

بررسی ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی عصاره استویا خشک شده به روش پاششی و کاربرد آن به عنوان جایگزین شکر در تولید ژله آلوه‌ورا

شیما کاوه^۱، علیرضا صادقی ماهونک^{۲*}، خشایار سرابندی^۳، زینب گرائیلی^۴،
عظیم قاسم نژاد^۵

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۲- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۳- دانش آموخته دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۴- دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۵- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده تولیدات گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
(تاریخ دریافت: ۹۶/۱۰/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۲/۳۱)

چکیده

هدف از این پژوهش، ارزیابی تاثیر غلظت صمغ عربی بر بازده فرآیند، ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی و ریزساختار پودر عصاره استویا خشک شده به روش پاششی بود. همچنین، قابلیت جایگزینی پودرهای استویا با ساکارز بر ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی، بافتی و شاخص‌های حسی ژله آلوه‌ورا بررسی گردید. فرآیند خشک کردن پاششی با استفاده از صمغ عربی در سه غلظت ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد وزنی- حجمی انجام شد. سپس ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد از ساکارز موجود در فرمولاسیون ژله آلوه‌ورا با ۰/۲۵، ۰/۵۰ و ۰/۷۵ درصد از پودرهای استویا جایگزین گردید. نتایج نشان دادند که بیشترین بازده تولید پودر (۴۷/۷۳ درصد) مربوط به تیمار ۱۰٪ صمغ عربی بود. با افزایش نسبت حامل، مقدار رطوبت، فعالیت آبی و جاذب الرطوبتی پودرها کاهش یافت. دیگر ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی مانند دانسیته توده، دانسیته ذره، دانسیته واقعی، انحلال پذیری و نم پذیری پودرها نیز با افزایش غلظت حامل کاهش یافتند. این ویژگی‌ها به ترتیب در محدوده ۰/۳۹-۰/۴۶ g/ml، ۰/۴۲-۰/۵۷ g/ml، ۱/۵۵-۱/۴۲ g/ml، ۰/۸۹-۰/۹۲ g/ml، ۰/۲۷-۰/۳۹ g/ml، ۰/۲۵-۰/۵۰ درصد از پودر ۱۰ درصد استویا و تیمار حاوی ۰/۲۵ درصد از پودر ۲۰ درصد استویا، از نظر خصوصیات حسی نسبت به سایر نمونه‌ها از پذیرش بالاتری برخوردار بودند و تفاوت قابل توجهی با نمونه شاهد نداشتند.

کلید واژگان: خشک کن پاششی، صمغ عربی، استویا، شیرین کننده طبیعی، ژله آلوه‌ورا

* مسئول مکاتبات: sadeghiaz@gau.ac.ir

۱- مقدمه

ژله از انواع دسر و میان وعده‌های رایج در دنیا می‌باشد که از اجزای اصلی تشکیل دهنده آن می‌توان به ژلاتین و شکر اشاره نمود. نقش شکر در این دسر بیشتر از جنبه شیرین کنندگی و تشکیل بافت آن می‌باشد. شکر به دلیل طعم شیرین دلپذیر، قیمت مناسب و انرژی زیادی بالای آن از مطلوب‌ترین شیرین کننده‌های مورد استفاده در صنعت مواد غذایی می‌باشد، که به-عنوان عامل حجم دهنده در تشکیل بافت فرآورده‌های شیرین نیز نقش به‌سزایی دارد. اما مصرف بی‌رویه آن عوارضی مانند افزایش وزن، پوسیدگی دندان و افزایش میزان قند خون و ابتلا به بیماری دیابت را در پی دارد. علاوه بر این عوارض نامطلوب، افزایش روزافزون آگاهی و توجه مردم به کیفیت و سلامتی مواد غذایی و در نتیجه افزایش تقاضا برای محصولات عاری از شکر با میزان کالری زایی کمتر، منجر به افزایش توجه محققین و صنعت غذا در خصوص تولید محصولات شیرین کم کالری شده است [۱،۲]. پژوهش‌های گوناگونی نیز در خصوص جایگزینی ساکارز با شیرین کننده‌های کم کالری مانند سوکرالوز و ایزومالت [۳]، پلی دکستروز و مالتو دکستریز [۴]، اریترول و الیگوفروکتوز [۵]، استویا [۶ و ۷]، سوربیتول، مانیتول، فروکتوز [۹]، صورت گرفته است. در بین شیرین کننده‌های کم کالری مناسب برای جایگزینی شکر، قند استویا با شیرینی ۳۰۰ برابر بیشتر از ساکارز، کالری کمتر و اندیس گلیسمی پایین، شیرین کننده طبیعی می‌باشد که از برگ‌های گیاه استویا به دست می‌آید. این گیاه بومی کشورهای پاراگوئه و برزیل می‌باشد که در بعضی نقاط آسیا، اروپا و کانادا نیز کشت می‌گردد [۱۰]. استویا دارای چندین استویل گلیکوزید طبیعی مقاوم به حرارت می‌باشد که منجر به شیرینی آن می‌گردند، اما شدت شیرینی و پروفیل عطر و طعم آنها با یکدیگر متفاوت است و با توجه به غلظت و محیط تغییر می‌کند. قدرت شیرین کنندگی گونه‌هایی مختلف استویا متفاوت است اما گونه *S. Rebaudiana* از همه شیرین‌تر می‌باشد. قندهای استویا پس از مصرف، قابلیت جذب نداشته و منجر به افزایش قند خون نمی‌شوند، بنابراین برای بیماران دیابتی مناسب است و عوارض نامطلوب استفاده از شکر را در پی ندارد [۱۱، ۱۲، ۱۳].

