



## ارزیابی تاثیر خشک کردن حرارتی و انجمادی بر ترکیبات شیمیایی و خصوصیات عملکردی تفاله هویج

زهرا رضوانی<sup>۱</sup>، سید امیرحسین گلی<sup>۲\*</sup>

۱- کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

۲- استاد، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

اطلاعات مقاله	چکیده
تاریخ های مقاله :	
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۰۱	
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۳۰	
کلمات کلیدی:	
تفاله هویج،	
خشک کردن،	
پودر تفاله هویج،	
خشک کن انجمادی،	
خصوصیات عملکردی.	
DOI: 10.22034/FSCT.19.128.147	
DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.128.19.4	
* مسئول مکاتبات:	
amirgoli@cc.iut.ac.ir	

متاسفانه در سال های اخیر میزان ضایعات ناشی از فراوری مواد غذایی افزایش یافته است و موجب شده تا محققین صنعت غذا به منظور کاهش مشکلات زیست محیطی ناشی از انباشت این ضایعات به دنبال استفاده از آن ها برای تولید محصولات جدید دارای ارزش اقتصادی باشند. از میان این ضایعات، می توان به تفاله هویج اشاره کرد که سرشار از ترکیبات مغذی و دارای خصوصیات عملکردی مناسب می باشد. در این مطالعه تفاله هویج تازه با استفاده از آون هوای داغ (دمای  $60^{\circ}\text{C}$  و  $80^{\circ}\text{C}$ ) و همچنین خشک کن انجمادی خشک شد و کیفیت تفاله خشک از نظر خصوصیات عملکردی (دانسیته توده ای، اندازه ذرات، ظرفیت جذب آب و روغن، خاصیت آنتی اکسیدانی، کاروتنوئید، رنگ و ریز ساختار) و ترکیبات شیمیایی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به دست آمده نشان داد که روش و دمای خشک کردن بر میزان ترکیبات شیمیایی تفاله تاثیر معنا داری دارد. افزایش دمای آون (از  $60^{\circ}\text{C}$  به  $80^{\circ}\text{C}$ ) موجب کاهش معنادار رطوبت و چربی شد ولی بر میزان فیبر خام تاثیر معناداری نداشت. نمونه خشک شده به روش انجمادی نیز در مقایسه با نمونه های خشک شده در آون، حاوی کمترین میزان رطوبت بود. همچنین نتایج حاصل از خصوصیات عملکردی نمونه های خشک شده نشان داد که روش و دمای خشک کردن بر محتوای کاروتنوئید و اندازه ذرات نمونه ها تاثیر معناداری ندارد. افزایش دمای آون موجب کاهش معنادار دانسیته توده ای و ظرفیت جذب آب نمونه ها (از  $15/97$  به  $14/57$  گرم آب بر گرم تفاله خشک) شد. خشک کردن به روش انجمادی نیز در مقایسه با آون، کمترین میزان دانسیته توده ای و بیشترین میزان ظرفیت جذب آب و روغن و خاصیت آنتی اکسیدانی را نشان داد. همچنین این نمونه کیفیت رنگ بهتر و تخلخل ساختاری بیشتری داشت. بنابراین، تفاله هویج خشک شده به روش انجمادی می تواند برای غنی سازی محصولات غذایی استفاده شود.

## ۱- مقدمه

هویج با نام علمی *Daucus carota L.ssp. sativus* دومین سبزی محبوب پس از سیب زمینی در دنیا است. این محصول یکی از مهم‌ترین گیاهان ریشه ای ارزان قیمت و سرشار از ترکیبات زیست فعال مانند کاروتنوئیدها، ترکیبات فنلی، اسید آسکوربیک، انواع قند، املاح و انواع ویتامین‌ها است که در سراسر جهان برای مصرف انسان و به‌عنوان خوراک دام کشت می‌شود [۱]. کاروتنوئیدها پیش ساز مهم ویتامین A در بدن انسان هستند که در رشد و عملکرد دندان، استخوان، پوست و چشم نقش دارد. همچنین به‌عنوان آنتی اکسیدان عمل می‌کنند و دارای اثرات سلامتی بخش همانند پیشگیری از بروز انواع سرطان، جلوگیری از بیماری‌های قلبی عروقی و تقویت عملکرد سیستم ایمنی بدن می‌باشند [۲].

متأسفانه در سال‌های اخیر میزان ضایعات ناشی از فراوری مواد غذایی افزایش یافته است و موجب شده تا محققین صنعت غذا به منظور کاهش مشکلات زیست‌محیطی ناشی از انباشت این ضایعات به دنبال استفاده از آن‌ها برای تولید محصولات جدید دارای ارزش اقتصادی باشند [۳ و ۴].

پس از آبیگری هویج، به میزان ۳۰-۵۰٪ وزن ماده اولیه، تفاله تولید می‌شود. تفاله هویج معمولاً دور ریخته شده و یا به‌عنوان کود استفاده می‌شود درحالی که سرشار از مواد مغذی با ارزش است [۳]. این موضوع باعث می‌شود تا محققین صنعت غذا به استفاده از این ظرفیت در مواد غذایی ترغیب شوند. باید توجه داشت که رطوبت زیاد تفاله هویج باعث حساسیت به فساد و رشد میکروارگانیسم‌ها شده، بنابراین؛ خشک‌کردن اولین قدم برای استفاده از تفاله هویج در مواد غذایی است. حذف آب از تفاله باعث کاهش وزن و هزینه حمل‌ونقل و انبارداری می‌شود. از طرفی فرایند خشک‌کردن می‌تواند اثرات تخریبی بر ترکیبات تفاله هویج، به طور عمده بر ترکیبات کاروتنوئیدی به علت حساسیت به گرما و اکسیژن، داشته باشد. به همین منظور، مطالعات زیادی برای ارزیابی تأثیر روش‌های مختلف خشک‌کردن از جمله روش‌های حرارتی معمولی (آون) و غیرحرارتی (خشک‌کن انجمادی) بر تغییرات شیمیایی تفاله هویج انجام شده است [۵].

پولات<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۲۲) تفاله هویج سیاه را به ۵ روش انجمادی، ماکروویو، همرفتی، آون تحت خلأ و خشک کردن آبی همرفتی<sup>۲</sup> خشک کردند و پودر تفاله تولیدی را از نظر رنگ، ترکیبات فرار و فنلی مقایسه کردند. یافته‌ها نشان داد که فرآیند خشک کردن باعث کاهش میزان آنتوسیانین‌ها، ترکیبات فنلی و فرار می‌شود و نمونه خشک شده با خشک کن انجمادی، از لحاظ کیفیت مشابه نمونه تازه بود [۶].

در مطالعه‌ای دیگر توسط جانیشوسکا<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۳) تأثیر روش‌های مختلف خشک‌کردن بر خصوصیات فیزیکی تفاله هویج بشفش بررسی شد. خشک‌کردن با استفاده از چهار روش هوای داغ همرفتی، ماکروویو همرفتی، مادون‌فرمز همرفتی و خشک‌کردن انجمادی انجام شد. نمونه خشک شده به روش انجمادی کمترین دانسیته توده‌ای و بیشترین تخلخل را نشان داد.

