

عصاره آبی استخراج شده عنب خشک شده به روش پاششی: ارزیابی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و عملکردی آن

فخری شهیدی^{۱*}، شادی بلوریان^۲، محمد مالکی^۳، حامد حسینی^۴

۱-استاد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.

۲-استادیار، گروه پژوهشی افزودنی‌های غذایی پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی جهاد دانشگاهی خراسان رضوی، ایران.

۳-دانشجوی دکتری تخصصی، گروه بهداشت مواد غذایی و آبریان، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.

۴-عضو گروه پژوهشی افزودنی‌های غذایی، پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی، سازمان جهاد دانشگاهی خراسان رضوی، ایران.

(تاریخ دریافت: ۹۷/۱۰/۲۹ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۷/۲۰)

چکیده

عنب گیاه بسیار ارزشمندی است که بخش‌های مختلف آن امروزه در اکثر نقاط جهان به دلیل ویژگی‌های درمانی و تغذیه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. روش‌های مختلف نگهداری میوه این گیاه ارزشمند و فراسودمند مورد بررسی قرار گرفته است. هدف از انجام این پژوهش استخراج عصاره، تعیین میزان ترکیبات فنولیک و تهیه پودر عنب با ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی مناسب بوده است. در فاز اول عنب با هدف حداکثر میزان عصاره استخراج شده، بازده استخراج و ترکیبات فنولیک استخراج شد. در فاز دوم عصاره استخراج شده در سه دما (۱۵۰، ۱۷۰ و ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد) و سه نسبت عصاره عنب به مالتودکسترین (۰/۸، ۰/۹ و ۱) توسط خشک‌کن پاششی خشک گردید. پودر حاصل از نظر میزان رطوبت، فعالیت آبی، اندازه ذرات، رنگ، حلالیت در آب، ترکیبات فنولیک، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، ارزیابی حسی و دمای گذار شیشه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفت. اثر دما و نسبت عصاره استخراج شده عنب به مالتودکسترین بر ویژگی‌های پودر معنی‌دار بود. نقطه بهینه خشک کردن باهدف کمترین میزان رطوبت و فعالیت آبی و بیشترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، رنگ، حلالیت، ترکیبات فنولیک، و ویژگی‌های حسی و دمای گذار شیشه‌ای تعیین گردید. نقطه بهینه خشک کردن دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد و نسبت عصاره استخراج شده عنب به مالتودکسترین ۰/۹۱ بود.

کلید واژگان: عنب، پودر عنب، ترکیبات فنولیک

*مسئول مکاتبات: fshahidi@um.ac.ir

۱- مقدمه

عنب (*Zizyphus Jujuba Mill*) از زمان‌های بسیار قدیم و در بیش از ۳۰ کشور جهان تولید می‌گردد [۱]. معمول‌ترین روش خشک کردن میوه عنب، خشک کردن با نور خورشید (آفتابی) بوده که کمترین هزینه را برای کشاورز به همراه داشته است [۲]. عنب خشک شده به صورت کامل یا پودر شده به عنوان یک منبع بالای قند، اسید آسکوربیک و پلی فنول‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد [۳]. بخش‌های مختلف گیاه عنب به ویژه میوه خشک شده آن در طب سنتی به عنوان داروی ضد سرطان، خنک کننده، آرام‌بخش، مقوی معده و اشتهاآور مورد استفاده قرار می‌گیرد [۴ و ۵].

عنب یک غذای فراسودمند و غنی از ترکیبات تغذیه‌ای ضروری برای بدن است، ترکیبات اصلی شامل کربوهیدرات (۸۵-۵۵ درصد)، رطوبت (۳۰-۲۵ درصد)، فیبر خام (۸/۴-۲/۴ درصد)، پروتئین (۶/۶-۲/۹ درصد)، چربی خام (۱-۰/۴ درصد) و ویتامین‌های ضروری و مواد معدنی است [۶]. نتایج فیتوشیمیایی و دارویی نشان داد که فلاونوئیدها، پلی ساکاریدها و اسید تریتریپنیک مواد اصلی فعال عنب هستند [۷]. ترکیبات فنولیک عنب شامل اسید کلروژنیک، اسید گالیک، پروتوکاتچین و اسید کافئیک است [۸].

خشک کردن یکی از روش‌های مرسوم برای نگهداری طولانی مدت محصولات کشاورزی است. روش‌های مختلفی همانند خشک کردن هوای داغ، تحت خلأ، پاششی و انجمادی در صنعت به کار می‌روند [۹]. پودر حاصل از عصاره میوه و سبزی با کاهش هزینه بسته‌بندی، نگهداری و انتقال باعث کاهش هزینه‌ها و کاهش فساد محصول می‌شود [۱۰]. از بهترین روش‌ها برای تولید پودر حاصل از عصاره میوه و سبزی می‌توان به خشک کردن انجمادی، خشک کردن کف‌پوشی و خشک کردن پاششی اشاره نمود. امروزه خشک کردن پاششی که به طور مستقیم مواد غذایی مایع را به پودر تبدیل می‌کند، به طور گسترده در صنعت غذا و دارو به ویژه برای مواد غذایی حساس به حرارت مورد استفاده قرار می‌گیرد، این روش به دلیل استفاده از دما و زمان پایین موجب حفظ بهتر طعم، رنگ و ترکیبات تغذیه‌ای می‌شود [۱۱ و ۱۲]. به لحاظ هزینه‌ای خشک کردن پاششی در مقایسه با

خشک کردن انجمادی به دلیل مصرف برق و زمان کمتر تقریباً ۴ تا ۵ برابر مقرون به صرفه تر است [۱۳].

