

## اثر حامل بر ویژگیهای کیفی پودر کرفس تولید شده به وسیله خشک کن پاششی

سیده هدا حیدری بازاردهی<sup>۱</sup>، مهرانز امینی فر<sup>۲\*</sup>

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی کشاورزی- علوم و صنایع غذایی گرایش میکروبیولوژی مواد غذایی، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم دارویی تهران، ایران

۲- استادیار گروه پژوهشی مواد غذایی، پژوهشکده صنایع غذایی و کشاورزی، پژوهشگاه استاندارد، کرج، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۶/۰۶/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۶/۰۸)

### چکیده

هدف از این تحقیق، بررسی اثر نوع حامل بر ویژگی های پودر کرفس تولید شده به وسیله دستگاه خشک کن پاششی است. برای این منظور، از حامل های صمغ عربی و مالتودکستری (DE ۱۶/۵ تا ۱۹/۵) در دو غلظت ۰/۰۱۲۵٪ و ۰/۰۲۵٪ (وزنی / وزنی) استفاده شد و اثر آن بر میزان پارامترهای رنگی، فعالیت آنتی اکسیدانی، دانسیته و دمای گذار شیشه ای بررسی گردید. نتایج نشان داد که نمونه پودر کرفس حاوی ۰/۰۱۲۵٪ صمغ عربی دارای بالاترین میزان رنگ سبز، زردی، درخشندگی، فعالیت آنتی اکسیدانی و دانسیته بود. بالاتر بودن میزان رنگ سبز و میزان فعالیت آنتی اکسیدانی نمونه پودر کرفس حاوی ۰/۰۱۲۵٪ صمغ عربی می تواند متأثر از نوع پیوندهای شرکت کننده در واکنش (آبگریز و آبدوست) بین حامل صمغ عربی و کلروفیل و همچنین مربوط به حفظ بهتر مواد فنولی و فلاونوئیدی توسط حامل صمغ عربی باشد.

**کلید واژگان:** پودر کرفس، خشک کن پاششی، مالتودکستری، صمغ عربی

\*مسئول مکاتبات: aminifar.m@standard.ac.ir

## ۱- مقدمه

صنعت غذا در هر سال، طیف وسیعی از محصولات با ساختار متفاوت، شکل جدید و ویژگی های مطلوب رنگ و بو را به بازار معرفی می کند که میوه و سبزی خشک شده یکی از انواع آن است. پودر میوه و سبزی در انواعی از غذاها مانند نوشیدنی ها، سوپ ها، کیک ها، شیرینی و بستنی ها و ماست استفاده می گردد. ارزش غذایی پودر میوه و سبزی، آنها را به اجزای مهم سس ها، اسنک ها، غذای کودک و غلات تبدیل کرده است [۱]. سبزیجات منابع غنی از ترکیبات پلی فنولی هستند، که این ترکیبات دارای عملکرد آنتی اکسیدانی قوی می باشند [۲ و ۳]. کرفس امروزه به عنوان یک محصول مهم باغی کشت داده می شود و از تخم آن به عنوان چاشنی طعم دهنده در محصولات غذایی استفاده می شود [۴]. کرفس حاوی مواد سلامت بخش متنوعی است که می توانند به عنوان کاهنده کلسترول عمل کنند و یا از انواع سرطان پیشگیری کنند [۵ و ۶]. تولید پودر کرفس زمینه کاربرد آن را به عنوان یک چاشنی مفید در کنار انواع غذاها فراهم کرده و یا امکان استفاده از آن را در فرمولاسیونهای مواد طبیعی که برای کاهش چربی و کلسترول خون، به کار می روند، ایجاد می کند [۷ و ۸].

روش های متعددی برای خشک کردن میوه ها و سبزیجات به کار می رود. دستگاه خشک کن پاششی یکی از کاربردی ترین انواع خشک کن ها در صنایع شیمیایی، دارویی و غذایی است. پودرهای تهیه شده با روش خشک کن پاششی دارای ویژگی ساختاری خوب و فعالیت آبی پایین هستند و برای انتقال و نگهداری مناسب می باشند. عوامل متعددی مانند ویژگی های خشک کن، دما و سرعت جریان هوا، سرعت جریان ماده ورودی به دستگاه و ترکیبات تشکیل دهنده مایع ورودی به دستگاه بر ویژگی های پودر تولید شده به روش خشک کن پاششی تأثیر دارند [۹].

