

اثر غلظت صمغ عربی و دمای خشک‌کن پاششی بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی پودر آلئوئورا

مرضیه نوحی^a، شاهرخ شعبانی^{b*}، فریبا زمانی هرگلانی^c

^a دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

^b مربی گروه تخصصی صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

^c استادیار گروه محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۱/۰۶

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۹/۱۰

چکیده

مقدمه: آلئوئورا در بیشتر مناطق دنیا به عنوان مکمل و ماده‌ای با ویژگی‌های عملکردی، عامل ضد میکروبی و پوشش دهنده در بسیاری از محصولات غذایی از جمله نوشیدنی، ماست، بستنی و غیره استفاده می‌شود. رطوبت بالای ژل آلئوئورا نگهداری و انتقال به واحدهای تولیدی را مشکل می‌سازد، لذا استفاده از روش‌هایی مانند خشک‌کردن که ضمن حفظ کیفیت، باعث سهولت در نگهداری و حمل‌ونقل این محصول ارزشمند می‌شود، مورد توجه واحدهای تولیدی قرار دارد. در خشک‌کن پاششی با پاشش ماده و معلق شدن ذرات و حذف آب بوسیله هوای داغ، محصولاتی به شکل پودر و با کیفیت بالا تولید می‌شوند. محصول تولید شده حاوی ذرات ریزتر و توزیع اندازه ذره‌ای بهتر، ظاهر، بافت، مشخصه ریزش، تراکم پذیری، دانسیته توده‌ای، قابلیت پراکندگی و دارای محلولیت بسیار مطلوبی در مقایسه با روش‌های دیگر خشک‌کردن می‌باشد.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق به بررسی خشک‌کردن ژل آلئوئورا در ۴ دمای ورودی خشک‌کن پاششی ۱۳۵، ۱۴۵، ۱۵۵ و ۱۷۵ درجه سلسیوس و غلظت صمغ عربی ۰٪، ۱/۵٪ و ۳٪ پرداخته شد. ژل آلئوئورا پس از تغلیظ خشک گردید. از بین ۱۲ نمونه پودر تولیدی ۲ نمونه که با توجه به فاکتورهای رطوبت، حالیت و بازده عمل خشک‌کردن مطلوب‌ترین نتیجه را داشتند، انتخاب شده و جهت آزمون‌های pH، رطوبت، خاصیت آنتی‌اکسیدانی، میزان آلئوئین، بررسی ابعاد و شکل توسط میکروسکوپ الکترونی و رنگ ذرات با نمونه‌های موجود در بازار توسط آزمون فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار و با استفاده از تجزیه واریانس یک طرفه (ANOVA) و مقایسه میانگین دانکن با سطح اطمینان ۹۵٪ مقایسه شدند.

یافته‌ها: نمونه‌های تولیدی با دمای ورودی بیشتر و زمان فرآیند کمتر دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی و میزان آلئوئین بیشتر بوده، نتایج بهتری را از لحاظ کیفی نشان دادند.

نتیجه‌گیری: بررسی‌ها نشان داد نمونه خشک‌شده در دمای ۱۷۵ درجه سلسیوس و حاوی ۱/۵٪ غلظت صمغ، مطلوب‌ترین نمونه از جهت پارامترهای مورد مقایسه در پژوهش می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آلئوئورا، آلئوئین، خشک‌کن پاششی، صمغ عربی

مقدمه

آلونهورا گیاهی است چندساله، از خانواده زنبق (سوسنیان) که بیش از ۴۰۰ گونه متفاوت دارد و خاستگاه آن شمال آفریقا یا منطقه نیل است (Bozzi *et al.*, 2005). سازمان غذا و دارو (FDA) مصرف خوراکی آلونهورا به عنوان مکمل غذایی را تایید کرده است که باعث شده صنعت نوشیدنی و غذا، عرصه امیدوار کننده‌ای برای این گیاه باشد (Javed and Rahman, 2014). آلونهورا گیاهی حائز اهمیت می‌باشد و در بیشتر مناطق دنیا برای مقاصد گوناگون از جمله در صنعت غذا به عنوان مکمل و مواد تشکیل دهنده عملکردی، عامل ضد میکروبی و پوشش دهنده در بسیاری از محصولات غذایی از جمله نوشیدنی، ماست، شیر، بستنی، محصولات قنادی و غیره استفاده می‌شود. از دیگر کاربردهای آلونهورا می‌توان به بهبود زخم، جوش، سوختگی و درمان بیماری‌های مختلف اشاره نمود. ژل آلونهورا یکی از بهترین پوشش‌های خوراکی، بیولوژیکی و ایمن برای انواع مختلف مواد غذایی به علت خواص تشکیل دهنده‌ی فیلم و قابلیت تجزیه‌پذیری آن است (Aslam Maan *et al.*, 2018).

رطوبت بالای ژل آلونهورا شرایط نگهداری و انتقال آن به واحدهای تولیدی را مشکل می‌سازد، لذا استفاده از روش‌هایی مانند خشک‌کردن که ضمن حفظ کیفیت، باعث سهولت در نگهداری و حمل و نقل این محصول ارزشمند می‌شود، مورد توجه واحدهای تولیدی قرار دارد. خشک‌کردن یکی از قدیمی‌ترین، رایج‌ترین و متنوع‌ترین روش‌های فرآوری مواد غذایی است و به عنوان یک گام ضروری به منظور استفاده طولانی مدت از مواد غذایی می‌باشد. خشک‌کردن به عنوان یک واحد عملیاتی با روش از بین بردن رطوبت و یا کاهش آن از طریق انتشار رطوبت از سطح ماده و تبخیر آب از ماده مورد نظر، برای بالا بردن مدت زمان نگهداری مواد غذایی و دارویی از دیرباز مورد استفاده قرار می‌گرفته است (Kucuk *et al.*, 2014). یکی از مهم‌ترین اهداف در این روش کاهش میزان رطوبت محصول است که باعث کاهش رشد و فعالیت میکروارگانیسم‌ها شده و این عمل منجر به افزایش ماندگاری محصول نیز می‌شود. یکی دیگر از مزایای

خشک‌کردن و کاهش رطوبت محصول، پایین آمدن هزینه بسته‌بندی و حمل‌ونقل می‌باشد. عملیات خشک‌کردن تأثیر زیادی بر روی کیفیت محصول و قیمت آن می‌گذارد. کیفیت محصول غذایی به میزان تغییرات فیزیکی و بیوشیمیایی که در طول فرآیند خشک‌کردن در آن رخ می‌دهد بستگی دارد. درجه حرارت، زمان و فعالیت آبی در حین فرآیند خشک‌کردن بر روی کیفیت محصول نهایی تأثیر می‌گذارد (Tavakolipour, 2009).

نحوه خشک‌کردن ژل آلونهورا دارای اهمیت بالایی است که منجر به تولید فرآورده نهایی با بهترین کیفیت و داشتن خواصی مطابق با ژل خام اولیه شود، این کار به ۴ روش صورت می‌گیرد: خشک‌کردن پاششی^۱، خشک‌کردن انجمادی صنعتی^۲، خشک‌کردن پنجره‌ای^۳ و خشک‌کردن منطقه تابشی^۴ (Fuentes *et al.*, 2016). خشک‌کن پاششی یکی از دستگاه‌های مهم فرآوری در صنایع غذایی می‌باشد. مهم‌ترین مشخصه یک فرآورده خشک‌شده به روش پاششی، یکنواختی محصول نهایی است. در خشک‌کن پاششی با پاشش ماده و معلق شدن ذرات و حذف آب بوسیله هوای داغ، محصولاتی به شکل پودر و با کیفیت بالا تولید می‌شوند. محصول تولید شده حاوی ذرات ریزتر و توزیع اندازه ذره‌ای بهتر، ظاهر، بافت، مشخصه ریزش، تراکم پذیری، دانسیته توده‌ای، قابلیت پراکندگی و دارای محلولیت بسیار مطلوبی در مقایسه با روش‌های دیگر خشک‌کردن می‌باشد. (Tavakolipour, 2009).

