen, J. (2016). Interactions of milk  $\alpha$ - and  $\beta$ -casein with malvidin-3-O-glucoside and their effects on the stability of grape skin anthocyanin extracts. *Food Chem.*, 199, 314-322.
- [16] Cheraghali F, mirmoghtadaie L, Shojaee-aliabadi S, Hosseini S M. A. (2016). A comparative study of antimicrobial and antioxidant properties of walnut



- green husk aqueous extract before and after microencapsulation. *Iran. J. Nutr. Sci. Food Technol.*, 11(2), 113-124. [In Persian]
- [17] Akbarbaglou, Z., Peighanbardoust, S., Oladgaffari, A., Sarabandi, K. (2018). Effect of inlet air temperature and carrier type and concentration on physicochemical and antioxidant properties of microencapsulated Marjoram extract by spray drying. *J. Food Res.*, 28(4), 15-30. [In Persian]
- [18] Shahidi, M., Molaveasi, M. (2020). Microencapsulation of cardamom essential oil with gum arabic, maltodextrin and inulin and the investigation of their physical-chemical properties. *Innov. Food Technol.*, 7(3), 433-446. [In Persian]
- [19] Nikjoo R, Peighambardoust S H, Olad Ghaffari A. (2021). Investigating some physical and functional properties of peppermint powder encapsulated by spray drying: effect of different storage conditions on phenolic compounds and antioxidant activity of the obtained powder. *J. Food Sci. Technol*, 18 (111), 55-66. [In Persian]
- [20] Malekizadeh, N., Peighambardoust, S. H., Oladghaffari, A., & Sarabandi, K. (2018). Effects of different concentrations of maltodextrin and drying temperatures of spray drying process on physicochemical properties of encapsulated Sumac extract. *Iran. Food Sc. Technol. Res. J.*, 14(2), 321-334. [In Persian]
- [21] Zomorodi, Sh., Azarpazhooh, E., Sharaie, P. (2020). The effect of ultrasound and microencapsulation on characteristics of bioactive compounds of extracted from grape pomace Rashe Sardasht cultivar. *Food Eng. Res.*, 19 (2), 97-112. [In Persian]
- [22] Jamdar, F., Mortazavi, S., saidi asl, M., Sharifi, A. (2020). Physicochemical and Antioxidant Properties of Ultrafiltrated White Cheese fortified with Microencapsulated of Wheat Germ Extract by Spray and Freeze Dryers. *Res. Innov. Food Sci. Technol.*, doi:10.22101/jrifst.2020.218931.1159 [In Persian]
- [23] Shokrolahi yancheshmeh B, Hesarinejad, M.A., Rezaei N, Salimi A, Shemshadi G, Kazemzadeh M, Jebeli Javan A. (2019). Optimization of extraction conditions of antioxidant and polyphenolic compounds of Ferula Persica extract by using response surface methodology. *J. Food Sci. Technol.*, 15 (85), 151-164. [In Persian]
- [24] Tonon, R.V., Brabet, C. Hubinger, M.D. (2008). Influence of process conditions on the physicochemical properties of acai (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced by spray drying. *J. Food Eng.*, 88, 411-418.
- [25] Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Isiri number: 2705. Determination of moisture content of Cereals and Cereal Products. [In Persian]
- [25] Caparino, O. A., Tang, J., Nindo, C. I., Sablani, S. S., Powers, J. R., & Fellman, J. K. (2012). Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (Philippine 'Carabao' var.) powder. *J. Food Eng.*, 111(1), 135-148.
- [26] Goula, A. M., & Adamopoulos, K. G. (2004). Influence of spray drying conditions on residue accumulation—Simulation using CFD. *Dry. Technol.*, 22(5), 1107-1128.
- [27] 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. *Dry. Technol.*, 26(6), 714-725.
- [28] Khalafi, R., Goli, S. A. H., & Behjatian, M. (2016). Characterization and classification of several monofloral Iranian honeys based on physicochemical properties and antioxidant activity. *Int. J. Food Prop.*, 19(5), 1065-1079.
- [29] Sharifi, F. & Poorakbar, L. (2015). The survey of antioxidant properties of phenolic compounds in fresh and dry hybrid Barberry fruits (*Berberis integerrima* × *vulgaris*). *Cumhuriyet Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi*, 36(3), 1609-1617.
- [30] Yasamani Farimani, T., Hesarinejad, M., Tat, M. (2020). A new study on the quality, physical and sensory characteristics of cupcakes with *Althaea officinalis* mucilage. *Iran. Food Sc. Technol. Res. J.*, 16(3), 25-35. [In Persian]
- [31] Quek, S.Y., Chok, N.K., Swedland, P., (2007). The physicochemical properties of spray dried watermelon powders. *Chem. Eng. Process.*, 46 (5), 386–392.
- [32] Papadakis, S.E., Gardeli, C., Tzia, C., (2006). Sprays drying of raisin juice concentrate. *Dry. Technol.*, 24, 173-180.
- [33] Adhikari, B., Howes, T., Bhandari, B.R., 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. *J. Food Eng.*, 62, 53–68.
- [34] Fazaeli, M., Emam-Djomeh, Z., Kalbasi Ashtari, A., Omid, M., (2012). Effect of spray drying conditions and feed composition on the physical properties of black mulberry juice powder. *Food Bioprod. Process.*, 90, 667- 675.
- [35] Zendeboodi, F., Yeganehzad, S., Sadeghian, A.R. (2018). Production of carbohydrate-protein based soft drink powder containing date syrup by spray dryer: evaluation effect of drying carriers on physical properties of the powdered drink. *J. Food Sci. Technol*, 15 (78), 43-54. [In Persian]
- [36] Nikjoo, R., Olad Ghaffari, A., & Peighambardoust, S. H. (2019). Effect of spray drying