ویژگی های فیزیکوشیمیایی و کیفیت غذایی پودر از عوامل تأثیرگذار بر کاربرد آن در صنعت غذا هستند. برای کاربرد بهتر پودرها در فرآورده های مختلف غذایی، ویژگی های مربوط به ویژگی های فیزیکوشیمیایی، ترکیب غذایی و جنبه کاربردی آنها حائز اهمیت است [۱۰]. چنان چه شرایط مورد استفاده در خشک کن پاششی مورد بهینه سازی قرار نگرفته باشد، پودر حاصل

چسبنده پیدا کرده و از حلالیت مناسبی برخوردار نخواهد بود، دچار بد رنگی شده و ترکیبات آنتی اکسیدان آن دچار صدمه حرارتی خواهد شد. یکی از روش های بهبود ویژگی های پودر تولید شده به روش خشک کن پاششی، استفاده از ترکیباتی به عنوان حامل می باشد [۱۱]. حامل ها با افزایش سطح خروج آب، صدمه حرارتی و در نتیجه بدرنگی را کاهش داده و حلالیت پودر در آب را افزایش می دهند. نوع و مقدار حامل، نقش مهمی بر ویژگی های پودر حاصل داشته و باید متناسب با ویژگی های عصاره انتخاب شوند. اضافه کردن کربوهیدرات ها با وزن مولکولی بالا نظیر مالتودکسترین و صمغ عربی به عنوان حامل در فرآیند تولید، از میزان چسبندگی عصاره به دیواره خشک کن کاسته و میزان جذب رطوبت پودر را نیز کاهش می دهند. همچنین، در پژوهش های انجام شده، اثر استفاده از سلولز به همراه حامل بر ویژگی های پودر تهیه شده به روش خشک کن پاششی مورد بررسی قرار گرفته و نتایج حاکی از بهبود ویژگی های پودر در هنگام استفاده از مخلوط سلولز و حامل بوده است [۱۰ و ۱۱]. از بین حامل های مختلف، مالتودکسترین با توجه به ویژگی های مناسب فیزیکی مانند حلالیت بالا در آب و نیز صمغ عربی با توجه به ویژگی های امولسیون سازی و حلالیت راحت در آب، مورد توجه پژوهشگران هستند [۱۲ و ۱۳]. پودر کرفس تهیه شده بدون استفاده از حامل بسیار چسبنده بوده و از ویژگی های فیزیکوشیمیایی و کاری مناسبی برخوردار نیست، لذا در این تحقیق، اثر حامل های صمغ عربی و مالتودکسترین در دو غلظت ۰/۰۱۲۵ و ۰/۰۲۵٪ بر مؤلفه های رنگی  $a^*$ ،  $b^*$  و  $L^*$ ، فعالیت آنتی اکسیداتیو و دانسیته پودر نهایی مورد بررسی قرار گرفته است.

## ۲- مواد و روش ها

### ۲-۱- مواد اولیه

کرفس از بازار محلی تهران خریداری شد و مواد مورد نیاز آزمایش ها شامل مالتودکسترین، آسکوربیک اسید و (۲،۲- دی فنیل -۱- پیکریل هیدرازیل، از شرکت سیگما-آلدريج (آمریکا) و صمغ عربی و متانول از شرکت مرک (آلمان) تهیه گردید.

## ۲-۲- روش ها

## ۲-۱- تهیه پودر کرفس

آب کرفس به وسیله دستگاه آبمیوه گیری (مدل General) (ساخت کشور آمریکا) و همزن تهیه شد و با استفاده از آب مقطر، میزان ماده جامد آن تا بریکس ۰/۱۲ تنظیم شد. نمونه پودر کرفس با استفاده از دستگاه خشک کن پاششی (مدل Buchi Mini Spray Dryer B-290، (ساخت کشور سوئیس) تولید شد. برای بررسی اثر حامل، مالتودکسترین (با ۱۶/۵DE تا ۱۹/۵) و صمغ عربی در دو سطح ۰/۱۲۵ و ۰/۰۲۵ (وزنی/وزنی) برای نمونه ها در نظر گرفته شد. نمونه ها به صورت ۰/۰۲۵M، ۰/۰۲۵A، ۰/۰۱۲۵M، ۰/۰۱۲۵A و ۰/۰۱۲۵ (بدون افزودنی) نامگذاری شده اند. M نشان دهنده مالتودکسترین و A

صمغ عربی می باشد و ۰/۰۱۲۵ و ۰/۰۲۵٪ حامل (مالتودکسترین و صمغ عربی) به کار رفته در نمونه ها می باشد. آب کرفس تهیه شده به بشر منتقل شد و افزودنی های مورد استفاده در آزمایش در غلظت های معین به آب کرفس اضافه گردید. نمونه ها به منظور حلالیت بهتر، به مدت چند دقیقه توسط مگنت هم زده شده و سپس، به دستگاه خشک کن پاششی منتقل شدند. مدت زمان فرآیند حدود ۱ الی ۳ ساعت بود و تبدیل شدن آب کرفس به پودر به میزان حجم نمونه (که در این تحقیق حدود ۵۰۰ میلی لیتر بود) وارد شده به دستگاه بستگی داشت. پارامترهای دستگاه خشک کن پاششی برای تمامی نمونه ها به صورت یکسان تنظیم گردید که در جدول ۲ نشان داده شده است.