در خشک کن پاششی خوراک از منبع تغذیه توسط پمپ به پاشنده پمپاژ می‌شود و سپس به وسیله پاشنده به قطرات ریزی تبدیل می‌گردد که در معرض هوای داغ قرار گرفته و آب آن سریع تبخیر می‌شود. در انتها توسط سیکلون، پودر از هوای داغ جدا می‌گردد [۱۴]. خواص فیزیکی پودر تولید شده به شرایط خشک کن و عوامل مختلفی از جمله ویژگی‌های خوراک، عامل حمل‌کننده، دمای هوای داغ، نحوه برخورد هوای داغ و ذرات و نوع پاشنده بستگی دارد [۱۵-۱۷]. آب میوه‌ها به دلیل میزان قند بالایی که دارند به دیواره داخلی محفظه می‌چسبند و بازده عملیات کاهش می‌یابد. همچنین به دلیل حضور مولکول‌های قند با وزن مولکولی کم دمای گذار شیشه‌ای کاهش می‌یابد. برای جلوگیری از این مشکلات نیاز به یک افزودنی و عامل حمل‌کننده در خوراک ورودی است نتایج بررسی‌های مختلف نشان داده که بهترین افزودنی مالتودکسترین است [۱۲ و ۱۸]. افزودن مالتودکسترین به دلیل وزن مولکولی بالایی که دارد موجب کاهش ویسکوزیته و چسبندگی و افزایش حلالیت و دمای گذار شیشه‌ای می‌شود.

هدف از این پژوهش استخراج عصاره، تعیین میزان ترکیبات فنولیک و بررسی نقطه بهینه خشک کردن عصاره عنب به روش پاششی و بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی پودر حاصل از عصاره عنب توسط خشک کن پاششی بوده است.

۲- مواد و روش‌ها

عنب خشک شده از مزرعه تحقیقاتی جهاد دانشگاهی بیرجند (ایران) در فصل پاییز تهیه شد. نمونه‌های عنب ابتدا با آب شسته، و در معرض نور خورشید خشک گردیدند. عنب‌های خشک شده تا زمان آزمایش در محل خشک و سرد (دما: ۵-۴ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی: ۵۰ درصد) نگهداری شد.

۲-۱- استخراج عنب

میوه خشک عنب به وسیله آسیاب آزمایشگاهی (ZISCO Laboratory blender) به طور کامل پودر و هسته آن‌ها توسط الک با مش ۳۰ جدا گردید. عصاره پودر عنب در دمای

میزان رنگ‌بری محلول بنفش DPPH به رنگ زرد در حضور پودر و طول‌موج ۵۱۷ نانومتر ارزیابی می‌شود.

۲-۶- اندازه‌گیری ترکیبات فنولیک

برای اندازه‌گیری ترکیبات فنولیک کل از روش الماس و همکاران استفاده شد [۹]. ۱ گرم از پودر با ۱۹ میلی‌لیتر آب مقطر برای ۱۵ دقیقه مخلوط گردید. ۰/۵ میلی‌لیتر مایع صاف شده با کاغذ صافی با ۲/۵ میلی‌لیتر از معرف فولین سیوکالچو و ۲ میلی‌لیتر محلول سدیم کربنات به مدت دو دقیقه مخلوط شد. سپس جذب محلول در ۷۶۰ نانومتر توسط اسپکتروفوتومتر اندازه‌گیری شد.

۲-۷- اندازه‌گیری رنگ

رنگ نمونه‌ها با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج (Chroma Meter CR-410, Japan) پس از کالیبراسیون دستگاه رنگ‌سنج با صفحات سیاه و سفید، اندازه‌گیری شد. در این پژوهش تنها مؤلفه‌ی رنگی *L* مورد بررسی قرار گرفت [۲۰].

۲-۸- حلالیت در آب

یک گرم از پودر با ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر با اولتراتوراکس با دور ۳۰۰۰rpm برای ۵ دقیقه مخلوط گردید. سپس با دور ۳۰۰۰rpm سانتیفریژ شد و محلول رویی در آن ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴ ساعت خشک گردید و حلالیت محاسبه شد [۲۱].

۲-۹- تعیین اندازه ذرات

از روش پراکندگی دینامیکی نور (DLS) با دستگاه (VASCO Nano-Particle Size Analyzer, France) که روش بسیار سریع است، برای تعیین اندازه ذرات و توزیع آن‌ها استفاده شد [۱۲].

۲-۱۰- تعیین دمای گذار شیشه‌ای

برای اندازه‌گیری دمای گذار شیشه‌ای از دستگاه گرما سنج رویشی افتراقی (DSC, model OIT-500 Sanaf Electronics) استفاده شد. ابتدا دستگاه توسط اینیدیوم در یک پن آلومینیوم کالیبره گردید. پس از آن حدود ۱۲-۱۰ میلی‌گرم نمونه با نیتروژن مایع با میزان دبی ۲۰ml/min به دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد رسید. تمام نمونه‌ها با نرخ گرمایشی ۱۰ درجه سانتی‌گراد بر دقیقه و بازه دمایی ۱۰ تا ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد انجام شد [۲۲].

۵۰ درجه سانتی‌گراد، به مدت ۵۰ دقیقه و با نسبت ۱:۱۰ (این نقاط طبق آزمون‌های قبلی باهدف حداکثر میزان عصاره استخراج شده، بازده استخراج و ترکیبات فنولیک بهینه شده بود) با آب استخراج، و در انتها محلول استخراج شده با استفاده از پارچه‌ی صافی به‌طور کامل صاف گردید.

۲-۲- تهیه محلول و خشک کردن پاششی

محلولی با نسبت‌های مختلف از عصاره عناب (بریکس:۹) با مالتودکسترین (DE:20- Sigma) جهت خشک کردن پاششی تهیه شد. نسبت عصاره استخراج شده عناب به مالتودکسترین (۰/۸، ۰/۹، ۱) بود. پس از اختلاط کامل عصاره استخراج شده عناب با مالتودکسترین توسط همزن (Gosonic-GHM818-200W, China) با سرعت ۲۰۰rpm به‌طور کامل مخلوط شد. در هر بار مقدار دو لیتر از محلول با سه دمای (۱۵۰، ۱۷۰ و ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد) با دبی ورودی ۱ml/s توسط خشک کن پاششی (Two Flow nozzle, Counter-current, Soroush, Iran) خشک گردید. پودر حاصل در ظروف شیشه‌ای تا زمان انجام آزمایش‌ها در یخچال (۵-۴ درجه سانتی‌گراد) نگهداری شد.