علت افزودن حامل مانند پلیمرها به محصول می‌تواند مشکلات راندمان پایین، چسبندگی پودر به دیواره دستگاه را حل نماید. علاوه بر این، عامل حامل برای کپسوله کردن نیز استفاده می‌شود. کپسوله کردن می‌تواند مواد حساس غذایی را در برابر شرایط محیطی نامطلوب محافظت کند و باعث کاهش نوسان کیفی مواد غذایی شود (Jittanit *et al.*, 2010). صمغ عربی، ترکیبی از پلی‌ساکارید خنثی یا کمی‌اسیدی است که به عنوان مخلوط کلسیم، منیزیم و نمک پتاسیم در یک اسید پلی‌ساکاریدی یافت شده است. صمغ عربی یک ماده مترشحه خوردنی و چسبناک از شاخه و ساقه درخت اقاچیا گونه‌های سنغال و سیال است که غنی از فیبر محلول غیرچسبناک است. از خواص صمغ عربی می‌توان به خواص آنتی‌اکسیدانی آن، بهبود عملکرد کلیه و

¹ Spray Drying² Industrial Freeze Drying³ Refractance Window Drying ⁴ Radiant Zone Drying

کاهش نیاز به واردات این محصول امکان تامین پودر آلوئه‌ورا با کیفیت مطلوب را نیز برآورده نماید.

مواد و روش‌ها

- جمع آوری نمونه‌ها

جهت انجام پژوهش ژل خام آلوئه‌ورا از شرکت کشت و صنعت گل آدین شهریار تهیه شد و همچنین جهت آزمون‌های مقایسه‌ای ۴ نمونه پودر از محصولات کشورهای استرالیا، چین، هند و ایران که از بازار عرضه مواد اولیه صنایع شهر تهران بودند تهیه شدند.

- آماده‌سازی ژل خام آلوئه‌ورا

ژل آلوئه‌ورا به صورت پوست گیری شده، چرخ شده و تلخی زدایی خریداری گردید. در مرحله بعد ژل چرخ شده توسط همزن برقی به قطعات ریزتر تبدیل گردید، سپس از صافی شماره ۱۸ آزمایشگاهی عبور داده شد تا قطعات درشت که ممکن بود نازل خشک‌کن پاششی را مسدود نماید جدا گردد.

- اندازه‌گیری بریکس ژل آلوئه‌ورا

بریکس ژل آلوئه‌ورا به وسیله دستگاه رفاکتومتر اندازه‌گیری شد. در ابتدا رفاکتومتر توسط آب مقطر بر روی بریکس صفر تنظیم شد، سپس ژل آلوئه‌ورا مورد آزمایش قرار گرفت.

- پیش تغلیظ

هر ۴۰۰ میلی‌لیتر ژل آلوئه‌ورا توسط دستگاه تغلیظ کننده دوار به مدت ۴۰ دقیقه تغلیظ گردید.

- تهیه غلظت‌های متفاوت به وسیله حامل

ژل آلوئه‌ورا در غلظت‌های صفر (ژل خام بدون حامل)، ۱/۵٪ و ۳٪ (درصدهایی از صمغ عربی) تهیه شد و سپس توسط رفاکتومتر بریکس اندازه‌گیری شد.

- تهیه پودر

دستگاه خشک‌کن پاششی مورد استفاده برند درسا ساخت کشور ایران بود. از ۴ دمای ۱۳۵، ۱۴۵، ۱۵۵ و ۱۷۵

کاهش غلظت قندخون اشاره کرد (Alipour Espahi & Aryai, 2015).

Esmaeili Adabi و همکارانش (۲۰۱۶) در تحقیقات

خود به بررسی مدل‌سازی ریاضی، سینتیک و انرژی مصرفی خشک‌کردن ژل آلوئه‌ورا در خشک‌کن هوای گرم با قابلیت بازگردش هوای خروجی پرداختند. با استفاده از شاخص‌ها مشخص شد که مدل میدیلی مناسب‌ترین مدل برای داده‌های آزمایشگاهی است. Torres و همکارانش (۲۰۱۵) به مطالعه بر روی حفظ بافت آلوئه‌ورا در فرآیند خشک‌کردن پاششی پرداختند که رفتار رئولوژیکی از موسیلاژ به عنوان تابعی از غلظت، دما، pH، و قدرت یونی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که ویسکوزیته به قدرت یونی وابسته است و این وابستگی هنگامیکه از کاتیون‌های دو ظرفیتی استفاده شود بیشتر خواهد شد و شرایط بهینه برای استفاده از خشک‌کن پاششی درجه حرارت ورودی ۱۵۰ درجه سلسیوس و سرعت اتمایزر ۲۷،۵۰۰ دور در دقیقه و سرعت جریان ورودی ۱/۵ لیتر در ساعت تخمین زده شد. Fuentes و همکارانش (۲۰۱۶) بر روی اثرات اصلی روش‌های مختلف خشک کردن:

اسپری‌درایر، فریزدرایر، پنجره‌ی و منطقه تابشی، در پلی‌ساکارید اصلی فعال زیستی آسمانان از ژل آلوئه‌ورا به مطالعه پرداختند. تمام روش‌های خشک کردن موجب کاهش قابل توجهی در عملکرد آسمانان (~۴۰٪) شد. Martinez و همکارانش (۲۰۱۳) به مطالعه خشک‌کردن ژل آلوئه‌ورا به عنوان تابعی از خواص رئولوژیکی آن پرداختند. اندازه‌گیری رئولوژیکی در ۲۵ درجه سلسیوس در غلظت آبی ۳ گرم و ۶ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر انجام شد و پودر تهیه شده با ژل تازه مقایسه شد که نتایج نشان داد، ویسکوزیته با افزایش دمای هوای ورودی و سرعت بمباران اتمی کاهش و با افزایش جریان خوراک در اسپری خشک‌کن، افزایش می‌یابد؛ بهترین شرایط خشک‌کردن پاششی ۱۵۰ درجه سلسیوس دمای ورودی و سرعت جریان ورودی ۱/۵ لیتر در ساعت و سرعت اتمایزر با ۲۷،۵۰۰ دور در دقیقه بود.

در این تحقیق به مطالعه بر روی روش خشک‌کردن پاششی پرداخته شده است که در صورت اجرا و تطابق با استانداردهای جهانی و برتری پودر به دست آمده از لحاظ خواص رئولوژیکی نسبت به پودرهای موجود در بازار ضمن

حامل تغذیه شده به دستگاه بر اساس رابطه ۲ استفاده شد (Ahmadi Rad et al., 2016).

وزن ماده خشک نمونه $M_1 =$

وزن پودر حاصل $M_2 =$

درصد بازده $S =$

$$\% S = \frac{M_1}{M_2} \times 100 \quad (2)$$

- اندازه‌گیری رطوبت

رطوبت با استفاده از روش AOAC (2000) اندازه‌گیری شد. ظروف مخصوص اندازه‌گیری رطوبت به مدت نیم ساعت در آون ۱۰۵ درجه سلسیوس قرار داده شدند، ظروف به دسیکاتور منتقل شد تا به حرارت محیط برسد، سپس ظروف توزین شد و مقدار نمونه مورد آزمایش درون ظروف ریخته و وزن شد و به مدت ۲۴ ساعت درون آون ۱۰۵ درجه سلسیوس قرار داده شد. بعد از طی کردن این مرحله ظروف درون دسیکاتور منتقل شدند تا به دمای محیط برسند. از رابطه ۳ درصد رطوبت نمونه به دست آمد (A-sun et al., 2016).

وزن ظرف خالی $M_1 =$

وزن نمونه $M_0 =$

وزن نهایی ظرف $M_2 =$

درصد رطوبت $M =$

$$\% M = \frac{(M_2 - M_1)}{M_0} \times 100 \quad (3)$$

- آزمون‌های مقایسه‌ای

از میان ۱۲ نمونه پودر تولیدی ۲ نمونه که شرایط مطلوب تری نسبت به نمونه‌های تولیدی داشتند انتخاب و آزمون‌های تکمیلی جهت مقایسه ۲ نوع پودر خشک‌شده با پودرهای موجود در بازار انجام گرفت.

- آزمون pH

برای انجام این آزمایش ابتدا pH متر با محلول‌های بافر استاندارد کالیبره گردید. پس از کالیبراسیون دستگاه آماده انجام آزمایش شد. ۱ گرم از پودرهای مورد آزمایش را با ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر رقیق کرده و پس از صاف شدن، با استفاده از pH متر مقدار دقیق آن اندازه‌گیری شد (Parvaneh, 2013).

درجه سلسیوس استفاده گردید که دلیل انتخاب بازه‌های دمایی مذکور این است که به طور معمول، دمای ورودی برای روش خشک‌کن پاششی برای مواد غذایی ۱۵۰ تا ۲۲۰ درجه سلسیوس می‌باشد (Martinez et al., 2013).

پس از تهیه پودرها و انجام آزمون‌های مقدماتی مشخص گردید که با در نظر گرفتن محدودیت‌های دستگاه خشک‌کن پاششی مورد استفاده، بین نمونه‌های ۱۴۵ و ۱۵۵ درجه سلسیوس از نظر متغیرهای مورد بررسی تفاوتی وجود ندارد و صرف نظر از دمای ۱۶۵ درجه سلسیوس که پس از تهیه پودر و در این دما و انجام آزمایشات اولیه و مشخص شدن نداشتن تفاوت معنی‌دار با دمای ۱۴۵ و ۱۵۵ درجه سلسیوس، دمای ۱۷۵ درجه سلسیوس به متغیر دمایی اضافه گردید که با در نظر گرفتن متغیر غلظت حامل، در مجموع ۱۲ نمونه پودر خشک شده تهیه گردید.