Table 1 Percentage and type of carriers used in the production of celery powders by spray dryer

|   | Percentage | Carrier type |
|---|------------|--------------|
| 1 | 0.0125     | Maltodextrin |
| 2 | 0.025      | Maltodextrin |
| 3 | 0.0125     | Arabic gum   |
| 4 | 0.025      | Arabic gum   |
| 5 | 0          |              |

برای اندازه گیری میزان فعالیت آنتی اکسیدانی نمونه های پودر کرفس، از روش  $DPPH^{(1,2)}$  (دی فنیل -۱- پیکریل هیدرازیل) استفاده شد. ابتدا ۵۰۰ میلی گرم از نمونه پودر کرفس در متانول حل شد و به غلظت ۵۰۰ میلی گرم بر ۱۵ میلی لیتر رسانده شد. سپس، چند میکرولیتر از نمونه رقیق شده با DPPH مخلوط شد و محلول برای مدتی در محیط تاریک قرار گرفت. جذب محلول آماده شده در طول موج ۵۱۷ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر مرئی - فرابنفش PG instruments (ساخت کشور انگلستان) خوانده شد. از اسید آسکوربیک به عنوان نمونه شاهد استفاده شد [۱۵].

$$Absorbance = ((A_{DPPH} - A_{sample}) / A_{DPPH}) * 100 \quad (1)$$

$A_{DPPH}$  جذب DPPH و  $A_{sample}$  جذب نمونه آزمایش می باشد.

## ۲-۲-۵- آزمون دانسیته حجمی

Table 2 Parameters used in producing celery powders by spray dryer

|   |                |           |
|---|----------------|-----------|
| 1 | Pump rate      | 10%       |
| 2 | Q rate         | 30 ml/min |
| 3 | Aspirator rate | 90%       |
| 4 | Temperature    | 110 C     |

## ۲-۲-۳- آزمون رنگ سنجی

برای آزمون رنگ سنجی هر ۴ نمونه، از دستگاه Hunterlab colorflex (ساخت کشور آمریکا) استفاده شد. ظرف داخل دستگاه با نمونه پودر کرفس پوشانده می شود و مؤلفه ها توسط دستگاه خوانده می شود. مؤلفه  $a^*$  نشان دهنده میزان رنگ قرمز ( $+a$ ) و سبز ( $-a$ )، مؤلفه  $b^*$  نشان دهنده میزان رنگ زرد ( $+b$ ) و آبی ( $-b$ ) می باشد و مؤلفه  $L^*$  میزان درخشندگی را نشان می دهد [۱۴].

## ۲-۲-۴- آزمون فعالیت آنتی اکسیدانی

1. 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl

وزن مشخصی از نمونه پودر کرفس در استوانه مدرج حجمی مشخص (۵/۰ و ۱ میلی لیتر) ریخته شد و پس از ۲۰ بار ضربه زدن، حجم آن در استوانه اندازه گیری شد. دانسیته هر پودر با تقسیم میزان وزن به حجم محاسبه شد [۱۶ و ۱۰].

#### ۲-۶-۲-آزمون دمای گذار شیشه ای

برای اندازه گیری دمای گذار شیشه ای از دستگاه DSC (مدل Mettler Toledo)، (ساخت هنگ کنگ) استفاده شد. دمای گذار شیشه ای برای نمونه پودر کرفس حاوی ۰/۰۲۵٪ مالتودکستین، نمونه پودر کرفس حاوی ۰/۰۲۵٪/صمغ عربی و نمونه شاهد (بدون افزودنی) اندازه گیری شد. مقدار کمی از پودر (۴ تا ۵ میلی گرم) در دستگاه DSC قرار داده شد و از ۴۰- درجه سانتی گراد تا ۱۴۰ درجه سانتیگراد مورد بررسی قرار گرفت [۱۰].

#### ۲-۷-۲-روش تجزیه و تحلیل داده ها

تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزار Minitab 17 و با استفاده از روش تجزیه و تحلیل واریانس یک طرفه ANOVA انجام شد. مقایسه بین میانگین ها با تخمین واریانس های همگن، با استفاده از روش آنالیز Tukey گرفت و میزان تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۰/۰۵ ( $p < 0.05$ ) برای محاسبه داده ها در نظر گرفته شد.

### ۳- نتایج و بحث

#### ۳-۱- مؤلفه های رنگی

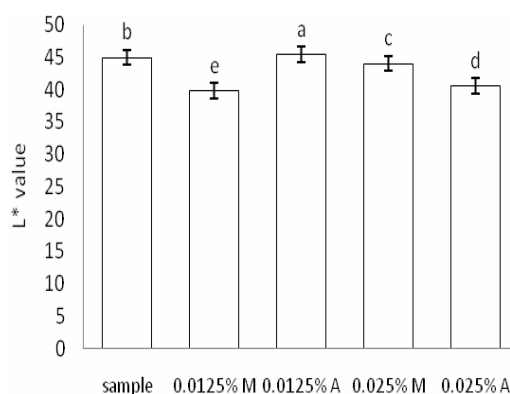
##### ۳-۱-۱- مؤلفه رنگی a\*

نتایج نشان داد که نمونه ها از لحاظ میزان مؤلفه a\*، تفاوت معنی داری با هم داشتند ( $P < 0.05$ ). همانطور که در شکل ۱ مشاهده می شود، میزان مؤلفه a\* در نمونه های حاوی ۰/۰۱۲۵٪ صمغ عربی و ۰/۰۱۲۵٪ مالتودکستین (نسبت به نمونه ساده) افزایش پیدا کرده است؛ به طوری که نمونه حاوی ۰/۰۱۲۵٪ صمغ عربی، بیشترین میزان مؤلفه a\* را نشان داد. این نتیجه، قابلیت بالای محافظت و نگهداری رنگدانه توسط این نمونه در مقایسه با سایر نمونه ها را نشان می دهد. در بررسی نتایج مشاهده شد که در تمامی تیمارها و در سطوح یکسان، حامل، صمغ عربی به میزان بیشتری رنگ سبز