۲-۳- اندازه‌گیری میزان رطوبت

مقدار ۳ گرم پودر در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد تا زمان ثابت شدن وزن در آن (UNB400, Germany) نگهداری شد. بر اساس اختلاف وزن قبل و بعد از قرار دادن در آن میزان رطوبت محاسبه شد [۱۶].

۲-۴- اندازه‌گیری فعالیت آبی

فعالیت آبی پودر عناب توسط دستگاه اندازه‌گیری فعالیت آبی (Testo AG 400, Germany) در سه تکرار اندازه‌گیری شد. در این روش مقدار ۵ گرم نمونه پودر به محفظه دستگاه منتقل و پس از حدود ۱۰ دقیقه که میزان تغییر آب فعال کمتر از ۰/۰۰۱ شد، فعالیت آبی ثبت گردید [۹].

۲-۵- ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (DPPH)

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (DPPH) (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) با روش دو و همکاران تعیین شد [۱۹]، که

بین ۱/۲۵ تا ۲/۸۸ درصد بود که با رطوبت پودرهای هندوانه و توت سیاه مطابقت داشت [۲۴ و ۲۵]. نتایج نشان داد که در شرایط ثابت با افزایش دمای خشک کردن، میزان رطوبت کاهش می‌یابد (شکل ۱) [۱۶ و ۲۶]. افزایش دما باعث افزایش اختلاف دما بین محیط و دمای ذره می‌شود که موجب افزایش نسبت انتقال رطوبت به بیرون، انتقال دما به داخل و در نتیجه افزایش فشار و سرعت برای خروج رطوبت می‌گردد [۲۷ و ۲۸]. با افزایش نسبت عصاره استخراج شده به مالتودکسترین میزان رطوبت پودر افزایش یافت، که ناشی از افزایش مواد جامد خوراکی ورودی و کاهش مقدار آب برای تبخیر است [۱۲، ۱۶ و ۲۵].

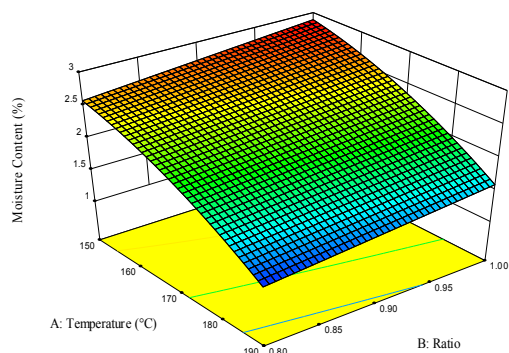


Fig 1 The interactive effect of the ratio and the temperature on moisture content

۳-۳- فعالیت آبی

فعالیت آبی پارامتر مهمی در طول مدت زمان نگهداری پودر است. فعالیت آبی کمتر از ۰/۳ به دلیل اینکه باعث کاهش آب در دسترس میکروارگانیسم‌ها (آب آزاد) و واکنش‌های بیوشیمیایی می‌شود، در نتیجه زمان ماندگاری را افزایش می‌دهد. گذار شیشه‌ای و فعالیت آبی در ارزیابی پایداری مواد غذایی مورد توجه قرار می‌گیرد [۲۹]. اثر دمای خشک کن بر تغییرات فعالیت آبی معنی‌دار شد ($P < 0.005$)، ولی اثر نسبت عصاره عنب به مالتودکسترین بر فعالیت آبی معنی‌دار نبود ($P > 0.05$). نتایج نشان داد که با افزایش دمای خشک کن میزان فعالیت آبی کاهش یافت (شکل ۲). فعالیت آبی بین ۰/۲۱۸ تا ۰/۳۶۰ بود که دامنه مورد قبولی می‌باشد و با مطالعات لینک و همکاران مطابقت دارد [۳۰]. پودر تولید شده به دلیل داشتن محتوای رطوبتی پایین (۵-۲٪) و فعالیت آبی پایین (۰/۲-۰/۶) بسیار پایدار می‌باشد.

۱۱-۲- ارزیابی حسی

نمونه‌های مورد ارزیابی توسط ۱۵ ارزیاب آموزش ندیده با رنج سنی ۲۰ تا ۳۵ سال و به روش هدونیک ۹ نقطه‌ای برای ویژگی‌های رنگ، بو، طعم، احساس دهانی و پذیرش کلی مورد ارزیابی قرار گرفت. حد مطلوب برای هر ویژگی امتیاز ۵ تعیین شد.

۱۲-۲- طرح آماری و تجزیه و تحلیل داده‌ها:

تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار آماری Design-Expert ver:8.0.7.1 در سطح معنی‌داری ۵ درصد ($P < 0.05$) صورت پذیرفت، که با طرح پایه کاملاً تصادفی در قالب فاکتوریل در دو تکرار انجام شد.

۳- بحث و نتایج

پس از برآزش مدل چند جمله‌ای درجه دوم، رابطه‌های به‌دست آمده در معرض الگوریتم حذف پس‌خور قرار گرفتند، جملات مدل که از نظر آماری معنی‌دار نبودند حذف شده و در نتیجه تعداد جملات مدل کاهش شدند که این مدل را مدل درجه دوم کاسته شده گویند.

۱-۳- آنالیز مدل برآزش یافته

مدل درجه دوم کاسته شده برای میزان رطوبت، فعالیت آبی، اندازه ذرات، رنگ، حلالیت آب، ترکیبات فنلی، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و دمای گذار شیشه‌ای از نظر آماری معنی‌دار بوده ($P < 0.0001$) است. مقادیر بالای ضریب همبستگی و ضریب همبستگی اصلاح شده برای مدل‌های به دست آمده، بیانگر قدرت بالای مدل در پیش‌بینی فرایند می‌باشد.