جهت انتخاب مطلوب‌ترین پودرهای تولید شده برای انجام آزمون‌های تکمیلی و مقایسه‌ای سه آزمون مقدماتی بر روی ۱۲ نمونه پودر تهیه شده انجام گرفت.

- آزمون حلالیت

۰/۴ گرم از پودرهای تولیدی در ۴۰ میلی‌لیتر آب حل شد و محلول تولیدی به منظور جدا شدن بخش‌های نامحلول، به مدت ۱۰ دقیقه در سانتریفوژ با سرعت ۷۵۰۰ دور بر دقیقه قرار گرفتند. سپس ۱۰ میلی‌لیتر از بخش شفاف بالای لوله آزمایش برداشته شد و به مدت ۵ ساعت در آون با دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس قرار گرفت. میزان درصد حلالیت از طریق رابطه ۱ محاسبه شد (Cano et al., 2004).

وزن ظرف خالی $M_1 =$

وزن نمونه $M_0 =$

وزن نهایی ظرف $M_2 =$

درصد حلالیت $S =$

$$\% S = \frac{(M_2 - M_1)}{M_0} \times 100 \quad (1)$$

- اندازه‌گیری بازده تولید پودر

جهت بدست آوردن راندمان تولید پودر از تقسیم وزن پودر حاصل بر میزان مواد جامد ژل آلون‌ه‌ورا به همراه وزن

- ظرفیت آنتی اکسیدانی

جهت تعیین فعالیت آنتی اکسیدانی از رادیکال آزاد و پایدار متانولیک، ۲ و ۲- دی فنیل ۱- پیکریل هیدرازیل (DPPH) استفاده شد. ابتدا غلظت‌های گوناگونی از محلول DPPH ساخت شرکت مرک آلمان تهیه و جذب آنها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۱۵ نانومتر اندازه گیری شد و منحنی استاندارد آن بدست آمد. ۳/۹ میلی لیتر از محلول متانولیک ۲۵ میلی گرم در لیتر با ۲ و ۲- دی فنیل ۱- پیکریل هیدرازیل و ۰/۱ میلی لیتر متانول مخلوط و جذب آن در طول موج ۵۱۵ نانومتر پس از رسیدن به حالت پایدار خوانده شد. با استفاده از منحنی استاندارد غلظت ۲ و ۲- دی فنیل ۱- پیکریل هیدرازیل در این جذب بدست آمده و تحت عنوان مقدار ۲ و ۲- دی فنیل ۱- پیکریل هیدرازیل در نظر گرفته شد. پس از آن ۳/۹ میلی لیتر از محلول متانولیک ۲۵ میلی گرم در لیتر از ۲ و ۲- دی فنیل ۱- پیکریل هیدرازیل با ۰/۱ میلی لیتر از عصاره (در رقت های مختلف) مخلوط و پس از گذشت نیم ساعت مقدار جذب آن در طول موج ۵۱۵ نانومتر در حالت پایدار خوانده شد و بر اساس رابطه ۴ ظرفیت آنتی اکسیدانی پودرهای مورد آزمایش به دست آمد (Lako et al., 2007).

میزان جذب نمونه = Abs₅₁₅ Sample

میزان جذب کنترل = Abs₅₁₅ Solution

درصد فعالیت گیرندگی رادیکال RSA = (۴)

$$\% (RSA) = \frac{Abs_{515} \text{ Sample}}{Abs_{515} \text{ Solution}} \times 100$$

- اندازه گیری آلوئین با استفاده از دستگاه HPLC

جهت جداسازی عصاره نمونه توسط هموژنایزر هموژن گردید، سپس مایع به مدت ۱۰ دقیقه سانتیفریوژ و مایع روئی از فیلتر ۰/۴۵ میکرون عبور داده شد. این عصاره تغلیظ شده و به آن به ازای هر ۱۰۰ میکرولیتر ۱ میلی لیتر اتانول فوق خالص اضافه گردید. محلول به دست آمده برای جداسازی در دستگاه HPLC تزریق گردید. از دکتور ماورا بنفش در طول موج ۲۹۳ نانومتر مورد استفاده قرار گرفت (Kuzuya et al., 2001).

- اسکن به وسیله میکروسکوپ الکترونی

نمونه‌ها توسط دستگاه SEM (Leo 1455VP) اسکن شدند و از هر نمونه با ابعاد ۱، ۲ و ۱۰ میکرومتر عکس گرفته شد.

- رنگ نمونه‌ها

با استفاده از دستگاه هانتربل ساخت کشور آمریکا انجام گرفت. به این منظور نمونه‌های پودر به صورت جداگانه داخل سل دستگاه پر شد و محفظه ی عایق نور بر روی آن قرار داده شد سپس مقادیر رنگ از طریق دستگاه خوانده شد (Oberoi & Sogi, 2015).

- تجزیه و تحلیل آماری

تمامی آزمایش‌های اولیه بر روی نمونه‌های پودر با شرایط تیماری متفاوت و آزمون‌های مقایسه‌ای مابین پودرهای منتخب پژوهش و پودرهای موجود در بازار توسط آزمون فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار و با استفاده از تجزیه واریانس یک طرفه (ANOVA) و مقایسه میانگین دانکن با سطح اطمینان ۹۵٪ مقایسه شدند.

یافته‌ها**- بریکس ژل آلوئه‌ورا**

بریکس ژل آلوئه‌ورا پیش از تغلیظ ۰/۲ گزارش گردید که پس از تغلیظ به ۰/۸ افزایش یافت. یافته‌های حاصل از آزمایشات اولیه بر روی ۱۲ نمونه پودر تولیدی به شرح زیر می‌باشد.

- راندمان تبدیل ژل آلوئه‌ورا به پودر

نتایج تبدیل ۲۰۰ میلی لیتر ژل با ۱۲ شرایط مختلف به پودر آلوئه‌ورا در جدول ۱ نشان داده شده است.

- رطوبت و حلالیت پودرهای تهیه شده

نتایج حاصل از آزمایش رطوبت و حلالیت پودرهای حاصل از ۱۲ تیمار متفاوت برای خشک کردن در جدول ۲ آمده است.

جدول ۱- راندمان تبدیل ژل به بودر خشک تحت تاثیر شرایط تیماری متفاوت

راندمان (%)	غلظت حامل (صمغ عربی)	دما (درجه سلسیوس)
۲۰/۶۹±۲/۰۵ ^d	%۰	۱۳۵
۱۸/۰۵±۲/۰۹ ^d	%۰	۱۴۵
۱۷/۷۸±۱/۲۷ ^d	%۰	۱۵۵
۱۶/۶۶±۰/۸۳ ^d	%۰	۱۷۵
۹۱/۷۳±۸/۹۷ ^a	%۱/۵	۱۳۵
۸۳/۷±۴/۸۱ ^{bc}	%۱/۵	۱۴۵
۸۲/۸۴±۳/۷۳ ^{bc}	%۱/۵	۱۵۵
۷۷/۹±۰/۵۶ ^c	%۱/۵	۱۷۵
۹۶/۴۳±۱/۱۹ ^a	%۳	۱۳۵
۸۹/۸±۶/۲۸ ^{ab}	%۳	۱۴۵
۸۹/۱۶±۴/۹۸ ^{ab}	%۳	۱۵۵
۷۹/۶±۱/۳۹ ^c	%۳	۱۷۵

* حروف کوچک غیر مشابه در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی دار می‌باشد (p<0.05)

جدول ۲- درصد رطوبت و حالیت نمونه‌های خشک شده در شرایط تیماری مختلف

متغیر	غلظت حامل (صمغ عربی)	دما (درجه سلسیوس)
رطوبت (%)	%۰	۱۳۵
	%۰	۱۴۵
	%۰	۱۵۵
	%۰	۱۷۵
	%۱/۵	۱۳۵
	%۱/۵	۱۴۵
	%۱/۵	۱۵۵
	%۱/۵	۱۷۵
	%۳	۱۳۵
	%۳	۱۴۵
	%۳	۱۵۵
	%۳	۱۷۵
حالیت	%۰	۱۳۵
	%۰	۱۴۵
	%۰	۱۵۵
	%۰	۱۷۵
	%۱/۵	۱۳۵
	%۱/۵	۱۴۵
	%۱/۵	۱۵۵
	%۱/۵	۱۷۵
	%۳	۱۳۵
	%۳	۱۴۵
	%۳	۱۵۵
	%۳	۱۷۵

*حروف کوچک غیر مشابه در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی دار می‌باشد (p<0.05).