چون در روش انجمادی حذف رطوبت به‌صورت مایع انجام نمی‌شود، بنابراین؛ ساختار محصول بهتر حفظ شده و چون ساختار متخلخل می‌شود، محصولی مشابه به ماده اولیه تولید می‌گردد. همچنین، به علت عدم وجود اکسیژن و عدم اعمال حرارت در طی فرایند، محصول نهایی از لحاظ رنگ، شکل، عطر، بافت و فعالیت بیولوژیکی نسبت به دیگر روش‌ها از کیفیت بیشتری برخوردار است. از طرفی، هزینه این روش به علت سرعت کم، مصرف انرژی زیاد و زمان نسبتاً طولانی، نسبت به روش‌های دیگر، بیشتر است [۷].

مطالعاتی برای استفاده از پودر تفاله هویج در محصولاتی مانند غلات، نوشیدنی‌های فراسودمند، غذای حیوانات، محصولات فاقد گلوتن، سس، محصولات لبنی و سوسیس انجام شده است [۸ و ۹].

در این تحقیق تفاله هویج تازه با استفاده از آون هوای داغ (دمای ۶۰ °C و ۸۰ °C) و همچنین خشک کن انجمادی خشک شد و سپس تأثیر روش و دمای خشک‌کردن بر ترکیب شیمیایی و خصوصیات عملکردی پودر به دست آمده مورد بررسی قرار گرفت.

1. Polat
2. Conductive hydro drying
3. Janiszewska

## ۲- مواد و روش‌ها

## ۲-۱- مواد

هوچ تازه رقم آلفا از مزرعه محلی واقع در منطقه درچه استان اصفهان و روغن کانولا از بازار محلی تهیه شد. تمامی مواد شیمیایی با درجه آزمایشگاهی از شرکت مرک<sup>۱</sup> (آلمان) و سیگما آلدریج<sup>۲</sup> (آمریکا) خریداری شد.

## ۲-۲- خشک کردن تفاله هوچ و تعیین

## خصوصیات آن

هوچ تازه رقم آلفا (۸۸٪ رطوبت) با راندامان ۷۰٪ (۳۰٪ وزنی/ وزنی تفاله) آبیگری شد. تفاله‌ی مرطوب حاصل از آبیگری روی سینی‌های استیل با ضخامت یک سانتی‌متر پهن و تحت شرایط زیر خشک شد:

- آون هوای داغ (هریوس<sup>۳</sup> مجهز به جریان هوا مدل K5042T، سوئیس) در دمای ۶۰ °C و ۸۰ °C به ترتیب به مدت ۱۱ و ۷ ساعت تا رسیدن به وزن ثابت.

- خشک‌کن انجمادی (دنا و کیوم<sup>۴</sup> مدل FD-5003-BD، ایران) با دمای ۴۲ °C- و فشار ۲- میلی بار به مدت ۲۴ ساعت.

تفاله های خشک شده پس از جمع آوری، با آسیاب خانگی (مایسان<sup>۵</sup> مدل MBG-97، انگلستان) پودر و از الک با مش ۴۰ عبور داده شد. پودر حاصل در بسته‌های پلی اتیلنی جهت انجام آزمایشات در یخچال نگهداری شد.

## ۲-۲-۱- تعیین ترکیبات شیمیایی پودر تفاله هوچ

ترکیبات شیمیایی پودر تفاله هوچ به روش AOAC تعیین شد. مقدار رطوبت (۱۰۰ گرم/گرم) با خشک کردن در دمای ۱۰۵ °C تا رسیدن به وزن ثابت، مقدار خاکستر (۱۰۰ گرم/گرم) با سوزاندن و سپس حرارت دادن در کوره (هاتسپوت<sup>۶</sup>، انگلستان) ۵۰۰ °C به مدت ۶ ساعت، مقدار پروتئین (۱۰۰ گرم/گرم) با تعیین میزان نیتروژن به روش کلدال (۶/۲۵×N) و مقدار چربی (۱۰۰ گرم/گرم) نیز با ۱۰ سیکل استخراج به روش سوکسله با

حلال پترولیوم اتر تعیین شد. مقدار کربوهیدرات (۱۰۰ گرم/گرم) نیز از تفاضل سایر ترکیبات از ۱۰۰ به دست آمد [۱۰ و ۱۱].

فیبر خام نمونه‌ها به روش AOAC -۱۴ / ۰۲۰<sup>۷</sup> تعیین شد. ۲ گرم از نمونه توزین و با ۲۰۰ میلی لیتر محلول اسید سولفوریک ۱/۲۵٪ داغ به مدت ۱۵ دقیقه در حجم ثابت (با افزودن آب مقطر داغ) جوشانده شد. سپس محلول توسط پارچه صاف شد. رسوبات با آب گرم و سرد شسته و به بشر حاوی ۲۰۰ سی سی محلول سود ۱/۲۵٪ اضافه شده و در حجم ثابت جوشانده شد. پس از این مدت محتویات بشر با پارچه، صاف و با آب گرم و سرد و اسید کلریدریک ۱٪ شستشو داده شد. پس از افزودن مقدار کمی اتانول و استون، رسوبات به کروزه منتقل و در ۱۰۰ °C خشک شدند. سپس به مدت ۳ ساعت در کوره الکتریکی قرار داده شدند. میزان فیبر نمونه ها طبق معادله زیر محاسبه شد:

$$\text{Crude} = \frac{\text{وزن گرویه پس از سوزاندن} - \text{وزن گرویه پیش از سوزاندن}}{\text{وزن نمونه}} \times 100$$

fiber (%)

۲-۲-۲- اندازه گیری دانسیته توده‌ای<sup>۸</sup>

برای محاسبه دانسیته توده‌ای پودر، ۵ گرم از آن در استوانه مدرج ریخته شد و ۲۰ بار به آن ضربه زده شد تا دیگر کاهش حجمی رخ ندهد. حجم نهایی توسط ارتفاع نمونه در استوانه مدرج تعیین و مقدار دانسیته توده‌ای طبق معادله زیر محاسبه شد [۱۲]:

$$\text{Bulk density} = \frac{\text{وزن پودر (گرم)}}{\text{حجم وزن مشخص از آن (میلی لیتر)}}$$

## ۲-۲-۳- تعیین pH

پودر تفاله هوچ با آب دیونیزه (۱:۱۰) مخلوط و به مدت یک روز در یخچال هیدراته شد. پس از صاف کردن با کاغذ صافی، pH محلول با پی اچ متر دیجیتالی (جن وی<sup>۹</sup> مدل ۳۳۳۰، انگلستان) مجهز به الکتروود و استاندارد شده با روش ۳ نقطه ای در بافرهای استاندارد با pH ۴، ۷ و ۱۰ تعیین شد [۱۳].