را در مقایسه با مالتودکستین حفظ کرده است که این امر می تواند مربوط به تفاوت در ساختار شیمیایی آن ها باشد. صمغ عربی از واحدهای الیگوساکارید، پلی ساکاریدها و به ویژه گلیکوپروتئین ها تشکیل شده است که خاصیت امولسیفایری دارند. در نتیجه، می توانند با مولکول های کلروفیل که دارای گروه فیتول آگرایز و حلقه پورفیرین آبدوست هستند، پیوند تشکیل دهند؛ در حالی که مالتودکستین از مشتقات نشاسته اصلاح شده می باشد که می تواند در طول فرآیند یک لایه نازک در اطراف کلروفیل تشکیل دهد. پیوندهایی که مالتودکستین می تواند با ترکیباتی که برای پوشش دادن آن ها استفاده می شود برقرار کند، از نوع پیوندهای هیدروفوبیک، واندروالس، هیدروژنی و الکترواستاتیک هستند (۱۷)، ولی از آنجاکه مالتودکستین خاصیت امولسیفایری ندارد و نمی تواند فعالیت سطحی در سطح مشترک روغن و آب داشته باشد، اثر محافظت کنندگی آن به اندازه صمغ عربی نیست. همچنین، مشاهده شد که افزایش غلظت حامل بر میزان رنگ اثر منفی دارد. پروراد و پرونی (۲۰۱۰)، با ریزپوشانی ترکیبات مشتقات کلروفیل- روی با حامل های مالتودکستین و صمغ عربی توسط خشک کن پاششی و بررسی مؤلفه a\* به نتایج مشابهی رسیدند و میزان مؤلفه a- در ریزکپسول حاوی صمغ عربی (۸/۷۵-) بیشتر از مالتودکستین (۸/۳۷-) گزارش شد [۱۷]. بوساری و همکاران (۲۰۱۴)، تمبر هندی را با حامل های مالتودکستین و صمغ عربی توسط خشک کن پاششی با ۴۰، ۵۰، و ۶۰٪ از حامل ریزپوشانی کردند. نتایج این پژوهشگران نشان داد که میزان مؤلفه a\* در ریزکپسول حاوی صمغ عربی بیشتر از مالتودکستین است [۱۶]. افزایش میزان حامل صمغ عربی و مالتودکستین از ۰/۰۱۲۵٪ به ۰/۰۲۵٪ موجب کاهش رنگ سبز در نمونه شد که می تواند مربوط به کاهش میزان رنگدانه در اثر جایگزینی با حامل افزوده شده به نمونه باشد که با تحقیق یوسفی و همکاران (۲۰۱۰) در ریزپوشانی پودر انار با حامل های مالتودکستین و صمغ عربی توسط خشک کن پاششی و همچنین تحقیق بوساری و همکاران (۲۰۱۴) در ریزپوشانی تمبر هندی با حامل های مالتودکستین و صمغ عربی توسط خشک کن پاششی با ۴۰، ۵۰، و ۶۰٪ از حامل مطابقت دارد [۱۷، ۱۶ و ۱۰].

## ۳-۱-۳- مؤلفه رنگی \*L

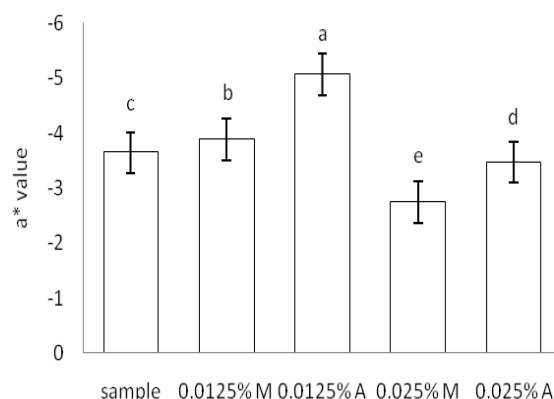
نمونه های پودر کرفس از نظر مؤلفه \*L با یکدیگر تفاوت معنی داری داشتند ( $p < 0.05$ ). همانطور که در نمودار ۳ مشاهده می شود، نمونه حاوی ۰.۰۱۲۵٪ صمغ عربی، بیشترین میزان درخشندگی را نشان می دهد. ایده‌آم و همکاران (۲۰۱۰) با ریزپوشانی ترکیبات آنتوسیانینی روسل<sup>۲</sup> با حامل های مالتودکسترین و صمغ عربی توسط خشک کن پاششی و بررسی مؤلفه \*L نشان دادند که میزان درخشندگی (\*L) در ریزکپسول حاوی صمغ عربی (۴۴/۹) بیشتر از مالتودکسترین (۳۹/۳) بود [۱۸]. همچنین، در پژوهش بوساری و همکاران (۲۰۱۴)، نمونه های حاوی صمغ عربی در مقایسه با مالتودکسترین، میزان درخشندگی بیشتری را نشان دادند [۱۶].