جدول ۴- نتایج pH، اندازه گیری رطوبت، خاصیت آنتی اکسیدانی و میزان آلوئین نمونه های پودر منتخب پژوهش با نمونه های تهیه شده از بازار

نمونه	متغیر	
۱۷۵°C %۱/۵	۵/۷±۰/۱۴ ^b	pH
۱۴۵°C %۱/۵	۶/۱±۰/۲۶ ^a	
چین	۴/۶۳±۰/۱۸ ^{cd}	
هند	۵/۰۷±۰/۵۶ ^c	
استرالیا	۴/۵±۰ ^d	
ایران	۴/۶۳±۰/۲۸ ^{cd}	
۱۷۵°C %۱/۵	۴/۸۹±۰/۱۰ ^{bc}	رطوبت
۱۴۵°C %۱/۵	۴/۵۲±۰/۵۶ ^{cd}	
چین	۵/۲۸±۰/۴۸ ^b	
هند	۴/۱۱±۰/۱۵ ^d	
استرالیا	۲/۴۹±۰ ^e	
ایران	۷/۰۸±۰/۳۶ ^a	
۱۷۵°C %۱/۵	۱۶/۸۲±۰/۲۶ ^c	خاصیت آنتی اکسیدانی
۱۴۵°C %۱/۵	۱۷/۸۹±۰/۳ ^b	
چین	۱/۶۳±۰/۱۴ ^d	
هند	۱/۰۹±۰/۰۸ ^e	
استرالیا	۳۷/۱±۰/۰۶ ^a	
ایران	۱/۷۳±۰/۱۱ ^d	
۱۷۵°C %۱/۵	۱۱۰/۳±۳/۵۱ ^b	آلوئین
۱۴۵°C %۱/۵	۱۱۸/۶±۴/۴ ^a	
چین	۸۳/۳±۲/۶۳ ^d	
هند	۵۸/۸±۱/۸۵ ^f	
استرالیا	۹۴/۱۶±۲/۴ ^c	
ایران	۶۷/۵±۲/۲۷ ^e	

* حروف کوچک غیر مشابه در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی دار می باشد (p<0.05).

انتخاب تیمار جهت آزمون های مقایسه ای

با توجه به آنالیزهای آماری فوق و نتایج بدست آمده از آزمایش های اولیه نمونه های ۱۷۵°C %۱/۵، ۱۴۵°C %۱/۵ و ۱۴۵°C %۱/۵ دارای بالاترین سطح استانداردهای مورد نیاز بوده اند و با توجه به اختلاف بسیار نزدیک نمونه های ۱۴۵°C %۱/۵ و ۱۴۵°C %۱/۵ و ۱۴۵°C %۱/۵ با دمای ورودی پایین تر و بالطبع صدمات فیزیکی کوشیمیایی کمتر به عنوان نمونه نهایی به همراه نمونه ۱۷۵°C %۱/۵ در نظر گرفته شده است (جدول ۳).

جدول ۳- جدول ویژگی های تیمارهای منتخب

نمونه	حلالیت (%)	رطوبت (%)	راندمان (%)
۱۷۵°C %۱/۵	٪۱۳۰	٪۴/۸۹	٪۷۷/۹
۱۴۵°C %۱/۵	٪۱۳۴	٪۴/۵۲	٪۸۳/۷
۱۵۵°C %۱/۵	٪۱۳۲	٪۴/۵۷	٪۸۲/۸۴

آزمون های مقایسه ای

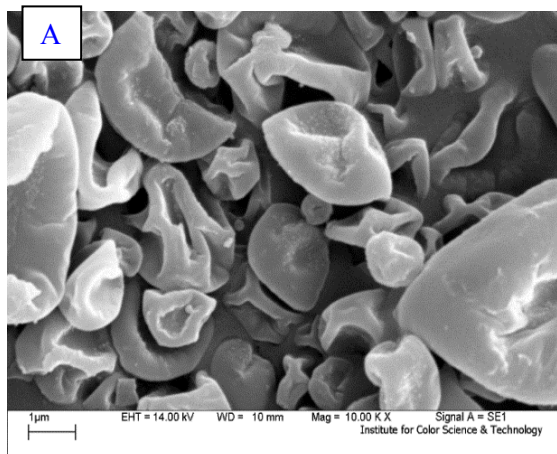
آزمون pH، رطوبت، خاصیت آنتی اکسیدانی و میزان آلوئین پودر ژل آلوئه ورا: نتایج pH، اندازه گیری رطوبت، خاصیت آنتی اکسیدانی و میزان آلوئین بر حسب میکروگرم در گرم ماده پودرهای آلوئه ورا نمونه های منتخب پژوهش و نمونه های مورد مقایسه در جدول ۴ آمده است.

رنگ نمونه ها پودر ژل آلوئه ورا: نتایج مقایسه آزمون تجزیه و تحلیل رنگ پودرهای آلوئه ورا منتخب با پودرهای موجود در بازار در جدول ۴ نشان داده شده است. شکل برداری میکروسکوپ الکترونی پودر ژل آلوئه ورا: نتایج حاصل از شکل برداری با میکروسکوپ الکترونی برای مقایسه ذرات پودرهای ژل آلوئه ورا منتخب پژوهش با پودرهای موجود در بازار در شکل های ۱ تا ۶ نشان داده شده است.

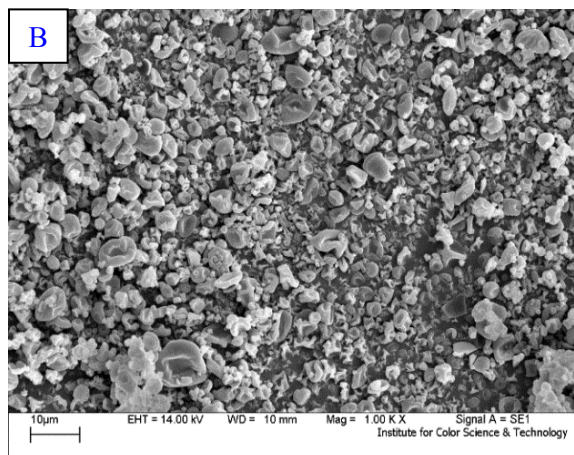
جدول ۵- نتایج شاخص های رنگ نمونه های پودر منتخب پژوهش با نمونه های تهیه شده از بازار

نمونه	L*	a*	b*
۱۷۵°C %۱/۵	۹۱/۸۶±۰ ^c	-۰/۰±۷۵/۰۰۵ ^e	۶/۵۶±۰/۰۰۳ ^e
۱۴۵°C %۱/۵	۹۶/۹۸±۰/۰۲ ^b	-۱/۵۶±۰ ^f	۱۰/۶±۰ ^d
چین	۹۱/۶۸±۰ ^d	۱/۰۳±۰/۰۰۵ ^c	۱۳/۱۳±۰/۰۰۳ ^b
هند	۶۷/۷۲±۰/۰۰۵ ^e	۵/۳۱±۰/۰۰۵ ^a	۲۰/۴۲±۰/۰۰۵ ^a
استرالیا	۹۷/۷۵±۰ ^a	-۰/۳±۰/۰۰۵ ^d	۱/۶۷±۰ ^f
ایران	۵۷/۷۹±۰ ^f	۴/۰۳±۰ ^b	۱۱/۲۷±۰ ^b

* حروف کوچک غیر مشابه در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی دار می باشد (p<0.05).