۲-۳- میزان رطوبت

میزان رطوبت، عامل مهمی برای پایداری پودر است. افزایش رطوبت پودر باعث تأثیر در دمای گذار شیشه‌ای می‌شود که منجر به حالت چسبندگی و کلوخه‌ای می‌گردد [۲۳]. اثر دما و نسبت عصاره استخراج شده عنب به مالتودکسترین بر میزان رطوبت پودر عصاره عنب معنی‌دار بود ($P < 0.0001$)، همچنین عبارت درجه دوم دما معنی‌دار شد ($P < 0.0001$). مقدار رطوبت پودرها

کاهش در معرض قرار گرفتن ذرات با اکسیژن و اکسیداسیون می‌شود [۲۵].

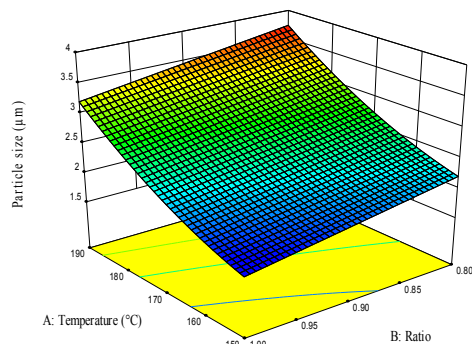


Fig 3 The interactive effect of the ratio and the temperature on particle size.

۳-۵- رنگ

اثر دما ($P < 0.0001$)، نسبت عصاره به مالتودکسترین ($P < 0.0023$) و عبارت درجه دوم دما ($P < 0.0138$) بر مؤلفه رنگی L^* معنی‌دار گردید. با افزایش دما و نسبت عصاره به مالتودکسترین میزان مؤلفه‌ی رنگی L^* کم شد (شکل ۴). افزایش دما با افزایش خروج آب از نمونه، موجب تغلیظ پیگمان‌های رنگی در نمونه می‌گردد همچنین افزایش دما موجب واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی و کاراملیزاسیون قندها می‌شود که موجب کاهش مؤلفه‌ی رنگی L^* می‌شود [۱۶ و ۱۷]. افزایش میزان مالتودکسترین که دارای رنگ سفید است در خوراک ورودی موجب روشن‌تر شدن رنگ نمونه و افزایش مؤلفه‌ی رنگی L^* نمونه می‌شود [۱۶]. این پارامتر تحت تأثیر اندازه ذرات نیز می‌باشد و با کاهش اندازه ذرات، پارامتر L^* افزایش یافت [۳۳].

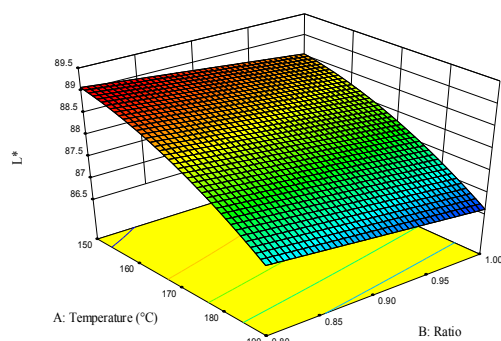


Fig 4 The interactive effect of the ratio and the temperature on L^* .

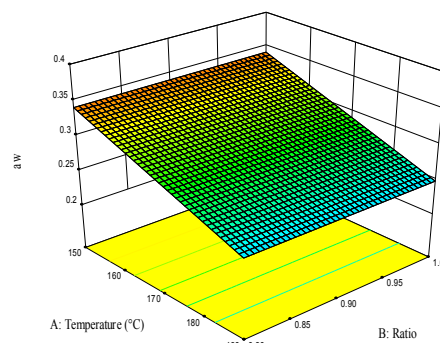


Fig 2 The interactive effect of the ratio and the temperature on a_w .

۳-۴- اندازه ذرات

اندازه ذرات بر ویژگی‌های انتقال، نگهداری و پایداری ترکیبات عملگر در شرایط محیطی اثر دارد [۳۱]. اثر دما، نسبت عصاره عتاب به مالتودکسترین ($P < 0.0001$) و عبارت درجه دوم دما بر اندازه ذرات ($P < 0.0006$) معنی‌دار بود. اندازه ذرات بین ۱/۷۵۵ تا ۳/۷۴۶ میکرومتر بود. اندازه ذرات از توزیع نرمالی برخوردار بود، که نشان دهنده شرایط خوب آزمایش می‌باشد با افزایش دمای ورودی خشک‌کن، اندازه ذرات بزرگ می‌شود (شکل ۳). افزایش دمای ورودی، منجر به تشکیل یک لایه خشک در سطح قطرات می‌شود. این لایه سخت تشکیل شده مانع از خروج رطوبت و در نتیجه افزایش اندازه ذره می‌شود که با یافته‌های چگینی و همکاران و فراری و همکاران مطابقت دارد [۱۵ و ۱۲]. با افزایش دما سرعت تبخیر آب زیاد شده و نمونه‌ها متورم‌تر می‌شوند و اندازه ذرات افزایش می‌یابد [۳۲]. همچنین در دماهای پایین به دلیل کاهش سرعت خشک شدن، ذرات چروکیده می‌شوند و اندازه کاهش می‌یابد. با افزایش نسبت عصاره به مالتودکسترین اندازه ذرات کاهش می‌یابد که با نتایج کوئیک و همکاران مطابقت دارد [۲۵]. کاهش نسبت عصاره به مالتودکسترین موجب افزایش ویسکوزیته خوراک ورودی و افزایش اندازه ذرات می‌شود. اندازه ذرات پودرها اثر معنی‌داری بر ویژگی‌های جذب آب، جریان پذیری و ویژگی‌های بازسازی آن دارند، به‌طور مثال ذرات کوچک‌تر جذب آب بیشتری نسبت به ذرات بزرگ‌تر دارند و در نتیجه جریان پذیری و خیس شوندگی کمتری دارند. همچنین اندازه ذرات بزرگ‌تر باعث

عصاره استخراج شده عنب در خوراک ورودی است. میزان فنول اندازه‌گیری شده در این پژوهش بین $30/41$ تا $35/70$ mg/g بود.