## ۲-۲-۴- اندازه ذرات پودر

1. Merck
2. Sigma Aldrich
3. Heraeus
4. Dena Vacuum
5. Myson
6. Hotspot

7. Association of Official Analytical Chemists, 2000

8. Bulk Density

9. Jenway

۲۰ میلی لیتر روغن کانولا به ۱ گرم نمونه خشک اضافه شده و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق با همزن مغناطیسی (آیکا مدل RH Basic2، آلمان) مخلوط شد. سپس ۱ ساعت در دمای محیط قرار داده شد و سانتریفیوژ (۱۰ دقیقه، ۱۰۰۰g) شد. فاز رویی نمونه جدا و باقی مانده توزین شد. ظرفیت نگهداری روغن طبق رابطه زیر محاسبه شد [۱۸].

$$\text{OHC}(\%) = \frac{\text{وزن تفاله روغن جذب کرده (گرم)}}{\text{وزن تفاله خشک (گرم)}} \times 100$$

### ۲-۲-۸- استخراج و اندازه گیری کاروتنوئید کل<sup>۹</sup>

۰/۵ گرم از نمونه با ۴ میلی لیتر محلول استون/ پترولیوم اتر (۱:۱) به مدت ۱۰ ثانیه مخلوط و سپس ۱۵ دقیقه در دمای اتاق نگه داشته شد. نمونه‌ها به مدت ۱ ساعت در دستگاه انکوباتور شیکردار در دمای ۵۰ °C و ۲۷۵ rpm قرار گرفتند. در تمام این مراحل، نمونه‌ها با فویل آلومینیوم پوشانده شدند تا از اکسیداسیون کاروتنوئیدها جلوگیری شود. سپس عصاره‌ها با آب و ۰/۵ گرم سولفات سدیم بدون آب شستشو داده شدند. فاز غیرآبی جمع آوری و با محلول استون/ پترولیوم اتر به حجم ۱۰ میلی لیتر رسید، سپس جذب نمونه‌ها در ۴۵۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد. میزان کاروتنوئید با استفاده از منحنی استاندارد تهیه شده با بتا-کاروتن خالص (غلظت ۲۵۰ ppm تا ۱۰) به صورت معادل بتا-کاروتن تعیین شد [۱۹].

### ۲-۲-۹- ارزیابی رنگ

رنگ پودر تفاله با رنگ سنج (نیپون<sup>۱۰</sup> مدل ZE-6000، ژاپن) بر پایه سیستم رنگ L\*، a\* و b\* اندازه گیری شد. در این سیستم شاخص‌های رنگی L\*، a\* و b\* به ترتیب نشان دهنده‌ی درجه روشنایی (سفیدی یا سیاهی)، سبز-قرمز بودن و آبی-زرد بودن هستند. شاخص L\* برای سطح کاملاً سفید عدد ۱۰۰ را نشان می‌دهد. منفی بودن ضرایب a\* و b\* نشان دهنده غالب بودن رنگ‌های سبز و آبی و مثبت بودن این شاخص‌ها نشان دهنده قرمز و یا زرد بودن نمونه است [۵].

### ۲-۲-۱۰- بررسی ریزساختار پودر

توزیع اندازه ذرات پودر تفاله هویج با استفاده از دستگاه پراکنش استاتیک نور<sup>۱</sup> آنالیز کننده اندازه ذرات (مسترسایزر<sup>۲</sup> ۲۰۰۰ مدل فرانهور<sup>۳</sup>، آمریکا) و در دمای محیط اندازه گیری شد [۱۴ و ۱۵].

### ۲-۲-۵- اندازه گیری ظرفیت نگهداری آب<sup>۴</sup>

۰/۲ گرم پودر تفاله هویج به ۱۰ میلی لیتر آب مقطر اضافه شده و ۲۴ ساعت در دمای اتاق هیدراته و سپس سانتریفیوژ (۱۰ دقیقه، ۳۰۰۰g) (سیگما مدل K156، آلمان) شد. مایع رویی جدا و وزن تفاله هیدراته ثبت شد. ظرفیت نگهداری آب طبق رابطه زیر محاسبه شد [۱۶]:

$$\text{WHC}(\%) = \frac{\text{وزن تفاله هیدراته (گرم)}}{\text{وزن تفاله خشک (گرم)}} \times 100$$

### ۲-۲-۶- تعیین فعالیت آنتی اکسیدانی

فعالیت آنتی اکسیدانی پودر تفاله بر اساس روش برنر-ویلیامز (۱۹۹۵) اندازه گیری شد [۱۷]. بر طبق این روش به ۳۰۰ میلی گرم از نمونه، ۶ میلی لیتر متانول خالص افزوده شد و به مدت ۲ ساعت در دمای ۳۰ °C و در انکوباتور شیکر دار (آیکا<sup>۵</sup> مدل KS4000i، آلمان) در محیط تاریک قرار داده شد. سپس ۱۰ دقیقه در ۱۵۰۰ rpm سانتریفیوژ شد و ۱ میلی لیتر از محلول رویی به ۳/۹ میلی لیتر از محلول ۲ و ۲-دی فنیل-۱-پیکریل هیدرازیل<sup>۶</sup> با غلظت ۱۰<sup>-۵</sup> × ۶ اضافه شد و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای محیط قرار گرفت. جذب نمونه شاهد (متانول خالص) در زمان صفر و جذب نمونه‌ها پس از ۳۰ دقیقه در طول موج ۵۱۵ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر تک پرتویی (هانون<sup>۷</sup> مدل 3، چین) خوانده شد [۱۷].

$$\text{Antioxidant activity (\%)} = \left[ \frac{\text{جذب نمونه در ۳۰ دقیقه - جذب شاهد در زمان صفر}}{\text{جذب شاهد در زمان صفر}} \right] \times 100$$

### Antioxidant activity (%)

### ۲-۲-۷- اندازه گیری ظرفیت نگهداری روغن<sup>۸</sup>

1. Static Light Scattering (SLS)
2. Mastersizer
3. Fraunhofer
4. Water Holding Capacity (WHC)
5. IKA
6. 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)
7. Hanon
8. Oil Holding Capacity(OHC)

9. Total Carotenoid Content (TCC)  
10. NIPPON

از تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی برای بررسی ریزساختار پودر استفاده شد. بدین منظور مقدار کافی از نمونه توسط لایه نازکی از طلا تحت شرایط خلأ پوشش داده شد، در ولتاژ ۲۰kV و در دمای اتاق، تصاویر با بزرگنمایی ۲۰ و ۵۰ میکرومتر گرفته شد [۱۶].

## ۲-۳- تجزیه و تحلیل آماری

آزمایش ها حداقل با دو تکرار انجام شده و داده ها به صورت میانگین  $\pm$  انحراف معیار گزارش شدند. تجزیه و تحلیل داده ها در قالب طرح کاملا تصادفی با جدول آنالیز واریانس (ANOVA) و آزمون مقایسه میانگین نیز به روش حداقل تفاوت معنادار در سطح اطمینان ۹۵ درصد با استفاده از نرم افزار Statistix8 انجام گرفت.