عصاره استویا مانند سایر عصاره‌های گیاهی به دلیل داشتن ترکیبات فنلی و حساس، به شرایط محیطی ناپایدار بوده و

ویژگی‌های تغذیه‌ای و بیولوژیکی خود را از دست می‌دهد، همچنین برگ و عصاره استویا اگرچه شیرین می‌باشند اما پس از تلخی نیز دارد که مانع از جایگزینی ۱۰۰ درصد شکر با آن و پذیرش اقتصادی آنها می‌شود [۱۴]. بنابراین به راهکاری برای حفظ قابلیت نگهداری و کاهش طعم تلخ آن نیاز دارد. روش‌های متعددی برای افزایش ماندگاری و حفظ ترکیبات فعال موجود در در مواد غذایی و دارویی وجود دارد که از پرکاربردترین این روش‌ها خشک کردن پاششی می‌باشد، که به‌عنوان یک عملیات واحد در تولید پودر در جهت حفظ ترکیبات فعال و مواد مغذی و همچنین سهولت در ذخیره سازی و حمل و نقل شناخته می‌شود. از جمله مزیت‌های خشک کردن پاششی نسبت به سایر روش‌های خشک کردن می‌توان به دسترس بودن تجهیزات، هزینه پایین، امکان کاربرد حامل‌های متنوع، پایداری مناسب محصول نهایی، عدم آسیب حرارتی به مواد حساس به حرارت، ثابت ماندن کیفیت پودر در طول خشک کردن، مداوم بودن عملیات و بازده زیاد (بیش از ۲۵ تن پودر در هر ساعت) اشاره کرد [۱۴]. به‌طور کلی این روش خشک کردن منجر به کاهش واکنش‌پذیری، افزایش پایداری و کاهش طعم تلخ بعضی از اجزای موجود در فرمولاسیون مواد غذایی می‌گردد. از مهم‌ترین ویژگی‌های حامل‌های مورد استفاده در خشک کردن پاششی، حلالیت مناسب آنها در آب می‌باشد؛ از جمله حامل‌های مناسب می‌توان به پلی ساکاریدها (صمغ عربی، نشاسته، مالتودکستریز)، لیپیدها (مونو و دی‌گلیسریدها)، پروتئین‌ها (ژلاتین، کازئین، کنسانتره آب پنیر) اشاره نمود، که در این میان صمغ عربی به دلیل حلالیت بالا و ویسکوزیته پایین و دارا بودن خاصیت امولسیفایری منجر به تسهیل فرآیند خشک کردن پاششی می‌گردد بنابراین کاربرد گسترده‌ای دارد [۱۵]. اگرچه هزینه بالاتر صمغ عربی در مقایسه با مالتو دکستریز از معایب آن می‌باشد [۱۶]. اما دمای انتقال شیشه‌ای بالاتر آن نسبت به مالتودکستریز، قابلیت بالاتر امولسیفیه‌کنندگی و تشکیل فیلم از جمله مزایای آن نسبت به مشتقات نشاسته است. با در نظر گرفتن این مزایا، پژوهش‌های گوناگونی در خصوص استفاده از خشک کن پاششی در خشک کردن ترکیبات حساس، عصاره‌ها و آبمیوه‌ها مانند شیر خرم [۱۷]، تمبر هندی [۱۸]، آب آلبالو [۱۹]، روغن زرماری [۲۰]، روغن ماهی [۲۱]، صورت گرفته است. بنابراین هدف از این پژوهش، ارزیابی

به طور هم جهت با هوای ورودی به دستگاه اتمیزه شدند. پودر حاصل از خروجی اصلی تا رسیدن به دمای ثابت و ممانعت از تغییرات رطوبت در دسیکاتور قرار گرفته و سپس در شیشه های تیره و دور از نور تا زمان انجام آزمایشات نگهداری گردید. آب مقطر به مدت ۱۰ دقیقه قبل از شروع خشک کردن تا رسیدن دمای خشک کن به میزان ثابت، به عنوان خوراک به دستگاه داده شد.

۲-۵-۲- آزمون های پودر

۲-۵-۱- بازده تولید پودر

بازده تولید پودر، از شاخص های مهم در فرآیند خشک کردن پاششی می باشد که با استفاده از فرمول ۱ محاسبه گردید. در این پژوهش مقدار پودر جمع آوری شده در مخزن شیشه ای انتهایی دستگاه به عنوان محصول اصلی در نظر گرفته شد.