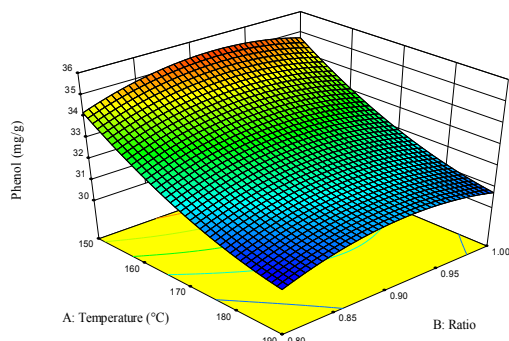


Fig 6 The interactive effect of the ratio and the temperature on phenol.

۳-۸- ظرفیت آنتی اکسیدانی

مه‌ار رادیکال DPPH پایه و اساس ارزیابی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی است. به دلیل سهولت و سرعت، معمولاً این روش برای بررسی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی ترکیبات گیاهی استفاده می‌شود [۳۵]. معمولاً نتایج آزمون DPPH بر پایه EC_{50} بیان می‌شود EC_{50} بیانگر غلظت مؤثر نمونه‌ها است که ظرفیت مه‌ار ۵۰ درصد DPPH را دارد و از طریق رگرسیون خطی منحنی درصد ممانعت‌کنندگی و غلظت به دست می‌آید. در این مورد اثر دما ($P < 0.0001$)، نسبت عصاره به مالتودکسترین ($P < 0.0002$) و عبارت درجه دوم دما ($P < 0.0005$) معنی‌دار گردید. نتایج نشان داد که با افزایش دما میزان DPPH زیاد می‌شود ولی با افزایش نسبت عصاره به مالتودکسترین میزان DPPH کاهش می‌یابد، که این ناشی از کاهش اثر محافظت‌کنندگی مالتودکسترین از ترکیبات زیست فعال است (شکل ۷) [۲۴].

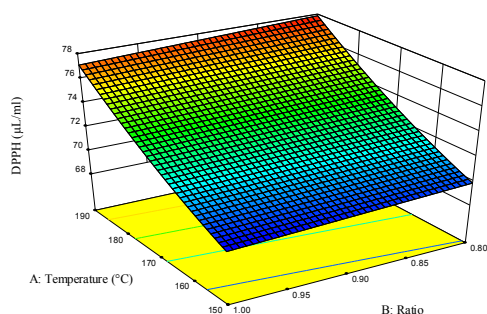


Fig 7 The interactive effect of the ratio and the temperature on DPPH

۳-۶- حلالیت آب

حلالیت توانایی پودر برای انحلال یا تشکیل سوسپانسیون است. اثر تیمارهای دما ($P < 0.0001$)، نسبت عصاره به مالتودکسترین ($P < 0.0001$)، اثر متقابل دما و نسبت عصاره به مالتودکسترین ($P < 0.0405$) بر حلالیت معنی‌دار بود. افزایش دما و نسبت عصاره به مالتودکسترین موجب کاهش حلالیت گردید (شکل ۵). هرچه میزان رطوبت کمتر باشد، حلالیت بیشتری شود. با افزایش دما اندازه ذرات افزایش و زمان حل شدن کاهش می‌یابد [۲۷]. در میزان رطوبت کمتر، حلالیت افزایش یافت که با نتایج گولا و همکاران و سابلاتیا و همکاران مطابقت دارد [۲۷ و ۲۸]. با افزایش مالتودکسترین و اثر پوشش‌دهندگی مالتودکسترین بر ذرات عصاره، حلالیت افزایش یافت که ناشی از عدم کریستاله شدن ساختار و حالت طبیعی آمورف آن است [۲۸].

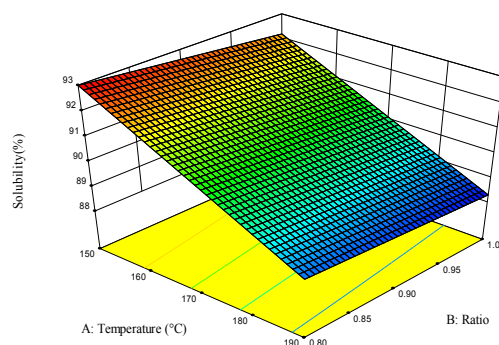


Fig 5 The interactive effect of the ratio and the temperature on solubility.

۳-۷- ترکیبات فنولیک

ترکیبات فنولیک، ترکیبات آنتی‌اکسیدانی هستند که به‌طور طبیعی در برخی از مواد غذایی وجود دارند و مشخص شده است که به‌طور قابل‌توجهی بر سلامتی تأثیر گذارند [۳۴]. اثر دما ($P < 0.0001$)، عبارات درجه دوم دما ($P < 0.0584$) و نسبت عصاره به مالتودکسترین ($P < 0.0287$) بر میزان ترکیبات فنولیک معنی‌دار بود. فنول جزو ترکیبات حساس به حرارت است و افزایش دما موجب تخریب و نابودی ترکیبات فنولیک می‌شود طبق نتایج با افزایش دمای خشک‌کن میزان ترکیبات فنولیک کاهش یافت (شکل ۶) [۲۸]، که با نتایج الماس و همکاران مطابقت داشت [۹]. با افزایش نسبت عصاره به مالتودکسترین میزان ترکیبات فنولیک افزایش یافت که ناشی از افزایش مقدار

بیشتر عصاره عناب به مالتودکسترین باعث بهبود رنگ از دیدگاه ارزیابان شد که ناشی از رنگ سفید خود مالتودکسترین است و رنگ نوشیدنی را کم رنگ تر نشان می‌دهد. دمای بالاتر به دلیل طعم برشته‌تر شدن دارای بو و احساس دهانی بهتری بود. مزه نوشیدنی به دلیل نبود هیچ‌گونه ماده شیرین‌کننده دیگر از امتیاز حسی پایینی برخوردار شد. به‌طورکلی دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد دارای بیشترین امتیاز در پذیرش کلی محصول نوشیدنی بود.