## ۳- نتایج و بحث

### ۳-۱- تعیین ترکیبات شیمیایی پودر تفاله هویج

تأثیر روش و شرایط خشک کردن بر ترکیبات شیمیایی پودر تفاله هویج در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که روش و دمای خشک کردن بر میزان ترکیبات شیمیایی تفاله هویج جز میزان پروتئین تأثیر معناداری داشت. افزایش دمای خشک کردن با آن (از  $60^{\circ}\text{C}$  به  $80^{\circ}\text{C}$ ) موجب کاهش معنادار رطوبت (از  $8/72\%$  به  $4/92\%$ ) شد. نمونه خشک شده به روش انجمادی نیز در مقایسه با نمونه های خشک شده در آن، حاوی کمترین میزان رطوبت ( $4/41\%$ ) بود. به طور کلی میزان رطوبت تمام تیمارها کمتر از  $10\%$  بود. محتوای رطوبت در انبارداری و جلوگیری از واکنشهای مخرب، اهمیت دارد. این نتایج با نتایج شارما<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۸) مطابقت داشت [۲۰]. مطابق با نتایج به دست آمده، خشک کن انجمادی یک روش بسیار کارآمد برای خشک کردن تفاله بوده است، با این حال، افزایش دمای آن تا  $80^{\circ}\text{C}$  باعث کاهش معنی دار ( $p < 0/05$ ) رطوبت در حد خشک

کن انجمادی شد که نشان می‌دهد آن می‌تواند از نظر اقتصادی جایگزین خوبی برای خشک کن انجمادی باشد. میزان خاکستر نمونه ها نیز در محدوده  $6-5/7\%$  بود و افزایش دمای خشک کردن با آن (از  $60^{\circ}\text{C}$  به  $80^{\circ}\text{C}$ ) موجب افزایش معنادار خاکستر (از  $5/88\%$  به  $6/6\%$ ) شد. همچنین کمترین میزان خاکستر متعلق به نمونه خشک شده به روش انجمادی ( $5/71\%$ ) بود. شارما و همکاران (۲۰۱۲) نیز میزان خاکستر پودر تفاله هویج را  $5/5\%$  گزارش کردند [۱۱]. میزان چربی پودر تفاله هویج در منابع تا  $1\%$  گزارش شده است اما رقم مورد استفاده در این تحقیق بیش از  $2\%$  چربی داشت. طبق نتایج، احتمالاً افزایش دمای آن به  $80^{\circ}\text{C}$  موجب اکسیداسیون چربی و کاهش معنی دار ( $p < 0/05$ ) آن شده است. خشک کردن انجمادی در مقایسه با خشک کردن در دمای  $60^{\circ}\text{C}$  تأثیر معناداری بر میزان چربی نداشت. طبق نتایج استول<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۰۳)، میزان پروتئین پودر تفاله هویج  $5-4\%$  است که با مقدار به دست آمده در این تحقیق مطابقت داشت [۱۱]. همانگونه که ذکر شد تغییر در روش و دمای خشک کردن بر میزان پروتئین تأثیر معناداری نداشت. میزان کربوهیدرات پودر تفاله هویج نیز مطابق با جدول ۱ بین  $66-61\%$  بدست آمد. کمترین میزان کربوهیدرات مربوط به نمونه ی خشک شده در دمای  $60^{\circ}\text{C}$  و بیشترین مقدار متعلق به نمونه ی خشک شده در دمای  $80^{\circ}\text{C}$  بود که با نتایج شارما و همکاران (۲۰۱۲) تطابق داشت [۱۱]. میزان فیبر خام<sup>۳</sup> نمونه ها بین  $16/3-14/4\%$  بدست آمد که میزان آن در روش آن بیشتر از روش انجمادی بود. مقدار فیبر خام با افزایش دمای خشک کردن تغییر معناداری نشان نداد. محتوای زیاد فیبر خام نشان می‌دهد که پودر تفاله هویج منبع غنی فیبر برای غنی سازی مواد غذایی است. ساهنی<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۱۷) و شارما و همکاران (۲۰۱۲) نیز به ترتیب محتوای فیبر خام پودر تفاله هویج را حدود  $18\%$  و  $20\%$  گزارش کردند [۱۱ و ۲۱].

2. Stoll  
3. Crude fiber  
4. Sahni

1. Sharma

**Table 1** Proximate composition of carrot pomace powder (g/100 g dry matter basis).

Samples	Moisture	Ash	Lipid	Protein	Carbohydrate	Crude fiber
Oven 60°C	8.72 ± 0.0 <sup>a</sup>	5.88 ± 0.04 <sup>b</sup>	2.59 ± 0.02 <sup>a</sup>	4.86 ± 0.18 <sup>a</sup>	61.61 ± 0.43 <sup>c</sup>	16.3 ± 0.21 <sup>a</sup>
Oven 80°C	4.92 ± 0.02 <sup>b</sup>	6.00 ± 0.007 <sup>a</sup>	2.36 ± 0.05 <sup>b</sup>	4.75 ± 0.09 <sup>a</sup>	65.97 ± 0.04 <sup>a</sup>	15.9 ± 0.13 <sup>a</sup>
Freeze dryer	4.41 ± 0.14 <sup>c</sup>	5.71 ± 0.02 <sup>c</sup>	2.59 ± 0.04 <sup>a</sup>	5.04 ± 0.01 <sup>a</sup>	64.65 ± 0.04 <sup>b</sup>	14.43 ± 0.14 <sup>b</sup>

Various letters in each column show significant differences among mean values ( $p < 0.05$ ).

می‌توان گفت خشک شدن در دمای بالا منجر به کاهش قابل توجهی در تخلخل و محل های جذب می‌شود. نتایج بخش ۳-۵ نیز نشان دهنده همین موضوع است زیرا پودر خشک شده در فریز درایر و آون ۶۰°C اندازه بزرگتری دارد، هر چه چروکیدگی در بافت کمتر و اندازه ذرات بزرگتر باشد، میزان جذب آب یا روغن افزایش می‌یابد. یافته‌ها با نتایج ما و همکاران (۲۰۱۶) مطابقت دارد [۱۵ و ۱۶]، آن‌ها دریافتند که کاهش اندازه ی پودر فیبر تفاله هویج میزان جذب آب آن را از ۴/۳٪ به ۶/۹۷٪ و قابلیت جذب روغن را از ۰/۲۲٪ به ۰/۳۲٪ افزایش می‌دهد [۱۶].

### ۳-۵- میزان کل کاروتنوئید

مطابق با جدول ۲ محتوای کل کاروتنوئید در تفاله خشک شده به روش های مختلف، اختلاف معنی داری ( $p > 0.05$ ) نداشت. این بدان معناست که خشک شدن در دمای پایین (۸۰-۶۰ °C) به ساختار کاروتنوئیدها آسیب نمی‌رساند. طبق گزارش وانگ و همکاران (۲۰۲۱) کاروتنوئیدها در هویج در کروموپلاست‌های کریستالی واقع شده اند که دارای غشای قطبی از جنس چربی است و پلیمرهایی مانند پروتئین ها یا پلی ساکاریدها حتی در دمای ۱۲۰ °C از آن محافظت می‌کنند؛ با این حال، افزایش دما به دلیل تخریب کاروتنوئیدهای حساس به حرارت، راندمان استخراج کاروتنوئید را از ۶۷٪ به ۴۵٪ کاهش داده است ولی معنی دار نبود. این نتایج با مطالعات وانگ و همکاران (۲۰۲۱) مطابقت داشت. آن ها تاثیر فرایند آنزیم بری بر محتوای فیتوشیمیایی هویج را بررسی کردند و دریافتند که آنزیم بری با بخار از آنزیم بری با آب داغ، در محافظت از کاروتنوئید هویج موثرتر است. در این مطالعه میزان بتا-کاروتن هویج خشک در محدوده ۰/۹-۰/۵ میلی گرم در گرم گزارش شد. [۲۳]. بلور<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۵) نیز میزان کل کاروتنوئید و بتا-کاروتن تفاله هویج خشک شده در آون ۵۰ °C را به ترتیب ۵/۴ میلی گرم و ۰/۶ میلی گرم در ۱۰۰ گرم گزارش کردند [۲۴].