$100 \times \text{وزن پودر حاصل بر حسب ماده ی خشک} = \text{بازده تولید پودر}$

جرم کل ماده جامد موجود در خوراک ورودی

۲-۵-۲- مقدار رطوبت و فعالیت آبی

حدود ۲ گرم پودر در یک پتری دیش به مدت ۲-۳ ساعت در یک آون در دمای ($105 \pm 2^\circ\text{C}$) قرار داده شد، در نهایت در دسیکاتور خنک و سپس وزن گردید، فرایند خشک شدن تا رسیدن به وزن ثابت ادامه یافت. مقدار رطوبت از طریق محاسبه ی وزن قبل و بعد از آون گذاری تعیین گردید.

فعالیت آبی پودرهای استویا نیز با دستگاه سنجش فعالیت آبی (Novasina، سوییس) تعیین شد. دستگاه یک ساعت قبل از خواندن فعالیت آبی نمونه ها، جهت کالیبراسیون روشن گردید. بعد از کالیبراسیون، محفظه دستگاه تا محل تعیین شده (دو سوم حجم ظرف) پر، سپس فعالیت آبی نمونه ها در دمای محیط $25 \pm 0.5^\circ\text{C}$ اندازه گیری شد. تمامی آزمون ها در سه تکرار و میانگین آن ها گزارش گردید.

۲-۵-۳- دانسیته توده، ضربه و واقعی

دانسیته توده با افزودن تدریجی ۲ گرم پودر استویا به استوانه مدرج (۱۰ ml) با درجه بندی ۰/۱ ml و از نسبت جرم پودر به حجم اشغال شده در استوانه مدرج، به صورت (گرم بر میلی لیتر) محاسبه گردید. سپس با استفاده از دانسیتومتر ضربه ای، ضربات مداومی به استوانه وارد تا زمانی که تغییرات حجم پودر در استوانه متوقف شود (میانگین ۴۰۰ ضربه)، در نهایت نسبت جرم پودر به حجم حاصل پس از ضربه محاسبه و دانسیته توده حاصل از ضربه به دست آمد [۲۲]. دانسیته واقعی با روش

غلظت های مختلف صمغ عربی به عنوان حامل بر ویژگی های فیزیکی شیمیایی و عملکردی پودر استویا تولیدی به روش پاششی و کاهش میزان طعم تلخ استویا بود. سپس تاثیر کاربرد آن به عنوان جایگزین شکر، بر خصوصیات فیزیکی و حسی ژله آلوتوره، مورد ارزیابی قرار گرفت.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- مواد

مواد شیمیایی با درجه آزمایشگاهی و از شرکت مرک تهیه شدند. شکر از شرکت فناوران قند پارس، ژلاتین با درجه بلوم ۱۸۰ از شرکت مرک، اسانس وانیل از شرکت صنایع غذایی زرین تابا تهیه گردید.

۲-۲- آماده سازی نمونه

برگ های استویا از گروه علوم باغی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان تهیه گردید. برگ ها در سایه خشک شدند و با آسیاب به ذرات ریز تبدیل و از الک با مش ۴۰ عبور داده شدند. پودرها تا زمان عصاره گیری در یخچال نگهداری شدند.

۲-۳- تهیه عصاره استویا

عصاره گیری در نسبت ۵ به ۱۰۰ پودر استویا به آب مقطر انجام شد، مخلوط به طور کامل میکس و به مدت ۳۰ دقیقه روی همزن مغناطیسی همزده شد. سپس عصاره گیری در دمای ۷۵ درجه سانتی گراد با بن ماری و به مدت ۴۰ دقیقه انجام شد.

۲-۴- فرآیند خشک کردن پاششی

در این تحقیق از یک خشک کن پاششی در مقیاس پیلوت (شرکت آذر مخزن، ایران) استفاده گردید. محفظه خشک کن به صورت استوانه ای با قسمت تحتانی مخروطی شکل با قطر قسمت استوانه ای ۱/۵ متر و ارتفاع کل محفظه ۳ متر بود. از هوای ورودی با دمای ۱۲۰ درجه سانتی گراد به صورت هم جهت با خوراک (دمای ۷۰ درجه سانتی گراد) برای خشک کردن استفاده شد. از صمغ عربی به عنوان حامل، در غلظت های ۱۰، ۲۰ و ۳۰ (w/v) عصاره با بریکس ۵/۴ برای تهیه خوراک استفاده شد (تیمارها به ترتیب به صورت G_1 ، G_2 ، G_3 نام گذاری شدند). فرآیند انحلال ترکیبات حامل با استفاده از همزن مغناطیسی و به مدت ۳ ساعت با هدف هیدراته شدن کامل ماده حامل در عصاره انجام گرفت. خوراک های تهیه شده

جابه جایی مایع و با افزودن ۱ گرم نمونه به پیکنومتر حاوی تولوئن و با استفاده از رابطه ۲ محاسبه شد:

(۲)

$$\frac{\text{وزن نمونه}}{\text{تغییر حجم ترلین}} = \text{دانسیته واقعی}$$

۲-۵-۴- جریان پذیری (زاویه استاتیک ریپوز^۱، شاخص تراکم پذیری^۲ و نسبت هاسنر^۳)

مقدار ۱۰ گرم پودر استویا با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم (ساتوریوس، مدل BM150، آلمان) توزین و از درون قیف در ارتفاع ثابت و با قطر مجرای خروجی ۱۲ میلی متر عبور داده تا بر یک سطح افقی صاف ریخته شده و تشکیل یک توده دهد. زاویه ریپوز از طریق زاویه شیب توده محصول نسبت به سطح مبنا محاسبه گردید [۲۳].

پیوستگی پودرها با نسبت هاسنر (HR) قابل محاسبه می باشد (معادله ۳). بر اساس تحقیقات جیناپونگ و همکاران [۲۳]، مقادیر زاویه ریپوز و نسبت هاسنر به ترتیب در محدوده ۳۰-۲۵ و ۱-۱/۱۱ نشان دهنده جریان پذیری عالی و مقادیر بیش از ۶۶ و ۱/۶ حاکی از جریان پذیری بسیار بد (عدم جریان پذیری آزاد) است.

$$HR = \frac{TD}{BD} \quad (۳)$$

در این فرمول HR (نسبت هاسنر)، TD (دانسیته توده حاصل از ضربه^۴)، BD (دانسیته توده) می باشند.

مقدار شاخص تراکم پذیری را می توان از رابطه ۴ و با استفاده از نسبت هاسنر محاسبه نمود [۲۴].

$$CI = 1 - (1/HR) \quad (۴)$$

۲-۵-۵- اندازه گیری شاخص های انحلال پذیری و نم-پذیری

سنجش انحلال پذیری پودرهای استویا با استفاده از روش کانو و همکاران [۲۵]، با کمی اصلاحات انجام گرفت. بدین صورت که، ۱ گرم پودر به دقت به ۱۰۰ ml آب مقطر تحت شرایط هم زدن با یک همزن مغناطیسی در ۷۰۰ rpm به مدت ۴ min اضافه گردید. محلول حاصل در ۳۰۰×g برای ۴ min سانتریفوژ شد. حجم ۲۵ ml از محلول فوقانی جدا و به یک

پتری دیش که از قبل وزن گردیده منتقل و در آون ۱۰۵°C به مدت ۵ ساعت خشک گردید. وزن ماده جامد خشک شده نسبت به پودر اولیه بر حسب درصد جهت تعیین مقدار انحلال پذیری در آب به کار رفت.

برای تعیین نم پذیری پودرها نیز از روش فوجس و همکاران [۲۶]، با کمی اصلاحات استفاده شد. ۰/۲ گرم پودر در دمای محیط بر سطح ۱۰۰ ml آب مقطر بدون هم زدن ریخته شد. زمان صرف شده برای ته نشست ذرات از سطح آب به طوریکه هیچ ذره ای بر سطح نمانده باشد برای محاسبه شاخص نم-پذیری ثبت گردید.

۲-۵-۶- میزان جذب رطوبت

قابلیت جذب رطوبت پودرها به شکل مقدار رطوبت (گرم آب جذب شده توسط ۱۰۰ گرم پودر) طی ۷ روز نگهداری در دمای ۳۰°C و رطوبت نسبی RH= ۷۵٪ در یک دسیکاتور با محلول اشباع کلرید سدیم تعیین گردید [۲۷].

۲-۵-۷- رنگ سنجی

ویژگی های رنگی پودرهای تولیدی با استفاده از شاخص های L*, a* و b*، با استفاده از دستگاه هانتربل (مدل CAM-system 500، انگلستان) ارزیابی شد. مقادیر Hue و Chroma با استفاده از فرمول های ۵ و ۶ محاسبه شدند.

$$\text{Chroma} = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2} \quad (۶)$$

۲-۵-۸- میکروسکوپ الکترونی روبشی

ساختار ذرات پودر با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی (مدل Pemteron PS-230، کره جنوبی) مورد ارزیابی قرار گرفت. نمونه ها به طور مجزا با استفاده از نوار چسب های دوسویه بر صفحه های آلومینیومی قرار گرفتند. سپس عمل روکش دهی ذرات با استفاده از لایه نازکی از طلا انجام شد. در نهایت هر نمونه پوشش دهی شده به میکروسکوپ منتقل و مشاهده ساختار سطحی ذرات صورت گرفت [۲۷].