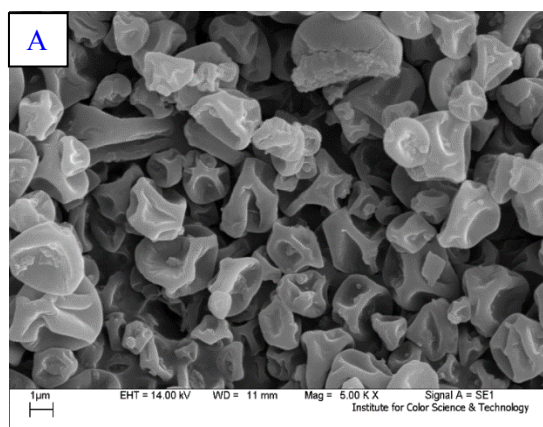


شکل A: بزرگنمایی ۱ میکرومتر

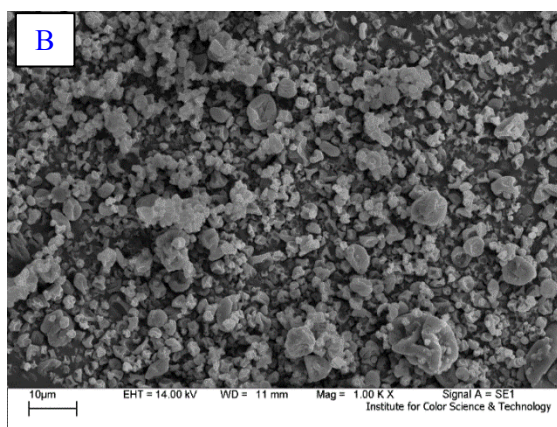


شکل B: بزرگنمایی ۱۰ میکرومتر

شکل ۱- شکل هامربوط به نمونه پودر آلونهورای منتخب پژوهش حاوی ۱/۵٪ صمغ عربی و خشک‌شده در دمای ۱۷۵°C

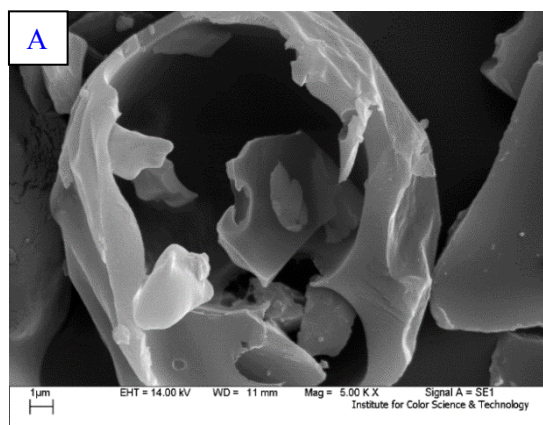


شکل A: بزرگنمایی ۱ میکرومتر

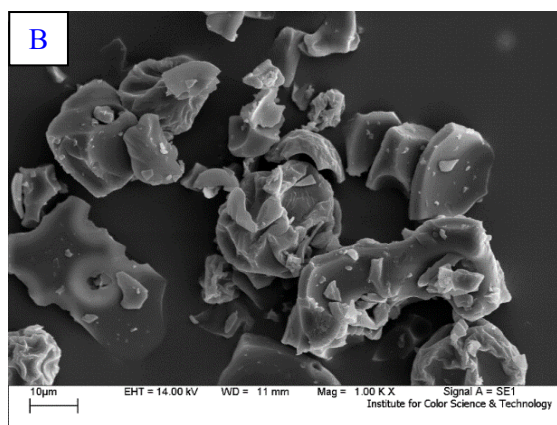


شکل B: بزرگنمایی ۱۰ میکرومتر

شکل ۲- شکل هامربوط به نمونه پودر آلونهورای منتخب پژوهش حاوی ۱/۵٪ صمغ عربی و خشک‌شده در دمای ۱۴۵°C

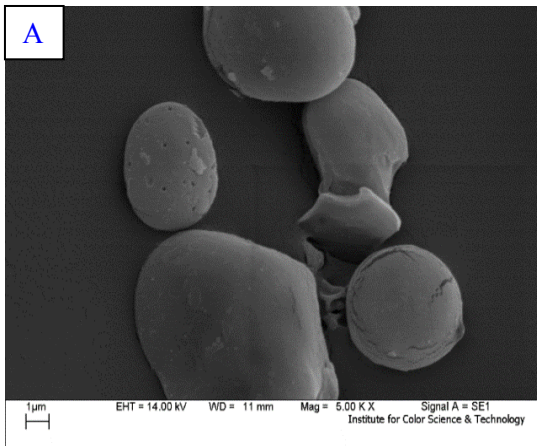


شکل A: بزرگنمایی ۱ میکرومتر

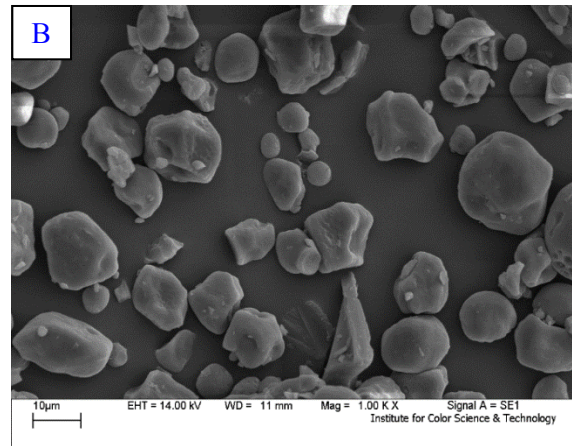


شکل B: بزرگنمایی ۱۰ میکرومتر

شکل ۳- شکل ها مربوط به نمونه China

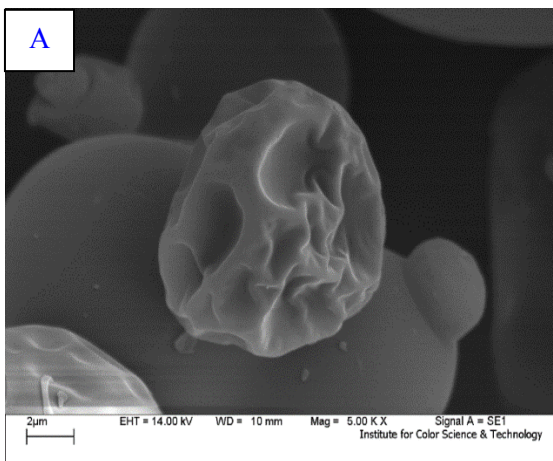


شکل A: بزرگنمایی ۱ میکرومتر

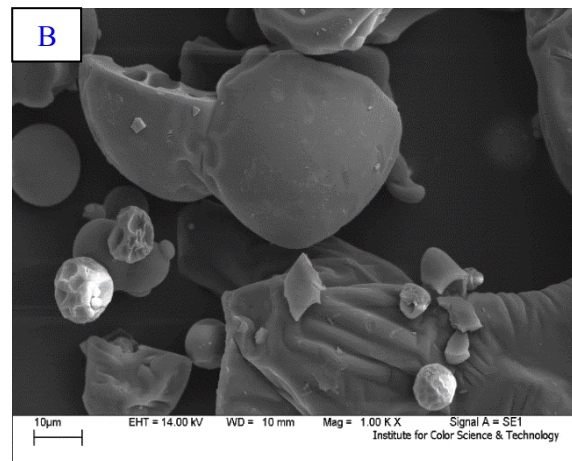


شکل B: بزرگنمایی ۱۰ میکرومتر

شکل ۴- شکل ها مربوط به نمونه India

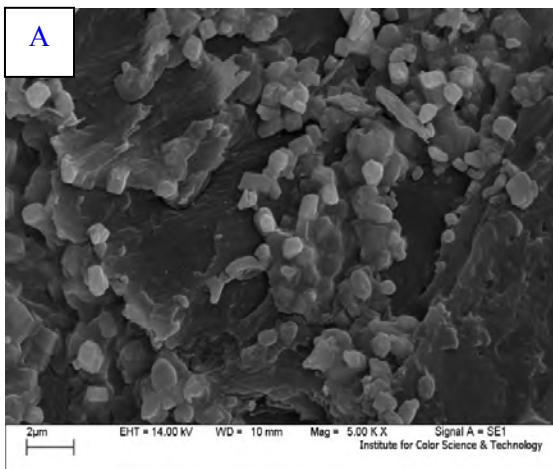


شکل A: بزرگنمایی ۲ میکرومتر

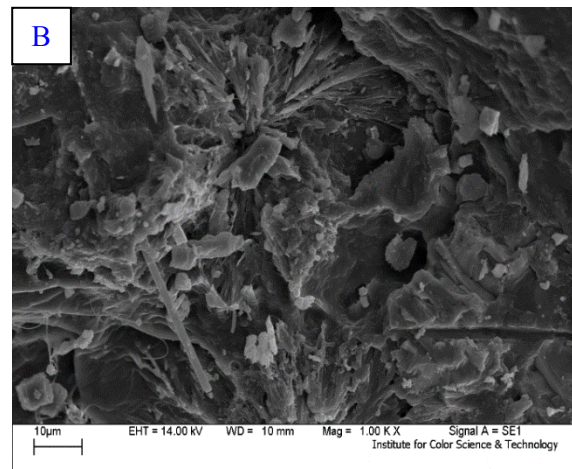


شکل B: بزرگنمایی ۱۰ میکرومتر

شکل ۵- شکل ها مربوط به نمونه Australia



شکل A: بزرگنمایی ۲ میکرومتر



شکل B: بزرگنمایی ۱۰ میکرومتر

شکل ۶- شکل ها مربوط به نمونه Iran

راندمان تبدیل ژل آلونهورا به پودر: همانگونه که در جدول ۱ نشان داده شده است، تفاوت دمایی زمانی که