### ۳-۲- دانسیته توده‌ای

دانسیته توده ای مواد پودری از نظر حمل و نقل، انبارداری و بسته بندی در صنعت حائز اهمیت است. مطابق جدول ۲ افزایش حرارت آون به طور معنی داری ( $p < 0.05$ ) باعث کاهش دانسیته توده ای شده است. کمترین دانسیته مربوط به نمونه فریز درایر بود که نشان می دهد خشک شدن انجمادی باعث افزایش تخلخل تفاله می‌شود. جانی شوسکا و همکاران (۲۰۱۳) نیز تفاله هویج بنفش را با آون با دمای ۷۰ °C و فریز درایر خشک کردند و دریافتند که میزان دانسیته توده ای نمونه خشک شده در فریز درایر کمتر (۰/۴۲۲/گرم بر سانتی متر مکعب) بود [۲۲].

### ۳-۳- pH تفاله

میزان pH تفاله هویج برای استفاده در محصولات غذایی اهمیت دارد. طبق جدول ۲ روش خشک کردن بر میزان pH تفاله تاثیر معنی داری ( $p > 0.05$ ) نداشت. مطابق گزارش شارما و همکاران (۲۰۱۲) تفاله هویج شامل ترکیبات اسیدی مانند اسید آسکوربیک، اسید فرولیک، میزان کمی اسید های چرب و اسید های آمینه و به طور عمده حاوی اسید گالاکتورونیک می‌باشد و لذا pH نسبتا اسیدی (۵/۵-۴/۵) دارد [۱۱].

### ۳-۴- ظرفیت جذب آب و روغن

ظرفیت نگهداری آب و ظرفیت نگهداری روغن به ترتیب به صورت مقدار آب و روغن نگهداری شده توسط مقدار مشخصی از تفاله تعریف می‌شوند. طبق گزارشات ما و همکاران (۲۰۱۶) اندازه ذرات، سطح و ریزساختار از عوامل مهمی هستند که بر خاصیت جذب آب و روغن تاثیر می‌گذارند. مطابق با جدول ۲ خشک کن انجمادی به دلیل ایجاد ریزساختار متخلخل، ظرفیت نگهداری آب و روغن تفاله هویج را به طور معنی داری ( $p < 0.05$ ) افزایش داده است. از طرفی، جذب به تعداد محل های جذب در ساختار فیبر نیز مربوط می‌شود. بنابراین،

**Table 2** Physico-chemical and functional properties of carrot pomace powder.

sample	Bulk density(g/cm <sup>3</sup> )	pH	WHC(g/g)	OHC(g/g)	TCC (mg/g DM)
Oven 60 <sup>o</sup> c	0.59±0.004 <sup>a</sup>	5.49±0.00	15.97±0.007 <sup>b</sup>	1.66±0.24 <sup>b</sup>	0.46±0.00
Oven 80 <sup>o</sup> c	0.55±0.007 <sup>b</sup>	5.51±0.002	14.57±0.148 <sup>c</sup>	1.83±0.4 <sup>b</sup>	0.45±0.07
Freeze dryer	0.22±0.002 <sup>c</sup>	5.52±0.033	17.10±0.219 <sup>a</sup>	3.76±0.02 <sup>a</sup>	0.46±0.00

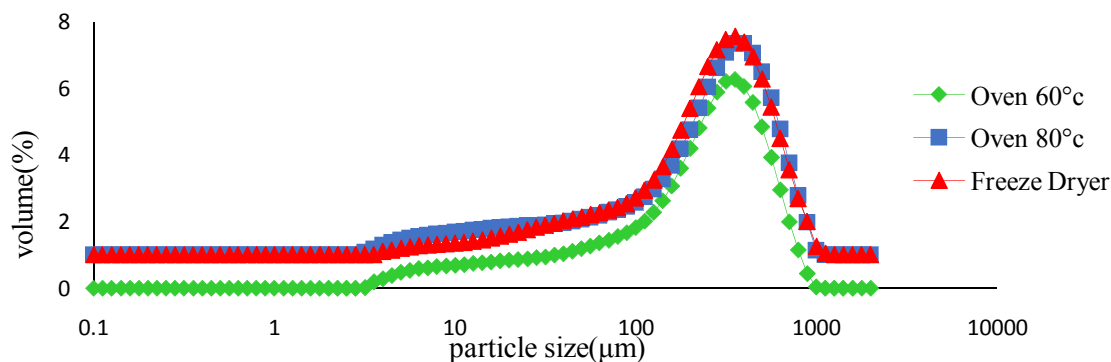
Various letters in each column show significant differences among mean values (p<0.05).

میانگین و توزیع اندازه ذرات پودر تفاله هویج به ترتیب در

جدول ۳ و شکل ۱ نشان داده شده است.

### ۳-۶- اندازه ذرات

اندازه ذرات پودر در عملیات هایی مانند مخلوط کردن، اکستروژن کردن، فراوری و کنترل کیفیت محصولات غذایی مایع حاوی پودر (سیستم های کلونیدی)، از اهمیت بالایی برخوردار است.



**Fig 1** Particle size distribution of carrot pomace powders.

میکرومتر به دست آمد [۱۵]. ما<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۶) نیز اندازه ذرات و سطح ویژه پودر فیبر تفاله هویج خشک را قبل و بعد از فرایند آسیاب بررسی کردند و دریافتند که با کاهش اندازه، سطح ویژه پودر از  $0.37 \text{ m}^2/\text{g}$  به  $1/835 \text{ m}^2/\text{g}$  افزایش یافت. نتیجه گرفتند که کاهش اندازه ذرات منجر به افزایش سطح پودر و در نتیجه بهبود خصوصیات عملکردی آن خواهد شد [۱۶].

### ۳-۷- فعالیت آنتی اکسیدانی

فعالیت آنتی اکسیدانی به صورت مهار فعالیت رادیکال های آزاد DPPH تعریف می شود. افزایش مهار فعالیت رادیکال آزاد باعث افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی می شود. بر اساس جدول ۳،

در تمامی نمونه ها یکنواختی در توزیع اندازه ذرات مناسب بود (۰/۶۱-۰/۶۶) به نحوی که تنها یک پیک توزیع اندازه ذرات مشاهده شد (حالت مونومودال<sup>۱</sup>). قطر حجمی یا  $D[4,3]$  که قطر کره ای هم حجم با ذره را نشان می دهد، علیرغم مراحل آماده سازی مشابه، اختلاف معنی داری ( $p < 0.05$ ) در بین تیمارها نشان داد. خشک شدن در دمای  $80^\circ\text{C}$  احتمالاً به دلیل افزایش چروکیدگی در بافت، باعث کاهش اندازه ذرات از ۲۷۹ میکرومتر به ۲۷۳ میکرومتر شد. بر اساس گزارشات وانگ<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۹) اندازه ذرات تفاله سیب خشک شده در فریز درایر پس از عبور از الک با اندازه منافذ ۴۷۵ میکرومتر، ۴۱۳

1. Monomodal  
2. Wang

داری ( $p > 0.05$ ) نشان نداد ولی خشک کردن انجمادی به طور معنی داری ( $p < 0.05$ ) موجب افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی پودرتفاله از ۶۶٪ به ۶۸٪ شد.