۲-۶- آماده سازی ژله

۲-۶-۱- استخراج موسیلاژ آلوئه ورا

پس از شستشوی سطحی برگ ها، پوست رویی برگ با استفاده از تیغ جدا و ژل بی رنگ و چسبناک آن استخراج گردید. سپس ژل حاصل با استفاده از میکسر به قطعات ریز تبدیل و از

1. Repose angle
2. Compressibility
3. Hausner ratio
4. Tapped density

مقطر به ازای هر ۱۰۰ گرم شکر تعیین گردید. پس از انجام آزمایشات اولیه با به کارگیری نسبت های مختلف از شکر و استویا و مقایسه نتایج، کاهش شکر به میزان ۲۵، ۵۰، ۷۵ درصد به عنوان تیمارهای مورد آزمایش در این پژوهش در نظر گرفته شدند (جدول ۱). تولید فرمولاسیون های متفاوت ژله با به کارگیری مقادیر مختلف شکر و پودر استویا و مقایسه نتایج حاصل نشان داد که از نظر شیرینی هر ۱ گرم استویا تقریباً معادل ۱۰۰ گرم شکر می باشد، بر این اساس میزان شکر مورد نیاز جهت تولید تیمارهای مورد نظر محاسبه گردید.

Table 1 components of Aloe Vera jelly samples.

Ingredients(g)	control	A	B	C	D	E	F	G	H	O
sugar	100	75	50	25	75	50	25	75	50	25
Stevia(10GA)	-	0/25	0/5	0/75	-	-	-	-	-	-
Stevia(20GA)	-	-	-	-	0/25	0/5	0/75	-	-	-
stevia (30GA)	-	-	-	-	-	-	-	0/25	0/5	0/75
Gelatin	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
others	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Other ingredients: acid citric, vit c, vanilla flavor, green edible color.

۱ باشد. به این منظور از پروب با قطر ۱۳ میلی متر استفاده گردید و نمونه ها در ظروف با قطر ۸ سانتی متر تهیه شدند. پروب با سرعت ۱ mm/s و به میزان ۲۰ mm در نمونه ها نفوذ کرد. استحکام ژل معادل بیشترین نیروی لازم برای نفوذ می باشد که بر حسب واحد نیوتن ثبت گردید [۳۳].

۴-۷-۲- اندازه گیری بریکس

میزان بریکس بر اساس روش استاندارد ۲۶۸۲ ملی ایران تعیین گردید. به اینصورت که ۵ گرم از نمونه در بشر وزن گردید و به آن ۲۰ میلی لیتر آب گرم اضافه شد و محتوی با همزن شیشه ای تا یکنواخت شدن کامل همزده شد. سپس پس از سرد شدن محلول با استفاده از دستگاه رفاکتومتر (مدل ABBE، بلرژیک) بریکس نمونه ها در دمای محیط اندازه گیری گردید.

۴-۷-۵- اندازه گیری pH

اندازه گیری pH نمونه ها در دمای محیط و با استفاده از pH متر Knick مدل ۷۶۶ ساخت آلمان، انجام گردید.

۴-۷-۶- اندازه گیری اسیدیته

اندازه گیری اسیدیته بر اساس روش استاندارد ۲۶۸۲ ملی ایران تعیین گردید. به اینصورت که ۲ گرم از نمونه با ۲۰ میلی لیتر آب مقطر خنثی مخلوط گردید سپس به محلول حاصل ۱ قطره

کاغذ صافی واتمن شماره ۱، صاف شد. سپس آنزیم بری در دمای ۸۰ درجه سانتی گراد به مدت ۵ دقیقه [۲۸]، انجام شده. سپس موسیلاژها در ظروف استریل در دمای ۴ درجه سانتی گراد در یخچال نگهداری شدند.

۲-۶-۲- فرمولاسیون ژله

فرمولاسیون اصلی ژله بر اساس روش حسینی نژاد و همکاران [۳] با کمی اصلاحات، به صورت ۰/۵ گرم اسید سیتریک، ۰/۲ گرم اسید آسکوربیک، ۰/۲ گرم اسانس وانیل، ۰/۱ گرم رنگ سبز، ۳۰۰ میلی لیتر موسیلاژ آلوئه ورا و ۱۰۰ میلی لیتر آب

۲-۷-۲- آزمون های فیزیکی شیمیایی

۲-۷-۱- اندازه گیری رطوبت

برای اندازه گیری رطوبت نمونه ها از روش AOAC,2008 استفاده گردید. به اینصورت که ۲ گرم از نمونه ها در پلیت های شیشه ای توزین گردید سپس به مدت ۵ ساعت در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد تا رسیدن به وزن ثابت قرار داده شدند. میزان درصد رطوبت نمونه ها با استفاده از اندازه گیری وزن قبل و بعد از آون گذاری محاسبه شد.