**Fig 3** Effect of the carrier type and concentration on L\* value of celery powders produced by spray dryer (M: maltodextrin, A: Arabic Gum, 0.0125% and 0.025%: concentration of the carrier. Samples labeled with same letters have significant difference ( $p \leq 0.05$ ))

## ۳-۲- فعالیت آنتی اکسیدانی

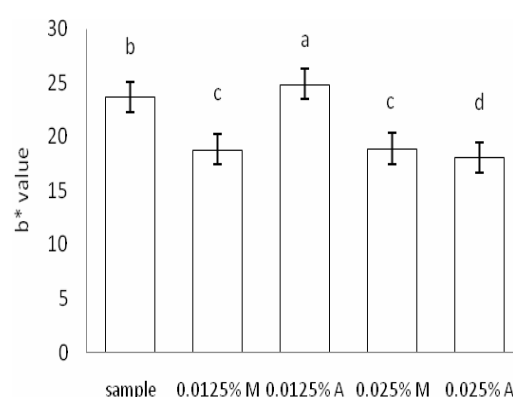
در این تحقیق، نمونه حاوی ۰.۰۱۲۵٪ صمغ عربی، بیشترین میزان فعالیت آنتی اکسیدانی را نشان داد و بعد از آن نمونه حاوی ۰.۰۱۲۵٪ مالتودکسترین قرار داشت. در بررسی نتایج مشاهده شد که در تمامی تیمارها و در سطح یکسان از حامل، نمونه حاوی صمغ عربی میزان فعالیت آنتی اکسیدانی بیشتری در مقایسه با مالتودکسترین داشت. تحقیق پرورداد و پرانی (۲۰۱۰)، نتایج مشابهی را نشان دادند [۱۷].



**Fig 1** Effect of the carrier type and concentration on a\* value of celery powders produced by spray dryer (M: maltodextrin, A: Arabic Gum, 0.0125% and 0.025%: concentration of the carrier. Samples labeled with same letters have significant difference ( $p \leq 0.05$ ))

## ۳-۲-۱- مؤلفه رنگی \*b

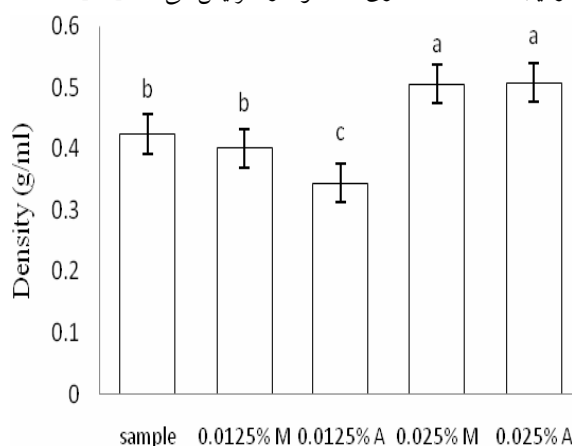
نتایج تحقیق نشان داد که از لحاظ میزان مؤلفه \*b، نمونه ها تفاوت معنی داری با هم داشتند ( $P < 0.05$ ). همانطور که در شکل ۲ مشاهده می شود، نمونه حاوی ۰.۰۱۲۵٪ صمغ عربی دارای بیشترین میزان مؤلفه \*b است. با افزایش غلظت مالتودکسترین از ۰.۰۱۲۵٪ به ۰.۰۲۵٪، در مؤلفه \*b تغییر معنی داری ایجاد نشد، در حالیکه افزایش غلظت صمغ عربی، سبب کاهش معنی دار مؤلفه \*b شد. به صورت مشابهی بوساری و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند که در هنگام ریزپوشانی تمبر هندی با حامل صمغ عربی توسط خشک کن پاششی با افزایش درصد حامل میزان مؤلفه \*b کاهش می یابد [۱۶].



**Fig 2** Effect of the carrier type and concentration on b\* value of celery powders produced by spray dryer (M: maltodextrin, A: Arabic Gum, 0.0125% and 0.025%: concentration of the carrier. Samples labeled with same letters have significant difference ( $p \leq 0.05$ ))

و همکاران (۲۰۱۳)، افزایش غلظت مالتودکسترین، اثر معناداری بر دانسیته حجمی پودرها نشان نداد [۲۲]. جعفری و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند که با افزایش غلظت مالتودکسترین، دانسیته ظاهری محصول نهایی کاهش می یابد که این امر می تواند مربوط به کاهش میزان رطوبت یا بالا رفتن هوای محبوس شده در ذرات باشد [۲۳]. زتارلی و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که با اضافه کردن مالتودکسترین میزان دانسیته حجمی پودر انبه افزایش پیدا می کند [۲۴].