این فعالیت به طور قابل توجهی تحت تأثیر هر دو روش خشک کردن و دمای خشک شدن قرار گرفت. مقادیر فعالیت آنتی اکسیدانی وقتی دما از  $60^{\circ}\text{C}$  به  $80^{\circ}\text{C}$  افزایش یافت اختلاف معنی

**Table 3** Average particle sizes and antioxidant activities of carrot pomace powders.

sample	D[4,3] ( $\mu\text{m}$ )	Uniformity	antioxidant activity
Oven $60^{\circ}\text{C}$	279.978 <sup>a</sup>	0.663	66.49±0.003 <sup>b</sup>
Oven $80^{\circ}\text{C}$	273.129 <sup>a</sup>	0.652	67.41±0.003 <sup>b</sup>
Freeze dryer	278.869 <sup>a</sup>	0.613	68.5±0.003 <sup>a</sup>

Various letters in each column show significant differences among mean values ( $p < 0.05$ ).

الکترونی برای بررسی تأثیر خشک شدن بر ریزساختار تفاله هویج گرفته شد. مطابق با شکل ۲، نمونه ها مورفولوژی و ساختارهای سلولی کاملاً شبه ورقه ای<sup>۳</sup> و لایه ای<sup>۴</sup> نشان دادند. فرآیند خشک کردن به ریز ساختار سلول ها آسیب رسانده و باعث تراکم در ساختار شده است و بنابراین می تواند ظرفیت جذب آب و روغن را کاهش دهد. مطابق با جدول ۲ نمونه خشک شده در فریز درایر قابلیت جذب بیشتری داشت. همچنین نتایج جدول ۳ نیز تاییدی بر این موضوع است زیرا نمونه های خشک شده در فریز درایر و آون با دمای  $60^{\circ}\text{C}$ ، اختلاف معناداری در اندازه ذرات نداشتند که نشان می دهد میزان آسیب ساختاری و جمع شدگی در بافت در این دو روش کمتر بوده است. تصاویر نیز نشان می دهد که ساختار سلول ها با افزایش دمای آون فشرده می شود در حالی که خشک کردن بدون حرارت در خشک کن انجمادی حفرات و تخلخل بیشتری ایجاد کرده و دیواره حفرات نازک تر است. میسرا<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۲۰) نیز بیان کردند که تصاویر میکروسکوپ الکترونی پودر تفاله هویج خشک شده در فریز درایر، یک ساختار سلولی متخلخل را نشان می دهد [۲۵].

بر اساس نتایج دمیرکول<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۸) مرحله انجماد باعث ایجاد بلورهای یخ و پاره شدن ساختارهای سلولی از جمله دیواره های سلولی شده و باعث آزاد شدن ترکیبات آنتی اکسیدان از شبکه سلولی می شود. از طرف دیگر، ممکن است برخی از آنتی اکسیدان های درونی<sup>۲</sup> در یک نمونه با اعمال حرارت و افزایش دما تخریب شده و از بین بروند. آن ها با بررسی تاثیر دما و روش خشک کردن بر فعالیت آنتی اکسیدانی پودر تفاله انگور دریافتند که افزایش دمای آون از  $80^{\circ}\text{C}$  به  $100^{\circ}\text{C}$  منجر به افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی شده و علت آن را ایجاد فراورده های حاصل از واکنش مایلارد و یا خروج ترکیبات سلولی با خاصیت آنتی اکسیدانی بیان کردند. بیشترین میزان فعالیت آنتی اکسیدانی نیز در نمونه ی خشک شده در فریز درایر مشاهده شد زیرا حاوی بیشترین میزان ترکیبات فنلی (۳۴/۹۵ میلی گرم/گرم گالیک اسید) بود [۵].

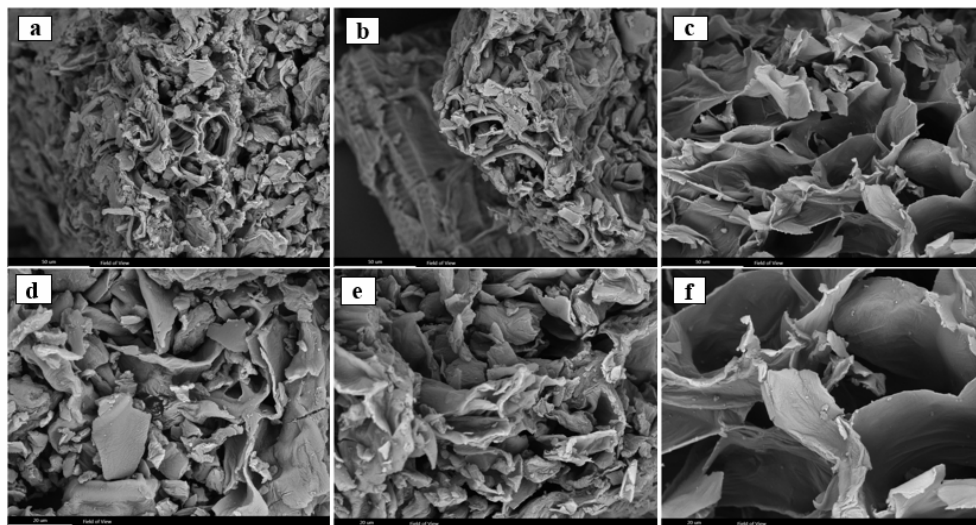
### ۳-۸- ریز ساختار پودر

تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) برای بررسی خواص ذرات در سطح میکروسکوپی و چگونگی تأثیر بر ساختار محصولات غذایی، حائز اهمیت هستند. تصویر میکروسکوپ

3. Sheet-like  
4. Laminar  
5. Misra

1. Demirkol  
2. Endogenous





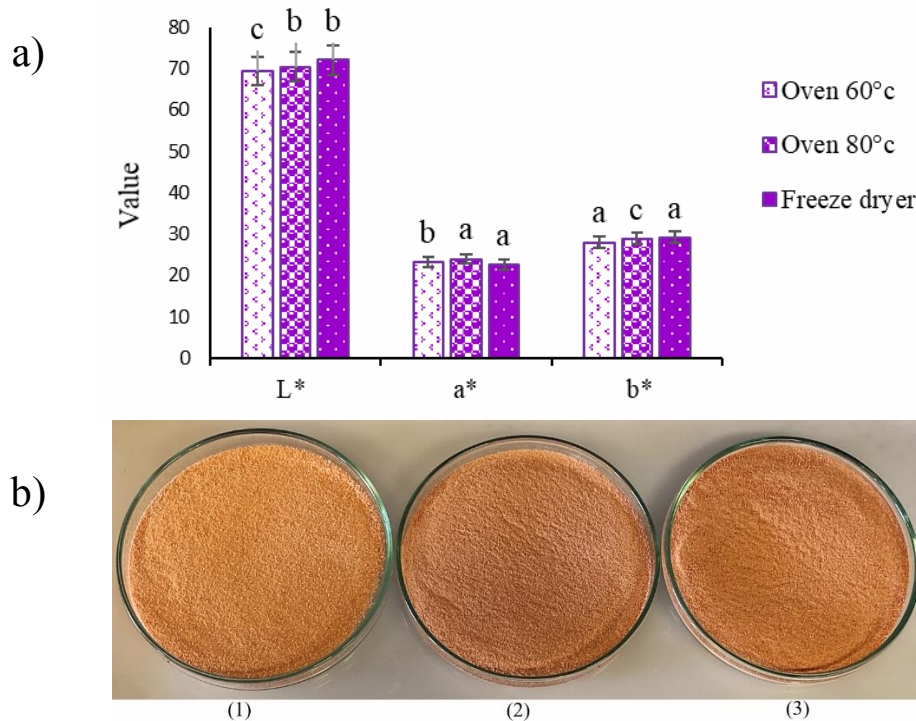
**Fig 2** Scanning electron microscopy (SEM) images carrot pomace after drying: (a and d) Oven 60°C , (b and e) Oven 80°C , (c and f) Freeze dryer. (a\_c) images were taken at a scale of 50 micrometers and (d\_f) images at a magnification of 20 micrometers.