۲-۷-۲- اندازه گیری سینرسیس

برای اندازه گیری سینرسیس نمونه ها به این صورت عمل شد که، مقدار ۲ گرم از نمونه در ۴۵۰۰ rpm به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۱۰ درجه سانتی گراد سانتریفوژ شدند. سپس مقدار سوپرناتانت حاصل در استوانه مدرج ریخته شد و درصد سینرسیس نمونه ها با استفاده از فرمول ۷ محاسبه گردید [۲۹]:

(۷)

وزن نمونه / حجم سوپرناتانت = %سینرسیس

۲-۷-۳- قدرت ژل

در جهت اندازه گیری قدرت ژل از دستگاه بافت سنج (TA-XT Plus, Stable Micro systems Ltd, Surrey, UK) استفاده گردید. برای جلوگیری از تاثیر دیواره های ظرف بر بافت ژله، باید نسبت قطر ظرف به قطر پروب حداقل ۳ به

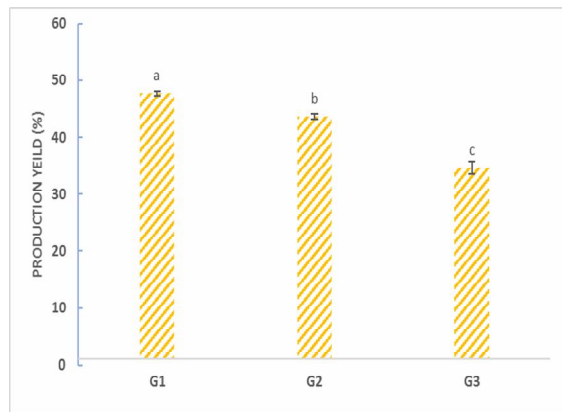


Fig 1 powder production yield at various Arabic gum/ stevia extract ratios.

G₁: 10 % (w/v) Arabic gum/ stevia extract, G₂: 20 % (w/v) Arabic gum/ stevia extract, G₃: 30 % (w/v) Arabic gum/ stevia extract

۲-۳- مقدار رطوبت و فعالیت آبی

فعالیت آبی، میزان دسترسی به آب آزاد در یک سیستم غذایی و عامل وقوع واکنش های بیوشیمیایی می باشد اما محتوای رطوبتی، میزان آب موجود در یک سیستم غذایی است. میزان بالای فعالیت آبی، حاکی از میزان آب آزاد بیشتر برای انجام واکنش های بیوشیمیایی است که کاهش عمر نگهداری مواد غذایی را در پی دارد [۲]. در این پژوهش میزان رطوبت و فعالیت آبی پودرهای عصاره استویا به ترتیب بین ۳/۸۱-۲/۶۲ درصد و ۰/۱۹-۰/۰۸ به دست آمد. نتایج نشان دادند، با افزایش میزان صمغ عربی، رطوبت و فعالیت آبی پودرها به طور قابل ملاحظه ای کاهش یافت ($P < 0/05$). افزایش میزان صمغ عربی به عنوان حامل، با افزایش ویسکوزیته ی خوراک منجر به تولید قطراتی در اندازه های درشت تر می شود. همچنین افزایش ماده ی جامد خوراک منجر به افزایش مقدار آب آزاد در دسترس برای تبخیر می گردد که این عامل موثرتر در کاهش مقدار رطوبت محصول نهایی است. همچنین افزایش غلظت صمغ به عنوان حامل با افزایش اندازه ی ذرات موجب کاهش تولید ذراتی به هم چسبیده و توده ای شکل (به صورت آگلومره) می گردد که این نیز یکی دیگر از عوامل موثر بر مقدار رطوبت محصول نهایی است. بنابراین رطوبت کل پودر کاهش یافته و با کاهش آب آزاد، فعالیت آبی نیز کاهش می یابد. این یافته ها با نتایج حاصل از تحقیقات آبادیو و همکاران [۳۳]، گرابوسکی و همکاران [۳۴]، سربندی و صادقی ماهونک [۳۵]، که اثر غلظت حامل را بر پودرهای حاصل از خشک کردن آناناس، پوره سیب زمینی، توت سیاه و شیر خرمای به روش پاششی بررسی کردند، تطابق دارد.

محلول شناساگر فنل فتالین افزوده شد و با سود ۰/۱ نرمال تیترو گردید.

۲-۷-۷- ارزیابی حسی

ارزیابی حسی نمونه ها توسط ۱۰ نفر ارزیاب آموزش دیده صورت گرفت. نمونه ها از نظر رنگ، میزان تلخی، شیرینی، بافت و مقبولیت کلی مورد ارزیابی قرار گرفتند. امتیازها بر اساس ارزیابی هدونیک ۵ نقطه ای (۵ برای بهترین حالت و ۱ برای بدترین حالت) در نظر گرفته شد.