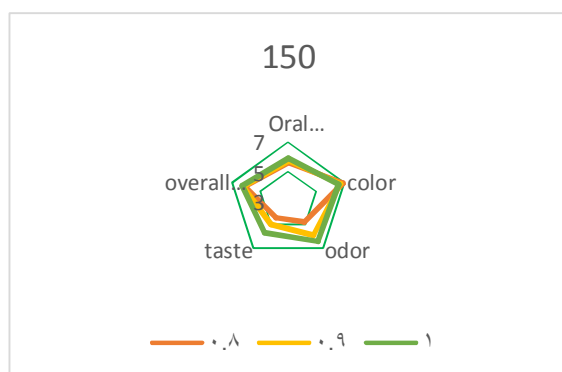


Fig 9 Score panelists radar chart at 150 °C.

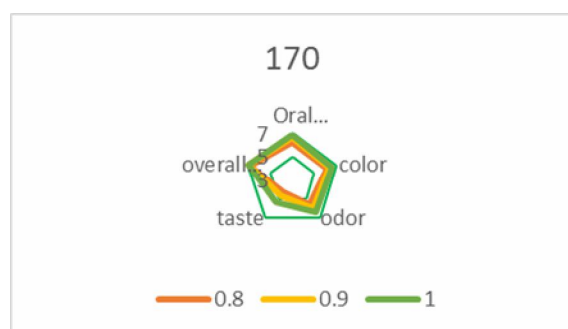


Fig 10 Score panelists radar chart at 170 °C.

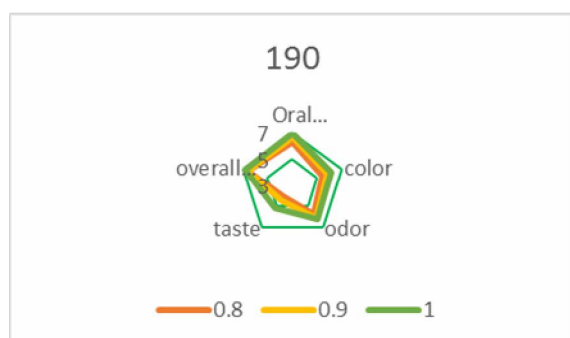


Fig 11 Score panelists radar chart at 190 °C.

۳-۹- دمای گذار شیشه‌ای

علاوه بر میزان رطوبت و فعالیت آب، دمای گذار شیشه‌ای یکی دیگر از پارامترهای مرتبط برای تعیین پایداری محصول می‌باشد [۲۴]. اثر دما ($P < 0.0002$)، نسبت عصاره به مالتودکسترین ($P < 0.0072$)، عبارت درجه دوم دما ($P < 0.01$) و اثر متقابل دما و نسبت عصاره به مالتودکسترین ($P < 0.0231$) معنی دارد بود. با توجه به شکل ۸ با افزایش دما، دمای گذار شیشه‌ای افزایش یافت، همچنین با افزایش نسبت عصاره به مالتودکسترین دمای گذار شیشه‌ای کاهش یافت. به‌طورکلی میزان قند بالا در پودر عناب، موجب کاهش دمای گذار شیشه‌ای می‌شود [۹]. برای جلوگیری از این کار عوامل حمل‌کننده مثل مالتودکسترین قبل از اسپری کردن به محلول اضافه می‌شود که باعث می‌شود دمای گذار شیشه‌ای افزایش یابد [۲۴ و ۳۶]. مالتودکسترین با افزایش وزن مولکولی مواد جامد محلول و مقدار دمای گذار شیشه‌ای در پودر حاصل بر پایداری و خواص پودر تأثیر می‌گذارد. گذار شیشه‌ای در دمای خاصی اتفاق نمی‌افتد بلکه در یک دامنه دمایی رخ می‌دهد [۳۷].

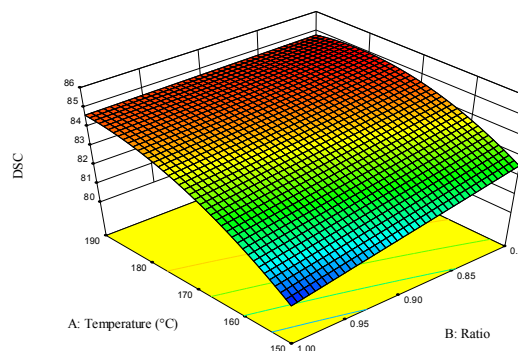


Fig 8 The interactive effect of the ratio and the temperature on DSC.

۳-۱۰- ویژگی‌های حسی

با توجه به نمودارهای راداری (شکل‌های ۹، ۱۰ و ۱۱)، مشخص می‌شود که در اکثر موارد نسبت یک‌به‌یک عصاره عناب به مالتودکسترین امتیاز بیشتری را کسب کردند که به دلیل مقدار بیشتر عناب به مالتودکسترین نسبت به تیمارهای دیگر است که منجر به بهبود خواص حسی پودر می‌گردد. دما اثر محسوسی بر ویژگی‌های حسی پودر عناب دارد. دمای بالاتر باعث خروج بیشتر آب از نمونه می‌شود و پیگمان‌های نمونه را تغلیظ می‌کند همچنین دمای بالاتر باعث کارامیلیزاسیون قندها و واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی می‌شود و رنگ را تیره‌تر می‌کند. نسبت