### ۳-۹- ارزیابی رنگ

کردن انجمادی از تغییر رنگ در هنگام خشک شدن جلوگیری می‌کند و در نتیجه رنگ مناسب تری نسبت به نمونه های خشک شده توسط آن دارد. باو و همکاران (۱۹۹۴) میزان شاخص های  $L^*$ ،  $a^*$  و  $b^*$  تفاله هویج خشک شده در فریز درایر را به ترتیب ۶۵، ۲۴ و ۲۲ گزارش کردند [۲۶]. شفیق و همکاران (۲۰۱۳) نیز تاثیر دمای خشک کردن بر شاخص های  $L^*$ ،  $a^*$  و  $b^*$  تفاله هویج خشک شده به روش آن در دو دمای  $55^{\circ}\text{C}$  و  $65^{\circ}\text{C}$  را بررسی کردند و دریافتند که شاخص روشنایی با افزایش دما از  $65^{\circ}\text{C}$  به  $58^{\circ}\text{C}$ ، شاخص قرمزی از  $8/6$  به  $7/7$  و شاخص زردی از  $20/6$  به  $17/9$  تقلیل یافت. در مجموع نمونه های خشک شده در دمای  $65^{\circ}\text{C}$  به دلیل زمان فرایند کمتر، محتوای فیبر و کاروتنوئید بالاتر و تغییرات رنگ کمتر، انتخاب شدند [۲۷].

تصویر تفاله هویج تازه و خشک شده در شکل ۳-b نشان داده شده است.

شاخص های رنگی نمونه های خشک شده در شکل ۳-a نشان داده شده است. رنگ نارنجی تفاله هویج عمدتاً به دلیل وجود کاروتنوئیدهاست، بنابراین رنگ پودرها یک معیار مهم کیفی است. پودر تفاله هویج به علت کاهش شاخص  $L^*$  و افزایش قرمزی ( $a^*$ ) و زردی ( $b^*$ ) بدون در نظر گرفتن نوع فرایند حرارتی، تیره تر از تفاله تازه خواهد بود. مطابق با شکل ۳-a تیمارها از نظر شاخص های روشنایی، قرمزی و زردی اختلاف معنی دار نشان دادند ( $p < 0/05$ ) و کمترین مقدار  $L^*$  برای نمونه خشک شده با درجه حرارت  $80^{\circ}\text{C}$  ثبت شد که این تیرگی می‌تواند مربوط به واکنش های قهوه ای شدن آنزیمی و غیر آنزیمی باشد. کمترین میزان  $a^*$  نیز متعلق به نمونه ی خشک شده در فریز درایر بود. نمونه های خشک شده در آن، رنگ قرمز خود را برخلاف نمونه ی خشک شده در فریز درایر حفظ کردند. همچنین، نمونه های خشک شده با فریز درایر و خشک شده در دمای  $80^{\circ}\text{C}$  دارای بیشترین میزان  $b^*$  بودند. می‌توان گفت خشک



**Fig 3 a)** Effect of drying methods on color attributes of carrot pomace. (L value: Lightness), (b value: Yellowness), (a value: Redness). Various letters in each parameter show significant differences ( $p < 0.05$ ). **b)** Images of dried pomace: (1) Oven 60°C (2) Oven 80°C and (3) Freeze dryer.

کاهش معنادار دانسیته توده ای (از ۰/۵۹ به ۰/۵۵ گرم بر سانتی متر مکعب) و ظرفیت جذب آب نمونه ها شد. خشک کردن به روش انجمادی نیز در مقایسه با آون، کمترین میزان دانسیته توده ای (۰/۲۲ گرم بر سانتی متر مکعب) و بیشترین میزان ظرفیت جذب آب (۱۰/۱۷٪) و روغن (۳/۷۶٪) را نشان داد. خاصیت آنتی اکسیدانی با افزایش دمای آون تغییر معنی داری نداشت ولی نمونه خشک شده به روش انجمادی در مقایسه با آون فعالیت آنتی اکسیدانی بیشتری نشان داد. افزایش دمای خشک کردن تاثیر معناداری بر اندازه ذرات نداشت. درحالی که خشک کردن انجمادی، ذراتی با اندازه مشابه ذرات خشک شده در دمای ۶۰°C تولید کرد. همچنین نمونه خشک شده به روش انجمادی کیفیت رنگ بهتر و تخلخل ساختاری بیشتری نشان داد. به طور کلی نتایج به دست آمد نشان داد تفاله هویج خشک شده به روش انجمادی از نظر ترکیبات شیمیایی و خصوصیات عملکردی به نمونه های خشک شده با حرارت ارجحیت دارد؛ اما برای کاهش هزینه های تولید می توان خشک کردن در دمای ۶۰°C را به عنوان یک جایگزین مناسب برای خشک کردن انجمادی در نظر گرفت.

#### ۴- نتیجه گیری

در این پژوهش تفاله هویج تازه با استفاده از آون (دمای ۶۰°C و ۸۰°C) و خشک کن انجمادی خشک شد و سپس خصوصیات عملکردی و ترکیبات شیمیایی تفاله خشک مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که روش و شرایط خشک کردن بر میزان ترکیبات شیمیایی تفاله به جز پروتئین تاثیر معنا داری دارد. افزایش دمای آون موجب کاهش معنادار رطوبت و چربی شد ولی بر میزان فیبر خام تاثیر معناداری نداشت. نمونه خشک شده به روش انجمادی نیز در مقایسه با نمونه های خشک شده در آون، حاوی کمترین میزان رطوبت و خاکستر و بیشترین میزان فیبر (۶۱/۲۵٪) بود. میتوان نتیجه گرفت که نمونه خشک شده در خشک کن انجمادی عمر انبارمانی بیشتری دارد. با این حال میزان چربی و پروتئین نمونه خشک شده به روش انجمادی مشابه نمونه خشک شده در دمای ۶۰°C بود. همچنین نتایج حاصل از خصوصیات عملکردی نمونه های خشک شده نشان داد که روش و دمای خشک کردن بر میزان pH، محتوای کاروتنوئید و اندازه ذرات نمونه ها تاثیر معناداری نداشت. افزایش دمای آون موجب