در سطح ۰/۰۱۲۵٪ حامل، نمونه حاوی مالتودکسترین میزان دانسیته بالاتری نسبت به نمونه حاوی صمغ عربی نشان داد که این امر می تواند مربوط به تفاوت در شکل ظاهری ذرات، تحت تأثیر حامل به کار رفته باشد. در پژوهشی که قبلاً مورد بررسی قرار گرفته است، مشخص شد که ذرات کروی شکل بیشترین میزان دانسیته حجمی را دارند و همچنین نشان داده شد که پودرهای کروی شکل می توانند متراکم شوند [۱۷]. دانسیته بالای پودر سبب کاهش میزان نفوذ اکسیژن (کاهش اکسیداسیون) شده و در نتیجه، مدت ماندگاری محصول را افزایش می دهد [۲۵].

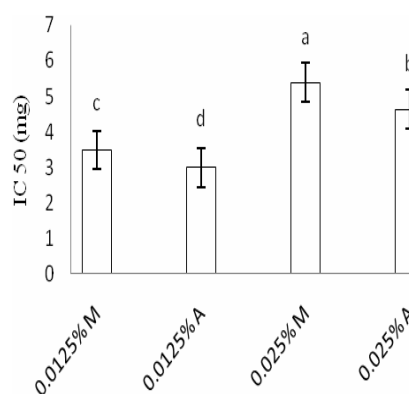


**Fig 5** Effect of the carrier type and concentration on density of celery powders produced by spray dryer (M: maltodextrin, A: Arabic Gum, 0.0125% and 0.025%: concentration of the carrier. Samples labeled with same letters have no significant difference ( $p \leq 0.05$ ))

### ۴-۳- دمای گذار شیشه ای

نتایج حاصل از بررسی دمای گذار شیشه ای نمونه پودر کرفس حاوی ۰/۰۱۲۵٪ مالتودکسترین، نمونه پودر کرفس حاوی ۰/۰۲۵٪ صمغ عربی و نمونه ساده (بدون افزودنی) در جدول ۳ مشاهده می شود. نتایج نشان می دهد که در دمای گذار شیشه ای،

علاوه بر این، با افزایش میزان حامل در هر تیمار از ۰/۰۱۲۵٪ به ۰/۰۲۵٪، میزان فعالیت آنتی اکسیدانی کاهش پیدا کرد، که این امر را می توان به جایگزین شدن رنگدانه های کرفس با حامل در غلظت های بالاتر نسبت داد. نتایج تحقیقات نشان داده است که میزان فعالیت آنتی اکسیدانی با میزان رنگدانه مرتبط است و کاهش رنگدانه در نمونه های با حامل بیشتر باعث کاهش میزان فعالیت آنتی اکسیدانی آنها شده است [۱۷ و ۱۸]. با توجه به قابلیت صمغ عربی در پیوند با هردو گروه آبگریز و آبدوست مولکول کلروفیل، میزان فعالیت آنتی اکسیدانی نمونه حاوی صمغ عربی بالاتر از نمونه حاوی مالتودکسترین می باشد که خاصیت امولسیفایری ندارد و پیوندهای کمتری با کلروفیل تشکیل می دهد [۱۷، ۱۹]. بالاتر بودن میزان فعالیت آنتی اکسیدانی در پودر حاوی صمغ عربی می تواند به علت حفظ بهتر مواد فنولی و فلاوونوئیدی کرفس در حین فرایند خشک کردن به وسیله این صمغ باشد [۲۰ و ۲۱].



**Fig 4** Effect of the carrier type and concentration on antioxidant activity of celery powders produced by spray dryer (M: maltodextrin, A: Arabic Gum, 0.0125% and 0.025%: concentration of the carrier. Samples labeled with same letters have no significant difference ( $p \leq 0.05$ ))

### ۳-۳- دانسیته حجمی

همانطور که در نمودار ۵ مشاهده می شود، افزایش میزان حامل از ۰/۰۱۲۵٪ به ۰/۰۲۵٪ سبب افزایش میزان دانسیته می شود که این امر می تواند مربوط به سنگین تر شدن پودرها در اثر افزایش میزان حامل در نمونه ها باشد. در تحقیق یوسفی و همکاران (۲۰۱۰) با افزایش حامل برخی نمونه ها کاهش و در برخی نمونه ها، افزایش دانسیته مشاهده شد [۱۰]. در تحقیق میسرا

سایر نمونه ها، اثر صمغ عربی با غلظت ۰/۰۱۲۵٪ بر میزان رنگ سبز و فعالیت آنتی اکسیدانی نمونه پودر کرفس قابل توجه است.