۲-۸- آنالیز آماری

تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزار SPSS ver.16 و طرح کاملاً تصادفی یک فاکتور در یک زمان انجام گرفت، هر یک از نمونه ها در سه تکرار تهیه و آزمون های مربوطه در مورد آن ها انجام گرفت. میانگین تیمارها با آزمون دانکن در سطح معنی داری ۹۵ درصد ($P < 0/05$) مورد مقایسه قرار گرفت. نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel ترسیم و گزارش شدند.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- بازده تولید پودر

شکل ۱، بیانگر تاثیر غلظت صمغ عربی بر بازده تولید پودر می باشد. در این پژوهش، با افزایش نسبت حامل بازده تولید پودر به طور قابل ملاحظه ای ($p < 0/05$)، کاهش یافت و بیشترین راندمان تولید (۷۳/۴۷ درصد)، مربوط به تیمار ۱۰:۹۰ حامل به عصاره استویا بود. با افزایش نسبت حامل، ویسکوزیته خوراک ورودی افزایش می یابد که منجر به اتمیزه شدن قطرات درشت تری به داخل محفظه می گردد، خشک شدن این قطرات دشوارتر بوده بنابراین قطرات نیمه خشک، به یکدیگر و دیواره مخزن چسبیده و تولید ذرات سوخته می نمایند که منجر به افزایش ضایعات و کاهش راندمان تولید می گردند. بهاساری و همکاران [۱۸]، گولا و آداموپولوس [۳۱]، به ترتیب با افزایش سرعت و دمای خوراک ورودی، افزایش بازده تولید پودرهای تمبرهندی و گوجه فرنگی را مشاهده کردند؛ در حالی که پاپاداکس و همکاران [۳۲]، تانن و همکاران [۲۴]، به ترتیب با افزایش دما و غلظت مالتودکسترین در خشک کردن پاششی آب انگور و پالپ آکایی، کاهش بازده تولید پودر را گزارش نمودند.

۳-۳- دانسیته توده، ضربه و واقعی

دانسیته پودر عامل مهمی در بسته بندی، حمل و نقل و فروش مواد غذایی می باشد که به شرایط فرآیند، ترکیب شیمیایی، اندازه ذرات و رطوبت پودر وابسته است [۳۶]. مقادیر دانسیته توده، ضربه و واقعی پودرهای استویا به ترتیب بین (g/ml) ۰/۴۶-۰/۳۹ و (g/ml) ۰/۵۷-۰/۴۲ و (g/ml) ۱/۵۵-۱/۴۲ متغیر بود (جدول ۲). با افزایش نسبت حامل، دانسیته پودرها بطور قابل توجهی کاهش یافت. در این رابطه افزایش نسبت حامل، باعث افزایش ویسکوزیته خوراک ورودی به خشک کن،

افزایش اندازه ذرات شده و کاهش دانسیته را در پی دارد و همچنین این امر مانع از چسبیدن ذرات به یکدیگر شده و با افزایش فضای خالی بین ذرات دانسیته کاهش می یابد، علاوه بر این صمغ عربی به دلیل داشتن قابلیت تشکیل فیلم، هوا را بین ذرات خود به دام می اندازد که عامل دیگری بر کاهش دانسیته می باشد؛ فضائی و همکاران [۳۷]، سرابندی و صادقی ماهونک [۳۵]، یوسفی و همکاران [۳۸]، نیز کاهش دانسیته پودرهای توت سیاه، شیر خرم و انار را تحت تاثیر افزایش غلظت حامل و افزایش دمای ورودی مشاهده کردند

Table 2 powder physicochemical properties at various Arabic gum/ stevia extract ratios.

Treatments	Moisture	Water activity	Bulk density	Tapped density	True density	Hygroscopicity
G ₁	3/81±0/09 ^a	0/19±0/002 ^a	0/46±0/003 ^a	0/57±0/003 ^a	1/55±0/009 ^a	30/66±1/6 ^a
G ₂	3/27±0/07 ^b	0/12±0/002 ^b	0/42±0/0 ^b	0/47±0/013 ^b	1/46±0/012 ^b	26/79±0/61 ^b
G ₃	2/62±0/19 ^c	0/08±0/003 ^c	0/39±0/006 ^c	0/42±0/008 ^c	1/42±0/006 ^c	20/75±0/75 ^b

Different letters in the same column indicate significant difference among samples P<0.05

G₁: 10 % (w/v) Arabic gum/ stevia extract, G₂: 20 % (w/v) Arabic gum/ stevia extract,

G₃: 30 % (w/v) Arabic gum/ stevia extract

نمونه G₁ بود. چرا که انحلال پذیری بالای این نمونه منجر به افزایش سرعت نفوذ آب به خلل و فرج موجود در ذرات شده و بنابراین زمان نم پذیری کاهش می یابد [۳۶]. بوتل و همکاران [۲۱]، با مشاهده کاهش زمان نم پذیری پودرهای روغن ماهی با استفاده از حامل های مالتودکسترین و اینولین در مقایسه با ایزوله پروتئینی آب پنیر، علت این امر را افزایش گروه های آبدوست، بیان کردند. سانتالاکشمی و همکاران [۲۷]، با خشک کردن میوه درخت جمبو به روش پاششی دریافتند که کاهش دمای ورودی منجر به افزایش زمان نم پذیری پودرها می گردد و بیان کردند که زمان نم پذیری پودرها با اندازه ذرات رابطه عکس دارد. بین ذرات بزرگ تر، فضای خالی بیشتری وجود دارد که منجر به نفوذ سریع تر آب می گردد. به عبارت دیگر ذرات کوچک تر دارای تخلخل کمتری هستند که نفوذ آب به درون ماتریکس غذایی را دشوار می سازد.