بحث

- آزمون های اولیه بر روی ۱۲ نمونه پودر تولیدی

تولید پودر بدون غلظت حامل است بدون اثر می‌باشد. نمونه‌های دارای غلظت حامل یکسان در دمای اعمال شده‌ی ۱۳۵، ۱۴۵ و ۱۵۵ درجه سلسیوس دارای اختلاف معنی‌دار با یکدیگر نیستند. نمونه‌های با دمای ۱۴۵ و ۱۵۵ درجه سلسیوس در هر درصدی از غلظت حامل دارای تفاوت معنی‌دار نیستند که نشان از بازه‌ی نزدیک دمایی دارد. راندمان تولید پودر در دماهای متفاوت کاهش دارد به طوری که در هر ۴ دمای ۱۳۵، ۱۴۵، ۱۵۵ و ۱۷۵ با افزایش دما، راندمان تولید پودر مقداری کاهش یافته است. راندمان کمتر ناشی از به هم چسبندگی ذرات و یا به دیواره‌های خشک‌کن و کشیده شدن محصول به داخل جریان خلاء می‌باشد. تغییر مقدار غلظت حامل در راندمان تبدیل ژل آلوتهورا به پودر دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد که در صورت افزایش درصد حامل راندمان به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش خواهد یافت. علت آن افزایش دمای انتقال شیشه‌ای ماده ورودی به خشک‌کن می‌باشد که سرشار از قندهای ساده با وزن مولکولی پایین است. نتایج مشابهی توسط Shrestha و همکاران در سال ۲۰۰۷ روی پرتقال، Kucuk و همکاران در ۲۰۰۷ روی هندوانه، Papadakis و همکاران در سال ۲۰۰۶ روی عصاره انگور و Fazaeli و همکاران در سال ۲۰۱۱ روی پودر آب شاتوت گزارش شده است که در نمونه‌های با دمای بالاتر راندمان پودرگیری کاهش یافته است که راندمان کمتر ناشی از چسبندگی ذرات به یکدیگر و یا به دیواره‌های خشک‌کن و کشیده شدن محصول به داخل جریان خلاء می‌باشد، همچنین افزایش بیشتر دما باعث می‌شود که دما بیشتر از دمای انتقال شیشه‌ای شود که باعث چسبندگی ذرات می‌شود. Bhandari و همکارانش و Jittanit و همکارانش در سال ۲۰۱۰ راندمان پایین تولید پودر را مشکل چسبندگی پودر به جداره دستگاه دانستند.

آزمون رطوبت پودرهای تهیه شده: با توجه نتایج بیشترین درصد رطوبت پودر مربوط به نمونه با دمای ۱۳۵ درجه سلسیوس و با غلظت ۳٪ حامل می‌باشد. کمترین درصد رطوبت مربوط به پودر با دمای ۱۷۵ درجه سلسیوس و بدون غلظت حامل می‌باشد. تغییرات دما و میزان حامل در تمامی نمونه‌های با دمای ورودی ۱۴۵ و ۱۵۵ درجه سلسیوس دارای اختلاف معنی‌دار با یکدیگر نمی‌باشند که نشان از موثر نبودن تفاوت دمایی بین این نمونه‌ها دارد. با

افزایش دمای ورودی دستگاه میزان رطوبت کاهش می‌یابد. Ghobadian و Chegini در سال ۲۰۰۵ با مطالعه بر روی پودر آب پرتقال دریافتند که در یک جریان ثابت تغذیه، افزایش دمای هوای ورودی، میزان رطوبت باقی مانده را کاهش می‌دهد. ولی نمونه‌های پودر با دمای ورودی ۱۳۵ درجه سلسیوس با غلظت‌های ۱/۵٪ صمغ عربی و بدون غلظت حامل دارای اختلاف معنی‌دار با یکدیگر نیستند. افزایش دما باعث کاهش محتوای رطوبت می‌گردد. زیرا افزایش دمای هوای ورودی، باعث افزایش دمای هوای خروجی شده و سرعت تبخیر را افزایش می‌دهد، در نتیجه محتوای رطوبت محصول نهایی کاهش می‌یابد. همچنین افزایش دمای هوای ورودی باعث افزایش ظرفیت نگهداری بخار آن قبل از رسیدن به حالت اشباع می‌شود. نتایج مشابهی در پژوهش Ahmadi Rad و همکاران در سال ۱۳۹۲ گزارش گردیده است. افزایش درصد حامل باعث افزایش درصد رطوبت گردیده است که علت این است که عبور مولکول‌های آب را از مولکول‌های صمغ عربی مشکل می‌سازد. این نتیجه با پژوهش Goula و Adamopoulos در سال ۲۰۱۰ مطابقت دارد.

آزمون حلالیت پودرهای تهیه شده: با استناد به نتایج پژوهش کنونی نمونه‌ی با دمای ۱۷۵ درجه سلسیوس و بدون غلظت حامل دارای کمترین درصد حلالیت می‌باشند. بیشترین درصد حلالیت مربوط به نمونه پودر با شرایط ۱۳۵ درجه سلسیوس و ۱/۵٪ صمغ عربی می‌باشد. غلظت حامل باعث تغییرات معنی‌دار در نمونه‌های تولیدی شده است، به طوریکه نمونه‌های با غلظت حامل یکسان و یا بدون غلظت حامل دارای اختلاف معنی‌دار با یکدیگر نمی‌باشند، ولی در دمای اعمال شده‌ی ۱۷۵ درجه سلسیوس اختلاف معنی‌دار در میزان حلالیت غلظت‌های مختلف صمغ عربی مشاهده شده است. افزایش دما باعث کاهش حلالیت شده است که به نظر می‌رسد علت این امر تشکیل لایه ضخیمی در سطح ذرات است. Chegini و همکاران در سال ۲۰۰۵ به نتایج مشابهی رسیده‌اند. Goula و Adamopoulos در سال ۲۰۰۹ بیان کردند با افزایش میزان صمغ به علت خاصیت پوشاندگی و محافظت‌کنندگی حلالیت پودر افزایش یافته است که البته با افزایش بیشتر صمغ میزان حلالیت تا حدود کمی به طور معنی‌دار کاهش یافته است. افزایش میزان رطوبت پودر نیز

آزمون خاصیت آنتی‌اکسیدانی پودر ژل آلوه‌ورا:
 با توجه به جدول ۴ نمونه‌های چین، هند و ایران دارای پایین‌ترین مقدار IC_{50} و نمونه استرالیا دارای بیشترین مقدار می‌باشد. IC_{50} به طور گسترده پارامتری برای تخمین خاصیت آنتی‌اکسیدانی است. IC_{50} با میزان خاصیت آنتی‌اکسیدانی رابطه‌ی عکس دارد. نمونه‌های منتخب پژوهش و هند و استرالیا دارای تفاوت معنی‌دار با یکدیگر هستند. نمونه چین و ایران دارای اختلاف معنی‌دار با یکدیگر نمی‌باشند که به نظر می‌رسد اعمال حرارتی یکسانی در آن‌ها صورت گرفته است. به طور کلی، محتوای فنول بالا حاوی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالا است که به شدت با ساختار مولکولی ارتباط دارد. نمونه‌های با دمای ۱۴۵ و ۱۷۵ درجه سلسیوس و ۱/۵٪ غلظت صمغ عربی و نمونه پودر استرالیا دارای پایین‌ترین مقدار خاصیت آنتی‌اکسیدانی هستند که ناشی از دمای پایین فرآیند است. محتوای فنول بالا حاوی خاصیت آنتی‌اکسیدانی بالا است که به شدت با ساختار مولکولی ارتباط دارد. Toorres و همکاران در سال ۲۰۱۵ گفته‌اند که دلیل کاهش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی به دلیل دمای فرآیند پایین و بالطبع زمان طولانی تر فرآیند می‌باشد. بنابراین جهت حفظ محتوای فنولی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی نیاز به دمای بالای فرآیند و زمان کم می‌باشد.

اندازه‌گیری آلونین پودر ژل آلوه‌ورا: با توجه به نتایج تحقیق کنونی نمونه‌های منتخب پژوهش و نمونه پودر استرالیا دارای بالاترین مقدار آلونین می‌باشند و نمونه‌های هند، چین و ایران دارای کمترین مقدار آلونین هستند. تمامی نمونه‌ها دارای اختلاف معنی‌دار با یکدیگر هستند و به نظر می‌رسد اعمال حرارت و غلظت‌های مختلف صمغ بر میزان آلونین ژل تاثیرگذار می‌باشد. Bozzi و همکارانش در سال ۲۰۰۶ در حدود ۱۶ میلی‌گرم در گرم آلونین در نمونه‌ای پودر آلوه‌ورا مشاهده کردند که با توجه به این پژوهش میزان آلونین در نمونه‌های منتخب و مورد مقایسه پژوهش دارای سطح پایینی می‌باشند.