## ۵- منابع

- [11] Sharma KD, Karki S, Thakur NS, Attri S. 2012. Chemical composition, functional properties and processing of carrot—a review. *Journal of food science and technology*.49(1):22-32.
- [12] Huang Y-L, Ma Y-S. 2016. The effect of extrusion processing on the physiochemical properties of extruded orange pomace. *Food Chemistry*.192:363-9.
- [13] Yelber HB, Nas S. 2020. Optimization of extraction time and temperature for natural antioxidants of öküzgözü grape pomace using various solvent ratios. *Food Science and Technology*.41:127-35.
- [14] Wang X, Kristo E, LaPointe G. 2020. Adding apple pomace as a functional ingredient in stirred-type yogurt and yogurt drinks. *Food hydrocolloids*.100:105453.
- [15] Wang X, Kristo E, LaPointe G. 2019. The effect of apple pomace on the texture, rheology and microstructure of set type yogurt. *Food hydrocolloids*.91:83-91.
- [16] Ma S, Ren B, Diao Z, Chen Y, Qiao Q, Liu X. 2016. Physicochemical properties and intestinal protective effect of ultra-micro ground insoluble dietary fibre from carrot pomace. *Food & function*.7(9):3902-9.
- [17] Brand-Williams W, Cuvelier M-E, Berset C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology* .28(1):25-30.
- [18] Liu G, Ying D, Guo B, Cheng LJ, May B, Bird T, et al. 2019. Extrusion of apple pomace increases antioxidant activity upon in vitro digestion. *Food & function*.10(2):951-63.
- [19] Sogi D, Siddiq M, Roidoung S, Dolan K. 2012. Total phenolics, carotenoids, ascorbic acid, and antioxidant properties of fresh-cut mango (*Mangifera indica* L., cv. Tommy Atkin) as affected by infrared heat treatment. *Journal of food science*.77(11):C1197-C202.
- [20] Sharma H, Kumar N. 2017. Utilization Pomace of Carrot. *Food Processing By-Products and their Utilization*.
- [21] Chou S-Y, Chien P-J, Chau C-F. 2008. Particle size reduction effectively enhances the cholesterol-lowering activities of carrot insoluble fiber and cellulose. *Journal of agricultural and food chemistry*.56(22):10994-8.
- [1] Yu G, Bei J, Zhao J, Li Q, Cheng C. 2018. Modification of carrot (*Daucus carota* Linn. var. *Sativa Hoffm.*) pomace insoluble dietary fiber with complex enzyme method, ultrafine comminution, and high hydrostatic pressure. *Food Chemistry*.257:333-40.
- [2] Pan Z, Zhang R, Zicari S. 2019. Integrated Processing Technologies for Food and Agricultural By-Products. 1<sup>ed</sup>. Academic Press;
- [3] Virtanen S, Chowreddy RR, Irmak S, Honkapää K, Isom L. 2017. Food industry co-streams: potential raw materials for biodegradable mulch film applications. *Journal of Polymers and the Environment*.25(4):1110-30.
- [4] Fao.org.
- [5] Demirkol M, Tarakci Z. 2018. Effect of grape (*Vitis labrusca* L.) pomace dried by different methods on physicochemical, microbiological and bioactive properties of yoghurt. *LWT*.97:770-7.
- [6] Polat S, Guclu G, Kelebek H, Keskin M, Selli S. 2022. Comparative elucidation of colour, volatile and phenolic profiles of black carrot (*Daucus carota* L.) pomace and powders prepared by five different drying methods. *Food Chemistry*.369:130941.
- [7] Janiszewska E, Witrowa-Rajchert D, Kidoń M, Czapski J. 2013. Effect of the applied drying method on the physical properties of purple carrot pomace. *International Agrophysics*.27(2):143-9.
- [8] Surbhi S, Verma R, Deepak R, Jain H, Yadav K. 2018. A review: Food, chemical composition and utilization of carrot (*Daucus carota* L.) pomace. *International Journal of Chemical Studies*.6(3):2921-6.
- [9] Abano EE, Amoah RS, Opoku EK. 2019. Temperature, microwave power and pomace thickness impact on the drying kinetics and quality of carrot pomace. *Journal of Agricultural Engineering*.50(1):28-37.
- [10] Sahni P, Shere D. 2017. Comparative evaluation of physico-chemical and functional properties of apple, carrot and beetroot pomace powders. *International Journal of Food and Fermentation Technology*.7(2):317-23.

- [25] Misra N, Yadav SK. 2020. Extraction of pectin from black carrot pomace using intermittent microwave, ultrasound and conventional heating: Kinetics, characterization and process economics. *Food hydrocolloids*.102:105592.
- [26] Plaami SP. 1997. Content of dietary fiber in foods and its physiological effects. *Food Reviews International*.13(1):29-76.
- [27] Alam MS, Gupta K, Khaira H, Javed M. 2013. Quality of dried carrot pomace powder as affected by pretreatments and methods of drying. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*.15(4):236-43.
- [22] Janiszewska E, Witrowa-Rajchert D, Kidon M, Czapski J. 2013. Effect of the applied drying method on the physical properties of purple carrot pomace. *International Agrophysics*.27(2).
- [23] Wang H, Fang X-M, Sutar PP, Meng J-S, Wang J, Yu X-L, et al. 2021. Effects of vacuum-steam pulsed blanching on drying kinetics, colour, phytochemical contents, antioxidant capacity of carrot and the mechanism of carrot quality changes revealed by texture, microstructure and ultrastructure. *Food Chemistry*.338:127799.
- [24] Bellur Nagarajaiah S, Prakash J. 2015. Nutritional composition, acceptability, and shelf stability of carrot pomace-incorporated cookies with special reference to total and  $\beta$ -carotene retention. *Cogent Food & Agriculture*.(1):1039886.



## Evaluation of the effect of oven and freeze drying on chemical composition and functional properties of carrot pomace

Rezvani, Z.<sup>1</sup>, Goli, S. A. H.<sup>2\*</sup>

1. Master student of Food Science and Technology, Department of Food Science and Technology, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
2. Professor, Department of Food Science and Technology, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

### ABSTRACT

Unfortunately, the food processing waste has recently increased, prompting researchers to develop new economical products based on food waste to reduce the environmental problems caused by waste accumulation. Among these, carrot pomace as a nutrient-rich waste with appropriate functional properties can be mentioned. In this study, fresh carrot pomace was dried using a hot-air oven (60°C and 80°C) and a freeze dryer. Then the dried-pomace quality in terms of functional properties (bulk density, particle size, water and oil holding capacity, antioxidant activity, carotenoid content, color, and microstructure) and chemical compounds were examined. The results showed that the drying method and temperature had a significant effect on pomace's chemical compounds. A significant decrease in moisture and lipid content was perceived due to the oven temperature increment (from 60 °C to 80 °C), while no significant changes were observed in crude fiber content. Freeze-dried samples also had the least moisture content in comparison to the oven-dried samples. Also, the functional properties of the dried samples showed that the drying method and temperature had no significant effect on the carotenoid content and particle size of the samples. The oven temperature increment significantly reduced the bulk density and water holding capacity (from 15.97 to 14.57 g/g). The freeze-dried sample also showed the lowest bulk density, the highest water and oil holding capacity, and antioxidant activity compared to the oven-dried counterpart. It also had better color and more porosity. Therefore, freeze-dried carrot pomace can be used to fortify food products.

### ARTICLE INFO

#### Article History:

Received 2022/ 05/ 22  
Accepted 2022/ 07/ 21

#### Keywords:

Carrot pomace,  
Drying,  
Carrot pomace powder,  
Freeze dryer,  
Functional properties.

DOI: 10.22034/FSCT.19.128.147

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.128.19.4

\*Corresponding Author E-Mail:  
amirgoli@cc.iut.ac.ir