- on physicochemical characteristics and quality of peppermint powder. *J. Food Sci. Technol.*, 16(95), 99-109. [In Persian]
- [37] Quek, S. Y., Chok, N. K., & Swedlund, P. (2007). The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders. *Chem. Eng. Process.*, 46(5), 386-392.
- [38] Abadio, F. D. B., Domingues, A. M., Borges, S. V., & Oliveira, V. M. (2004). Physical properties of powdered pineapple (*Ananas comosus*) juice—effect of malt dextrin concentration and atomization speed. *J. Food Eng.*, 64(3), 285-287.
- [39] Grabowski, J. A., Truong, V. D., & Daubert, C. R. (2008). Nutritional and rheological characterization of spray dried sweetpotato powder. *LWT-Food Sci. Technol.*, 41(2), 206-216.
- [40] Tuyen, C. K., Nguyen, M. H., & Roach, P. D. (2010). Effects of spray drying conditions on the physicochemical and antioxidant properties of the Gac (*Momordica cochinchinensis*) fruit aril powder. *J. Food Eng.*, 98(3), 385-392.
- [41] Mishra, P., Mishra, S., & Mahanta, C. L. (2014). Effect of maltodextrin concentration and inlet temperature during spray drying on physicochemical and antioxidant properties of amla (*Emblica officinalis*) juice powder. *Food Bioprod. Process.*, 92(3), 252-258.
- [42] Sarabandi, K., & Peighambaroust, S. H. (2015). Effect of some production parameters and storage time on the flowability characteristics of spray-dried malt extract powder. *Iran. J. Nutr. Sci. Food Technol.*, 10(1), 51-60. [In Persian]
- [43] Sarabandi, Kh., Sadeghi Mahoonak, A.R., Mohammadi, M., Akbarbagloo, Z. (2018). Effect of spray drying process on physicochemical and microstructure properties of malt extract powder. *Innov. Food Sci. Technol.*, 10 (2), 1-12. [In Persian]
- [44] 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. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 6(4), 420-428.
- [45] Goula, A. M., & Adamopoulos, K. G. (2010). A new technique for spray drying orange juice concentrate. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 11(2), 342-351.
- [46] Shahidi, F., Varidi, M., Mohebbi, M., Noshad, M., Noshad, M. (2014). Optimization of spray drying of pomegranate juice using response surface methodology. *Res. Innov. Food Sci. Technol.*, 3(2), 129-142. [In Persian]
- [47] Chopda C.A. & Barrett D.M., (2001). Optimization of guava juice and powder production. *J. Food Process. Preserv.*, 25(6), 411-430.
- [48] Rodríguez-Hernández, G. R., González-García, 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. *Dry. Technol.*, 23(4), 955-973.
- [49] Peighambaroust, S.H., Sarabandi, Kh. (2017). Effect of spray drying conditions on physicochemical, functional properties and production yield of malt extract powder. *J. Food Res.*, 27 (2), 75-90. [In Persian]

*Research Article***The study of physicochemical and antioxidant properties of encapsulated *Portulaca oleracea* aqueous extract prepared by spray drying method**

Mohammad Ali Hesarinejad<sup>1\*</sup>, Mohammad Reza Abdollahi Moghaddam<sup>2</sup>, Minoo Jafarzadeh<sup>3</sup>,  
Massoud Rezaee Oghazi<sup>4</sup>

1. Assistant Professor, Department of Food Processing, Research Institute of Food Science and Technology (RIFST), Mashhad
2. Assistant Professor, Department of Food Chemistry, Research Institute of Food Science and Technology (RIFST), Mashhad
3. PhD student, Department of Food Hygiene and Aquaculture, Faculty of Veterinary Medicine, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad
4. PhD, Research & Development Unit, Behin Parvar Talashgaran Toos Company, Mashhad

**Abstract**

*Portulaca oleracea* is a rich source of antioxidants and is known as a plant with high nutritional value containing bioactive compounds. The encapsulation is one of the most common ways to increase the stability of bioactive compounds and protect them from environmental conditions to increase bioavailability. In this study, the production of encapsulated powder of *Portulaca oleracea* aqueous extract with different maltodextrin concentrations was investigated by spray drying method. The results showed that the highest production efficiency (59.67%) was related to the sample with the highest carrier concentration. Samples containing higher maltodextrin concentration had higher solubility and the solubility of encapsulated powder increased from 93.54 for MD5 sample to 98.86% for MD15 sample. Increasing the carrier concentration from 5 to 15 % reduced moisture content (from 2.08 to 1.32%), water activity (from 0.145 to 0.101) and density (from 0.49 to 0.39 g.ml<sup>-1</sup>). By increasing the carrier concentration from 5 to 15%, the total phenol content and antioxidant activity of encapsulated powder increased from 146.54 to 188.34 mgGAE/100g, and from 68.74 to 82.53%, respectively. The results of this study showed that the use of maltodextrin carrier in spray drying method can be effective to increase the stability of *Portulaca oleracea* aqueous extract and increase the stability of this extract against environmental conditions.

**Keywords:** Spray drying; *Portulaca oleracea*; Physicochemical properties; Encapsulation; Maltodextrin; Antioxidant activity.

---

\* Corresponding author: ma.hesarinejad@rifst.ac.ir  
ma.hesarinejad@gmail.com