شکل‌ها اسکن شده از میکروسکوپ الکترونی پودر ژل آلوه‌ورا: همانگونه که در قسمت B از شکل‌ها ۱ و ۲ از نمونه‌های منتخب پژوهش مشاهده می‌شود این نمونه‌ها دارای بیشترین یکنواختی و پراکندگی ذرات هستند. Fuentes در سال ۲۰۱۲ اظهار کرد استفاده از صمغ عربی

باعث کاهش حلالیت آن می‌گردد. Bhandari و همکارانش و Jittanit و همکارانش در سال ۲۰۱۰ بیان کردند در پودر آب میوه ی خشک‌شده توسط خشک‌کن پاششی از لحاظ چسبندگی و حلالیت از خود نشان می‌دهد که ناشی از قندها و اسیدهای میوه به علت دمای پایین انتقال شیشه‌ای می‌باشد.

آزمون‌های مقایسه‌ای

آزمون pH پودر ژل آلوه‌ورا: ژل آلوه‌ورا به دلیل داشتن گروه‌های آزاد کربوکسیل pH اسیدی بین ۳ تا ۳/۵ دارد (Qian et al., 2005). نمونه پودرهای منتخب پژوهش کنونی دارای اختلاف معنی‌دار با یکدیگر و پودرهای مورد مقایسه در سطح اطمینان ۹۵٪ هستند. نمونه پودرهای منتخب پژوهش دارای بیشترین مقدار pH بوده و دورترین pH نسبت به ژل خام را دارا هستند. افزایش قندها و کاهش اسیدها در برخی مواد باعث بالا رفتن pH می‌گردد که این نتیجه با پژوهش Raskin و Raskin در سال ۱۹۹۲ مطابقت دارد.

آزمون رطوبت پودر ژل آلوه‌ورا: با توجه به جدول ۴ نمونه هند و استرالیا دارای کمترین مقدار رطوبت هستند و نمونه ایران بیشترین درصد رطوبت را داراست. نمونه با دمای ۱۴۵ درجه سلسیوس و غلظت حامل ۱/۵٪ دارای اختلاف معنی‌دار با نمونه هند نمی‌باشد و همینطور نمونه‌های منتخب پژوهش با هم دارای اختلاف معنی‌دار نیستند. هرکدام از نمونه‌های منتخب پژوهش به صورت جداگانه دارای اختلاف معنی‌دار با نمونه‌های استرالیا و ایران هستند. با توجه به نمونه‌ی هند افزایش دما باعث کاهش محتوای رطوبت می‌گردد، زیرا افزایش دمای هوای ورودی، باعث افزایش دمای هوای خروجی شده و سرعت تبخیر را افزایش می‌دهد، در نتیجه محتوای رطوبت محصول نهایی کاهش می‌یابد. همچنین افزایش دمای هوای ورودی باعث افزایش ظرفیت نگهداری بخار آن قبل از رسیدن به حالت اشباع می‌شود. نتایج مشابهی در پژوهش Ahmadi Rad و همکاران در سال ۱۳۹۲ گزارش گردیده است. نمونه‌های منتخب پژوهش به علت وجود درصد حامل افزایش درصد رطوبت را نشان داده‌اند که علت این است که عبور مولکول‌های آب را از مولکول‌های صمغ عربی مشکل می‌سازد. این نتیجه با پژوهش Goula و همکاران در سال ۲۰۱۰ مطابقت دارد.

پاششی در دمای پایین تر و وجود سطح بیشتر در تماس با هوا می‌باشد که میزان این پارامتر و قرمزی را کاهش می‌دهد. این نتیجه با پژوهش Quek و همکاران در سال ۲۰۰۸ یکسان می‌باشد. نمونه استرالیا دارای پایین ترین مقدار b می‌باشد که نشان از زردی کم و کیفیت بالای پودر دارد. Goula و Adamopoulos در سال ۲۰۰۵ اظهار کردند که دمای هوای ورودی به طور قابل توجهی بر روی رنگدانه‌های پودر آب میوه تاثیر می‌گذارد.

نتیجه‌گیری

برای حفظ خاصیت آنتی‌اکسیدانی در پودر ژل آلونه‌ورا نیاز به دمای فرآیند بالا و زمان کوتاه تر می‌باشد که با توجه به ادله ی موجود نمونه‌ی پودر با دمای ورودی ۱۷۵ درجه سلسیوس دارای شرایط مطلوب برای استفاده از خواص آنتی اکسیدانی آلونه‌ورا می‌باشد، البته استفاده از دمای پایین و افزودن حامل‌ها در خشک‌کن پاششی باعث حفظ رنگ روشن در پودر گردیده که باعث مقبولیت بیشتری در بازار مصرف می‌گردد.

استفاده از حامل‌ها در فرآیند خشک‌کردن باعث حفاظت از آلونین در طی فرآیند می‌گردد که وجود آن فاکتور مهمی در خواص آلونه‌ورای موجود در صنعت غذا و دارو می‌باشد.

به طور کل برای تعیین شرایط خشک‌کردن ژل آلونه‌ورا باید با توجه به موارد مصرف و استفاده از هر یک از خواص عملکردی این گیاه تصمیم‌گیری نمود.

منابع

Ahmadi Rad, M., Emam-Djomeh, Z. & Asadi, H (2016). Effect of spray drying conditions on the physicochemical properties of cornelian pherry juice powder. *Journal of Food Science and Technology*, 50 (13), 67-68. [In Persian].

Alipour Espahi, M. & Aryai, P. (2015). 4th National Food Security Seminar. [In Persian].

Aslam Maan, A., Nazir, A., Iqbal Khan, M. K., Ahmad, T., Zia, R., Murid, M. and Abrar, M. (2018). The therapeutic properties and applications of Aloe vera: A review. *Journal of Herbal Medicine*.

A-sun, K., Thumthanaruk, B., Lekhavat, S. & Jumnonpon, R. (2015). Effect of spray drying conditions on physical characteristics of

در خشک‌کن پاششی باعث به وجود آمدن حالت آمورف در پودر می‌شود. در نمونه‌های چین و ایران ذرات به شکل نوک تیز می‌باشند. این ناهنجاری‌های مورفولوژیکی احتمالا به دلیل فرایند با شدت بالای حذف آب در طی خشک شدن است. به نظر می‌رسد هنگامی که ذرات با دمای بالا خشک می‌گردند آب به سرعت از سطح خارج شده و سطح ذرات شکل سخت و صاف به خود می‌گیرند ولی با توجه به قسمت A از شکل‌های ۱ و ۲ هنگامی که ذرات به آرامی (در دمای پایین) خشک می‌گردند، سطح ذرات مدت بیشتری مرطوب مانده و حالت انعطاف پذیر و کروی به خود می‌گیرند. طبق گفته Alamila Beltran و همکاران در سال ۲۰۰۵، تفاوت‌های مورفولوژیکی بین پودر هایی که در دماهای مختلف تولید می‌شوند ممکن است از ویژگی‌های فیزیکی پوسته، که ممکن است قابل انعطاف و فرو رفته، زمانی که از دماهای کم و متوسط استفاده می‌شود (قسمت A از شکل‌های ۱، ۲ و ۵) یا سفت و متخلخل، زمانی که از دماهای بالا استفاده می‌شود (قسمت A از شکل‌ها ۳ و ۶) نشأت بگیرد. همچنین Walton در سال ۲۰۰۰ گزارش داد که افزایش دمای خشک شدن باعث ایجاد گرایش بیشتر به ذرات به توخالی می‌شود. Nijdam و Langrish در سال ۲۰۰۶ شکل گیری ذرات سفت و سخت استفاده در دماهای بالاتر در خشک‌کردن اسپری شیر بررسی کردند. استفاده از دمای هوای ورودی بالا باعث تولید ذرات بزرگ‌تر و تورم بیشتر می‌شود که با یافته‌های Chegini و Ghobadian در سال ۲۰۰۵ و Rhinos در سال ۲۰۰۱ مطابقت دارد.