## ۵- منابع

- [1] Janiszewska, E., & Wlodarczyk, J.(2013). Influence of spray drying conditions on beetroot pigments retention after microencapsulation process. *Acta Agrophysica*, 20(2), 343-356.
- [2] M. A. Alsuhaibani, A.(2013). Antioxidant activity of celery in vitro and vivo. *Journal of American Science*, 9(6), 459-465.
- [3] Bhusari, S. N., & Kumar, P.(2014). Antioxidant activities of spray dried tamarind pulp powder as affected by carrier type and their addition rate. *International Conference on Food, Biological and Medical Sciences (FBMS-2014) Jan. 28-29, Bangkok (Thailand)*.
- [4] Papamichail, I., Louli, V., & Magoulas, K.(2000). Supercritical fluid extraction of celery seed oil. *Journal of Supercritical Fluids*, 18, 213-226.
- [5] AbdEl-Fattah, S. A.(2014). Biochemical and nutritional impact of celery and turnip leaves on induced obese by high fat diet (HFD). *Journal of Food and Nutrition Sciences*, 2(6), 285-302.
- [6] Modaresi, M.(2014). The effect of Apium Graveolens extract on pituitary-testis axis in mice. *Journal of Biological Sciences*, 9(3), 112-114.
- [7] Singh, S., & Dixit, D.(2014). A review on spray drying: Emerging technology in food industry. *International Journal of Applied Engineering and Technology*, 4(1), 1-8.
- [8] Dianat, M., Veisi, A., Ahangarpour, A., & Fathi Moghaddam, H.(2015). The effect of hydro-alcoholic celery (*Apiumgraveolens*) leaf extract on cardiovascular parameters and lipid profile in animal model of hypertension induced by fructose. *Avicenna Journal of Phytomedicine*, 5(3), 203-209.
- [9] M. A. El-Hamzy, E., & A. El-kholany, E. (2014). Effects of spray drying conditions on the physicochemical and antioxidant properties of the Licorice (*Glycyrrhizaglabra*) powder and evaluation of their antimicrobial activity.

اختلاف قابل توجهی بین ۲ نمونه پودر کرفس حاوی ۰/۰۲۵٪ صمغ عربی و پودر کرفس حاوی ۰/۰۲۵٪ مالتودکسترین مشاهده نمی شود.

نتایج حاصل از تحقیق یوسفی و همکاران (2010) که اثر حامل بر پودر انار را مورد بررسی قرار دادند، نشان داد که در نمونه صمغ عربی بدون سلولز، دمای گذار شیشه ای ۵۲/۸۳ درجه سانتیگراد بوده و در نمونه صمغ عربی همراه با ۳٪ سلولز، دمای گذار شیشه ای ۷۷/۰۲ درجه سانتیگراد می باشد. همچنین، زتارلی و همکاران (۲۰۱۶) با بررسی تأثیر مالتودکسترین بر تولید پودر انبه به وسیله خشک کن پاششی نشان دادند که دمای گذار شیشه ای نمونه بدون مالتودکسترین و حاوی مالتودکسترین به ترتیب ۲۶/۷۴ و ۳۲/۳۸ درجه سانتیگراد بود و این امر می تواند مربوط به غلظت بالای قند (به خصوص سوکروز، گلوکز و فروکتوز) و اسیدهای آلی در نمونه بدون مالتودکسترین باشد. تفاوت نتایج دمای گذار شیشه ای در پژوهش حاضر و سایر تحقیقاتی که بیان شد، می تواند مربوط به تفاوت در نمونه های مورد آزمایش و اختلاف در مواد موجود در میوه ها و سبزیجات و غلظت قند موجود در آن ها و همچنین تفاوت میزان غلظت حامل مورد استفاده باشد [۲۴و۱۰].

**Table 3** T<sub>g</sub> point of celery powders produced by spray dryer

|   | Carrier type and percentage | Temperature (°C) |
|---|-----------------------------|------------------|
| 1 | Sample                      | 82.77            |
| 2 | 0.025% of Arabic gum        | 78.47            |
| 3 | 0.025% of Maltodextrin      | 78.09            |

## ۴- نتیجه گیری

در این تحقیق، اثر نوع حامل (صمغ عربی و مالتودکسترین) در دو غلظت ۰/۰۲۵٪ و ۰/۰۱۲۵٪ (وزنی/ وزنی)، بر ویژگی های مختلف نمونه پودر کرفس تهیه شده با خشک کن پاششی بررسی شد. ارزیابی نتایج آزمون های رنگ سنجی، میزان فعالیت آنتی اکسیدانیو دانسیته، نشان داد که نمونه پودر کرفس حاوی ۰/۰۱۲۵٪ صمغ عربی دارای بالاترین میزان رنگ سبز، زردی، درخشندگی، فعالیت آنتی اکسیدانی و دانسیته بود. در مقایسه با