- jujuba. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 34(6), 750-754.
- [3] Sun, H. F., Meng, Y. P., Cao, Q. F., Wada, M., & Liang, A. H. (2009). Molecular cloning and expression analysis of a SQUA/AP1 homologue in Chinese Jujube (*Ziziphus jujube* Mill.). *Plant Molecular Biology Reporter*, 27(4), 534.
- [4] Plastina, P., Bonofiglio, D., Vizza, D., Fazio, A., Rovito, D., Giordano, C., & Gabriele, B. (2012). Identification of bioactive constituents of *Ziziphus jujube* fruit extracts exerting antiproliferative and apoptotic effects in human breast cancer cells. *Journal of Ethnopharmacology*, 140(2), 325-332.
- [5] Ivanišová, E., Grygorieva, O., Abrahamová, V., Schubertova, Z., Terentjeva, M., & Brindza, J. (2017). Characterization of morphological parameters and biological activity of jujube fruit (*Ziziphus jujuba* Mill.). *Journal of Berry Research*, (Preprint), 1-12.
- [6] Gao, Q. H., Wu, P. T., Liu, J. R., Wu, C. S., Parry, J. W., & Wang, M. (2011). Physico-chemical properties and antioxidant capacity of different jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) cultivars grown in loess plateau of China. *Scientia Horticulturae*, 130(1), 67-72.
- [7] Chang, S. C., Hsu, B. Y., & Chen, B. H. (2010). Structural characterization of polysaccharides from *Zizyphus jujuba* and evaluation of antioxidant activity. *International Journal of Biological Macromolecules*, 47(4), 445-453.
- [8] Wojdyło, A., Carbonell-Barrachina, Á. A., Legua, P., & Hernández, F. (2016). Phenolic composition, ascorbic acid content, and antioxidant capacity of Spanish jujube (*Ziziphus jujube* Mill.) fruits. *Food Chemistry*, 201, 307-314.
- [9] Elmas, F., Varhan, E., & Koç, M. (2018). Drying characteristics of jujube (*Zizyphus jujuba*) slices in a hot air dryer and physicochemical properties of jujube powder. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 1-17.
- [10] Walkling-Ribeiro, M., Noci, F., Cronin, D. A., Lyng, J. G., & Morgan, D. J. (2009). Shelf life and sensory evaluation of orange juice after exposure to thermosonication and pulsed electric fields. *Food and Bioprocess Processing*, 87(2), 102-107.
- ### ۳-۱۱- بهینه یابی
- هدف از این مرحله دستیابی به بهترین شرایط خشک کردن با توجه به پاسخ‌های به دست آمده از آزمون‌ها می‌باشد. هدف از بهینه یابی کمترین میزان رطوبت و فعالیت آبی و بیشترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، رنگ، حلالیت، ترکیبات فنولیک، ارزیابی حسی و دمای گذار شیشه‌ای تعیین شد. نقطه بهینه با استفاده از نرم‌افزار دیزاین اکسپرت دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد و نسبت عصاره استخراج‌شده عناب به مالتودکسترین ۰/۹۱ تعیین شد.
- ### ۴- نتیجه گیری
- عناب به دلیل خواص تغذیه‌ای بسیار مفیدی که دارد از دیرباز مورد توجه مردم و محققان قرار گرفته است. همانطور که در ابتدا بیان شد هدف از این پژوهش بررسی ویژگی‌های فیریکوشیمیایی پودر خشک شده عصاره عناب بود که با توجه به نتایج بهترین شرایط برای خشک کردن این عصاره تعیین گردید و دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد و نسبت عصاره به مالتودکسترین ۰/۹۱ به دست آمد. با بررسی میزان پودر حاصله، هزینه‌های انجام شده و سایر موارد، تهیه پودر با این روش، کاملاً توجیه اقتصادی دارد. مرحله بعدی و پیشنهادی برای این پودر تهیه و بررسی ویژگی‌های نوشیدنی حاصل از این پودر می‌باشد که می‌توان به صورت نوشیدنی فوری یا ترکیب با شیرین کننده‌های طبیعی تهیه شود. امروزه به دلیل اشتیاق مصرف کننده به مصرف نوشیدنی و خوراکی‌های طبیعی، تولید پودر نوشیدنی فوری عناب می‌تواند سهم قابل توجهی از بازار را به خود بگیرد.
- ### ۵- منابع
- [1] Fang, S., Wang, Z., Hu, X., Chen, F., Zhao, G., Liao, X., ... & Zhang, Y. A. N. (2011). Energy requirement and quality aspects of Chinese jujube (*Zizyphus jujuba* Miller) in hot air drying followed by microwave drying. *Journal of Food Process Engineering*, 34(2), 491-510.
- [2] Kim, H. K., & Joo, K. J. (2005). Antioxidative capacity and total phenolic compounds of methanol extract from *Zizyphus*