رنگ نمونه‌های پودر ژل آلونه‌ورا: تمامی نمونه‌های پژوهش کنونی دارای اختلاف معنی‌دار با یکدیگر بودند. نمونه‌های منتخب پژوهش و نمونه پودر استرالیا دارای بالاترین مقدار L^* هستند که نشان از روشنایی بیشتر نمونه دارد. نمونه‌های هند و ایران دارای بیشترین تیرگی هستند. در نمونه‌های منتخب پژوهش به علت وجود حامل رنگ پودر روشن شده است که به معنی افزایش L^* است و مقدار a و b کم‌تر از نمونه‌های چین، هند و ایران است. وجود حامل می‌تواند عامل جلوگیری از تیره شدن رنگ نمونه باشد که با آزمایش Sogi و Oberoi در سال ۲۰۱۵ بر روی پودر هندوانه مطابقت دارد. مقادیر پایین a در نمونه‌های منتخب پژوهش به علت استفاده از خشک‌کن

coconut sugar powder. *International Food Research Journal*, 23 (3), 1315-1319.

Aziztaemeh, H., Kazemi, A. & Razavi, J. (2005). Pomegranate juice powder production. *Journal of Food Science and Technology*, 2 (3), 59-65. [In Persian].

Bhandari, B. R., Snoussi, A., Dumoulin E. D. & Lebert, A. (1993). Spray drying of concentrated fruit juices. *Drying Technology*, 11, 1081-1092.

Bozzi, A., Perrin, C., Austin, S. & Arce Vera, F. (2005). Quality and authenticity of commercial aloe vera gel powders. *Food Chemistry*, 103, 22-30.

Cano-Chauca, M., Stringheta Paulo, C., Sardagna Luiggi, D. & Cal Vidal, J. (2004). Mango Juice Dehydration Spray Drying using different carriers and functional Characterization. *Proceedings of the 14th International Drying Symposium (IDS 2004)*. São Paulo, Brazil, 22-25.

Cervantes-Martinez, C. V., Medina-Torres, L., González-Laredo, R. F., Calderas, F., Sánchez-Olivares, G., Herrera-Valencia, E. E., Gallegos Infante, J. A., Rocha-Guzman, N. E. & Rodríguez-Ramírez, J. (2013). Study of spray drying of the Aloe vera mucilage (Aloe vera *barbadensis* Miller) as a function of its rheological properties. *Food Science and Technology*, 55, 426-435.

Chegini, R. G. & Ghobadian, B. (2005). Effect of spray-drying conditions on physical properties of orange juice powder. *Drying Technology*, 23, 657-668.

Esmaili Adabi, M., Mousavi Seyedi, S. R., Kalantari, D. & Ghavami Adl, B. (2016). Mathematical modelling, kinetics and energy consumption for drying Aloe Vera gel in hot Air dryer with exhaust Air recycle. *Journal of Food Science and Technology*, 54 (13), 73-83. [In Persian].

Esmaili Adabi, M., Mousavi Seyedi, S. R., Kalantari, D., & Taghizadeh, A. (2016). Evaluation of some qualitative properties of aloe vera gel by using recycling hot air dryer. *Journal of Food Science and Technology*, 54 (13), 85-93. [In Persian].

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 Bioproducts Processing*, 90, 667-675.

Goula, A. M. & Adamopoulos, K. G. (2005). Stability of lycopene during spray

drying of tomato pulp. *LWT-Food Science and Technology*, 38, 479-487.

Javed, S. & Atta-ur, R. (2014). Aloe Vera Gel in Food, Health Products, and Cosmetics Industry. *Natural Products Chemistry*. Vol. 41.

Jawade Ninad, R. & Chavan Abhijeet, R. (2013). Ultrasonic –Assisted extraction of Aloin from Aloe Vera gel. *Procedia Engineering*, 51, 487-493.

Jittanit, W., Niti-Att, S. & Techanuntachikul, O. (2010). Study of spray drying of pineapple juice using maltodextrin as an adjunct. *Chiang Mai Journal of Science*, 37, 498-506.

Kucuk, H., Midilli, A., Kilic, A. & Dincer, I. (2014). A Review on Thin-Layer Drying-Curve Equations. *Drying Technology*, 32, 757-773.

Kuzuya, H., Tamai, I., Beppu, H. & Chihara. T. (2001). Determination of Aloenin, barbaloin and Isobarbaloin in Aloe species by micellar electro kinetic chromatography. *Journal of Chromatography. B*. 752, 91-97

Lako, J., Trenerry, V., Wahlqvist, M., Wattanapenpaiboon, N., Sotheeswaran, S. & Premier, R. (2006). Phytochemical flavonols, carotenoids and the antioxidant properties of a wide selection of Fijian fruit, vegetables and other readily available foods. *Food Chemistry*, 101, 1727-1741.

Medina-Torres, L., Calderas, F., Minjares, R., Femenia, A., Sanchez-Olivares, G., Gonzalez-Laredo, F. R., Santiago-Adame, R., Ramirez-Nunez D. M., Rodríguez-Ramírez, J. & Manerog, O. (2015). Structure preservation of Aloe vera (*barbadensis* Miller) mucilage in a spray drying process. *Food Science and Technology*, 66, 93-100.

Minjares-Fuentes, R., Femenia, A., Comas-Serra, F., Rossell, C., Rodríguez-Gonzalez, V. M., Gonzalez-Laredo, R. F., Gallegos-Infante, J. A. & Medina-Torres, L. (2016). Effect of different drying procedures on physicochemical properties and flow behavior of Aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller) gel. *Food Science and Technology*, 74, 378-386.

Oberoi, D. P. S. & Sogi, D. S. (2015). Effect of drying methods and maltodextrin concentration on pigment content of watermelon juice powder, *Journal of Food Engineering*, 1-23.

Papadakis, S. E., Chryssavgi, G. & Constantina, T. (2006). Spray Drying of Raisin Juice Concentrate, *Drying Technology*, 24 (2), 173-180.

Parvaneh, V. (2013). Quality control & the chemical analysis of food. University of Tehran press. 3-20. [In Persian].

Papadakis, S.E., Gardeli, C. & Tzia, C. (1998). Raisin extract powder: Production, physical and sensory properties. In: Proceedings of the 11th international drying symposium IDS '98, Halkidiki, Greece.

Properties of Black Mulberry Juice Powder, Food and Bioproducts Processing, 90, 667–675.

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

Qian, H., Liu, C., Eshun, K. & Zhang, T. (2005). Quality and safety assurance in the processing of aloe vera gel juice. Food Control, 16, 95-104.

Raskin, I. (1992) Role of Salicylic Acid in Plants. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 43, 439-463.

Shrestha, A.K., Ua-arak, T., Adhikari, B. R., Howes, T. & Bhandari, B. R. (2007). Glass transition behavior of spray dried orange juice powder measures by differential scanning calorimetry (DSC) and thermal mechanical compression test (TMCT). International Journal of Food Properties, 10, 661–673.

Tavakolipour, H. (2009). Principles of drying of food materials agricultural products. Aeej Press. [In Persian].

Vega, A., Uribe, E., Lemus, R. & Miranda, M. (2006). Hot-air drying characteristics of Aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller) and influence of temperature on kinetic parameters. LWT, 40, 1698–1707.

Investigation on the Effect of Arabic Gum Concentration and Spray Dryer Temperature on the Physicochemical Properties of Aloe Vera Powder

M. Nouhi ^a, Sh. Shabani ^{b*}, F. Zamani-Hargalani ^c

^a M. Sc. Student of the Department of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

^b Academic Member of the Department of Food Science & Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

^c Assistant Professor of the Department of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Received: 1 December 2019

Accepted: 25 March 2020

Abstract

Introduction: Aloe vera is used industrially for various purposes where it is employed in many food products including beverages, milk, etc. One factor that makes aloe vera gel difficult to store and transfer is its high moisture content. This might be handled by the application of methods such as drying and dehydration. The application of spray drier to produce high Quality powder is a suitable method. The product obtained from this process contains smaller particles with a better particle size distribution, appearance, texture, drop characteristics, compressibility, mass density, dispersibility, and solubility index.

Materials and Methods: In this research, the drying of Aloe Vera gel was studied using a spray dryer in four different temperatures of 135, 145, 155 and 175°C and different Arabic gum concentration of %0, %1.5 and %3. Among the 12 produced samples, the two samples dried at 145 and 175 degrees Celsius and gum concentration of %1.5 with desirable conditions in terms of humidity, solubility and efficiency were studied for comparative tests such as pH, moisture, antioxidants capacity, level of aloin, size and shape evaluation by an electron microscope, particle color and size using the available samples on the market by applying one-way ANOVA test and Duncan's Multiple Range Test with a confidence level of %95.

Results: The samples with higher input temperature and less process time contained more antioxidant capacity and aloin, with less quality degradation and have shown better qualitative results.

Conclusion: The sample dried at the temperature of 175°C and gum concentration of %1.5 was selected as the preferred sample in terms of the parameters used for this research.

Keywords: Aloe Vera, Aloe Vera Powder, Aloin, Arabic Gum, Spray Dryer.

* Corresponding Author: shahrokhshabani2013@yahoo.com