- from Pandan leaf by spray drying and its characteristic. *International Food Research Journal*, 17, 1031-1042.
- [18] Idham, Z., Muhamad, I. I., & Sarmidi, M. R. (2010). Degradation kinetics and color stability of spray-dried encapsulated anthocyanins from *Hibiscus sabdariffa* L. *Journal of Food Process Engineering*, 35, 522-542.
- [19] Hasheminya S. M., & Dehghannya, J. (2015). Spray dryers: Applications, performance, essential parts and classifications. *International Journal of Farming and Allied Sciences*, 2(19), 756-759.
- [20] Costa, S. S., Souza-Machado, B. A., Martin A. R., Bagnara, F., Ragadalli, S. A., & Costa-Alves, A. R. (2015). Drying by spray drying in the food industry: micro-encapsulation, process parameters and main carriers used. *African Journal of Food Science*, 9(9), 462-470.
- [21] Yao, Y., Sang, W., Zhou, M., & Ren, G. (2010). Phenolic composition and antioxidant activities of 11 celery cultivars. *Journal of Food Science*, 75(1), 9-13.
- [22] 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 (*Emblia officinalis*) juice powder. *Food and Bioproducts Processing*, 92(3), 252-258.
- [23] Jafari, S. M., Ghalegi-Ghalenoei, M., & Dehnad D. (2017). Influence of spray drying on water solubility index, apparent density, and anthocyanin content of pomegranate juice powder. *Powder Technology*, 311, 59-65.
- [24] Zotarelli, M. F., da Silva, V. M., Durigon, A., Hubinger, M. D., & Laurindo, J. B. (2017). Production of mango powder by spray drying and cast-tape drying. *Powder Technology*, 305, 447-454.
- [25] Carneiro, H. C. F., Tonon, R. V., Grosso, C. R. F., & Hubinger, M. D. (2013). Encapsulation efficiency and oxidative stability of flaxseed oil microencapsulated by spray drying using different combinations of wall materials. *Journal of Food Engineering*, 115, 443-451.
- Applied Sciences Research Journal*, 10(13), 72-86.
- [10] Yousefi, S. H., Emam-Djomeh, Z., & Mousavi, S. M. (2010). Effect of carrier type and spray drying on the physicochemical properties of powdered and reconstituted pomegranate juice (*Punica Granatum* L.). *Association of Food Scientists & Technologists*, 48(6), 677-684.
- [11] Ferrari, C. C., Ribeiro, C. P., Liserre, A. M., Moreno, I., Marconi Germer, S. P., & Mauricio de Aguirre, J. (2011). Spray drying of black berry juice using maltodextrin or gum Arabic as carrier agents. Conference Paper. Written for presentation at the 2011 CIGR Section VI International Symposium on Towards a Sustainable Food Chain Food Process, Bioprocessing and Food Quality Management. Nantes, France - April 18-20.
- [12] Jittanit, W., Chantara-In, M., Deying, T., & Ratanavong, W. (2011). Production of tamarind powder by drum dryer using maltodextrin and Arabic gum as adjuncts. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 33(1), 33-41.
- [13] Li, Y., Lai, P., Chen, J., Shen, H., Wu, L., & Tang, B. (2015). Physicochemical and antioxidant properties of spray drying powders from *Stropharia rugoso-annulata* and *Agaricus brunnescens* blanching liquid. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 9(5), 372-378.
- [14] Kortei, N. k., Odamtten, G. T., Obodai, M., Appiah, V., & Akonor, P. T. (2015). Determination of color parameters of gamma irradiated fresh and dried mushrooms during storage. *Croatian Journal of Food Technology, Biotechnology and Nutrition*, 10(1-2), 66-71.
- [15] Akdeniz, B., Sumnu, G., Sahin, S. (2017). The effects of maltodextrin and gum arabic on encapsulation of onion skin phenolic compounds. *Chemical Engineering Transactions*, 57, (In press).
- [16] Bhusari, S. N., Muzaffar, K., & Kumar, P. (2014). Effect of carrier agents on physical and microstructural properties of spray dried tamarind pulp powder. *Powder Technology*, 266, 354-364.
- [17] Porrarud, S., & Pranee, A. (2010). Microencapsulation of Zn-chlorophyll pigment

## Effect of the carrier on the properties of celery powder produced by spray dryer

Heydari bazardehi, S. H. <sup>1</sup>, Aminifar, M. <sup>2\*</sup>

1. Department of Food science, Pharmaceutical Science Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

2. Department of Food science & Technology, Faculty of Food Industry and Agriculture, Standard Research Institute (SRI), Karaj, Iran

(Received: 2017/09/02 Accepted:2018/08/30)

The purpose of this study is to investigate the effect of carrier type on the characteristics of the celery powder produced by spray dryer. For this aim, Arabic gum and maltodextrin (16.5-19.5 DE) were used in two concentrations of 0.0125% and 0.025% (w/w) and their effect on color parameters ( $a^*$ ,  $b^*$ ,  $L^*$ ), antioxidant activity, density and  $T_g$  point were investigated. The results showed that the celery powder containing 0.0125% of Arabic gum had the highest values for the parameters  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $L^*$ , antioxidant activity, and density. The higher level of green color and the antioxidant activity of celery powder containing 0.125% Arabic gum could be related to the type of bonds involved in the reaction (hydrophobic and hydrophilic) between the Arabic gum and chlorophyll carrier, as well as the better preservation of phenolic and flavonoid compounds by Arabic gum carrier.

**Keywords:** Celery powder, Spray dryer, Maltodextrin, Arabic gum

---

\* Corresponding Author E-Mail Address: aminifar.m@standard.ac.ir