- soymilk powders by ultrafiltration, spray drying and fluidized bed agglomeration. *Journal of Food Engineering*, 84(2), 194-205.
- [22] Jaya, S., & Das, H. (2009). Glass transition and sticky point temperatures and stability/mobility diagram of fruit powders. *Food and Bioprocess Technology*, 2(1), 89-95.
- [23] Goula, A. M., & Adamopoulos, K. G. (2010). A new technique for spray drying orange juice concentrate. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 11(2), 342-351.
- [24] Ferrari, C. C., Marconi Germer, S. P., Alvim, I. D., & de Aguirre, J. M. (2013). Storage stability of spray-dried blackberry powder produced with maltodextrin or gum arabic. *Drying Technology*, 31(4), 470-478.
- [25] Quek, S. Y., Chok, N. K., & Swedlund, P. (2007). The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 46(5), 386-392.
- [26] Patil, V., Chauhan, A. K., & Singh, R. P. (2014). Optimization of the spray-drying process for developing guava powder using response surface methodology. *Powder Technology*, 253, 230-236.
- [27] Goula, A. M., & Adamopoulos, K. G. (2008). Effect of maltodextrin addition during spray drying of tomato pulp in dehumidified air: II. Powder properties. *Drying Technology*, 26(6), 726-737.
- [28] Sablania, V., & Bosco, S. J. D. (2018). Optimization of spray drying parameters for *Murraya koenigii* (Linn) leaves extract using response surface methodology. *Powder Technology*, 335, 35-41.
- [29] Chen, Q., Bi, Y., Bi, J., Zhou, L., Wu, X., & Zhou, M. (2017). Glass Transition and State Diagram for Jujube Powders With and Without Maltodextrin Addition. *Food and Bioprocess Technology*, 10(9), 1606-1614.
- [30] Link, J. V., Tribuzi, G., & Laurindo, J. B. (2017). Improving quality of dried fruits: A comparison between conductive multi-flash and traditional drying methods. *LWT-Food Science and Technology*, 84, 717-725.
- [31] Shi, Q., Fang, Z., & Bhandari, B. (2013). Effect of addition of whey protein isolate on spray-drying behavior of honey with
- [11] Salminen, H., Ankenbrand, J., Zeeb, B., Bönisch, G. B., Schäfer, C., Kohlus, R., & Weiss, J. (2018). Influence of spray drying on the stability of food-grade solid lipid nanoparticles. *Food Research International*.
- [12] Ferrari, C. C., Germer, S. P. M., & de Aguirre, J. M. (2012). Effects of spray-drying conditions on the physicochemical properties of blackberry powder. *Drying Technology*, 30(2), 154-163.
- [13] Santivarangkna, C., Kulozik, U., & Foerst, P. (2007). Alternative drying processes for the industrial preservation of lactic acid starter cultures. *Biotechnology Progress*, 23(2), 302-315.
- [14] Jangam, S. V., & Thorat, B. N. (2010). Optimization of spray drying of ginger extract. *Drying Technology*, 28(12), 1426-1434.
- [15] Chegini, G. R., & Ghobadian, B. (2005). Effect of spray-drying conditions on physical properties of orange juice powder. *Drying Technology*, 23(3), 657-668.
- [16] 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. *Journal of Food Engineering*, 98(3), 385-392.
- [17] Fazaeli, M., Emam-Djomeh, Z., Ashtari, A. K., & Omid, M. (2012). Effect of spray drying conditions and feed composition on the physical properties of black mulberry juice powder. *Food and Bioprocess Technology*, 90(4), 667-675.
- [18] Shishir, M. R. I., & Chen, W. (2017). Trends of spray drying: a critical review on drying of fruit and vegetable juices. *Trends in Food Science & Technology*, 65, 49-67.
- [19] Do, Q. D., Angkawijaya, A. E., Tran-Nguyen, P. L., Huynh, L. H., Soetaredjo, F. E., Ismadji, S., & Ju, Y. H. (2014). Effect of extraction solvent on total phenol content, total flavonoid content, and antioxidant activity of *Limnophila aromatica*. *Journal of Food and Drug Analysis*, 22(3), 296-302.
- [20] Horuz, E., Altan, A., & Maskan, M. (2012). Spray drying and process optimization of unclarified pomegranate (*Punica granatum*) juice. *Drying Technology*, 30(7), 787-798.
- [21] Jinapong, N., Suphantharika, M., & Jamnong, P. (2008). Production of instant

- [35] Chen, Z., Bertin, R., & Froldi, G. (2013). EC50 estimation of antioxidant activity in DPPH assay using several statistical programs. *Food Chemistry*, 138(1), 414-420.
- [36] Jayasundera, M., Adhikari, B., Adhikari, R., & Aldred, P. (2011). The effect of protein types and low molecular weight surfactants on spray drying of sugar-rich foods. *Food Hydrocolloids*, 25(3), 459-469.
- [37] Silva, M. A., Sobral, P. J. A., & Kieckbusch, T. G. (2006). State diagrams of freeze-dried camu-camu (*Myrciaria dubia* (HBK) Mc Vaugh) pulp with and without maltodextrin addition. *Journal of Food Engineering*, 77(3), 426-432.
- maltodextrin as a carrier material. *Drying Technology*, 31(13-14), 1681-1692.
- [32] Kurozawa, L. E., Morassi, A. G., Vanzo, A. A., Park, K. J., & Hubinger, M. D. (2009). Influence of spray drying conditions on physicochemical properties of chicken meat powder. *Drying Technology*, 27(11), 1248-1257.
- [33] Kim, S. H., Choi, Y. J., Lee, H., Lee, S. H., Ahn, J. B., Noh, B. S., & Min, S. C. (2012). Physicochemical properties of jujube powder from air, vacuum, and freeze drying and their correlations. *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry*, 55(2), 271-279.
- [34] Pandey, K. B., & Rizvi, S. I. (2009). Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2(5), 270-278.

Spray dried Aqueous Extract Jujube: Evaluation of Physicochemical and functional Properties

Shahidi, F. ^{1*}, Bolourian, Sh. ², Maleki, M. ³, Hosseini, H. ⁴

1. Professor, Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad (FUM), Mashhad, Iran
2. Food Additives Department, Food Science and Technology Research Institute, Research Center for Iranian Academic Center for Education, Culture and Research (ACECR), Khorasan Razavi Branch, , Mashhad, Iran
3. Ph.D. student, Department of Food Hygiene and Aquaculture, Faculty of Veterinary Medicine, , Ferdowsi University of Mashhad (FUM), Mashhad, Iran
4. Food Additives Department, Food Science and Technology Research Institute, Research Center for Iranian Academic Center for Education, Culture and Research (ACECR), Khorasan Razavi Branch, , Mashhad, Iran

(Received: 2019/01/19 Accepted:2019/10/12)

Jujube is a valuable plant which different parts of it are used at all over the world due to its therapeutic and nutritional properties. In order to preserving its valuable and functional fruits various preserving method have been investigated. The main objective of this study was the extraction of jujube extracts, evaluation of its phenolic contents and production of jujube powdered with an appropriate physicochemical properties. Firstly, the jujube with the aim of maximum amount of extract, extraction efficiency and phenolic content was extracted. Secondly, the extracted jujube extract was dried at three drying temperatures (150, 170 and 190°C) and three ratios of jujube extract to maltodextrin using spray drying method. The resulting powder was evaluated in terms of moisture content, water activity, particle size, color measurement, solubility, phenolic content, antioxidant capacity, sensory evaluation and glass transition temperature. The effects of the drying temperatures and the ratios of jujube to maltodextrin on the properties of powder were significant. The drying optimum point with the aim of the least moisture content, water activity, antioxidant capacity and the most solubility, phenolic content, sensorial properties and glass transition temperature was determined. The drying optimum point was 170°C and the ratios of jujube extract to maltodextrin was 0.91.

Key words: Jujube, Jujube Powder, Phenolic Compounds

* Corresponding Author E-Mail Address: fshahidi@um.ac.ir