۳-۴- انحلال پذیری و نم پذیری

نتایج حاصل از آنالیز آماری، حاکی از اختلاف معنی دار (P<0/05) بین نمونه ها داشت. حلالیت پودرها بر حسب ترکیب های متفاوت دیواره بین ۸۹/۱۰-۹۲/۳۰ درصد حاصل شد و با افزایش غلظت حامل، حلالیت پودرها کاهش یافت (شکل ۲). حلالیت پودرهای تولید شده به روش پاششی بر حسب اندازه و شکل ذرات، ماهیت و غلظت حامل و شرایط فرآیند متفاوت است. قابل ذکر است که تشکیل مواد نامحلول طی فرآیند خشک کردن و چسبیدن پودر به دیواره محفظه خشک کن می تواند منجر به کاهش انحلال پذیری پودرها گردد [۳۹]. شکل ۱، مقادیر نم پذیری پودرهای استویا را تحت تاثیر غلظت های مختلف حامل نشان می دهد. زمان نم پذیری پودرها در محدوده ۱۵/۳۹-۲۷/۵۲ ثانیه متغیر بود. این امر به دلیل کاهش محتوای رطوبت پودرها با افزایش غلظت صمغ عربی می باشد. به عبارت دیگر محتوای رطوبتی بالای پودر، منجر به کاهش زمان لازم برای نم پذیری می گردد چرا که آگلومریزاسیون که معمولا در پودرهایی با محتوای رطوبتی بالا رخ می دهد منجر به نفوذ آسان تر آب به خلل و فرج موجود در پودر می گردد [۳۷]. با توجه به شکل ۲، در بین نمونه ها کمترین زمان نم پذیری و بیشترین میزان حلالیت مربوط به

جریان پذیری پودرها می‌باشد. افزایش نسبت حامل، منجر به افزایش اندازه ذرات، کاهش رطوبت و در نتیجه کاهش نیروی اصطکاک و چسبندگی ذرات شده، در نتیجه زاویه ریپوز کاهش و جریان‌پذیری پودرها افزایش می‌یابد [۴۲]. مریرا و همکاران [۴۳]، نیز کاهش زاویه ریپوز و افزایش جریان پذیری پودرهای آسرولا را با افزایش دمای هوای ورودی و غلظت حامل گزارش کردند.

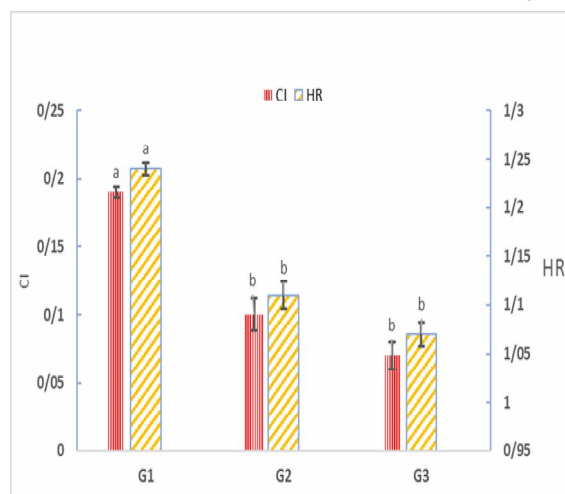


Fig3 powder Hausner ratio, Carr index at various Arabic gum/ stevia extract ratios.

G₁: 10 % (w/v) Arabic gum/ stevia extract, G₂: 20 % (w/v) Arabic gum/ stevia extract, G₃: 30 % (w/v) Arabic gum/ stevia extract

۳-۶- جاذب الرطوبگی

جاذب الرطوبگی، توانایی یک ماده در جذب رطوبت از محیط می‌باشد، به‌طور کلی پودری با جاذب الرطوبگی و محتوای رطوبت پایین و انحلال پذیری بالا از نظر تکنولوژیکی مطلوب می‌باشد [۱۸]. مقدار جاذب الرطوبگی در بین پودرهای عصاره استویا بین ۲۰/۷۵ - ۳۰/۶۶ درصد به دست آمد (جدول ۲). آنالیز داده‌ها نشان داد که افزایش غلظت صمغ عربی منجر به کاهش توانایی پودرها در جذب رطوبت می‌گردد، افزایش غلظت حامل موجب افزایش لایه غیرچسبنده و با جاذب الرطوبگی کم می‌گردد و همچنین صمغ عربی به دلیل وزن ملکولی بالا، توانایی پایینی در جذب رطوبت دارد بنابراین با افزایش غلظت آن، از توانایی جذب رطوبت پودرها کاسته می‌شود. هوساری و همکاران [۱۸]، با بررسی تاثیر نوع حامل را بر ویژگی‌های فیزیکی پودر خشک شده تمر هندی به روش پاششی، گزارش کردند که جاذب الرطوبگی پودرها با افزایش غلظت حامل کاهش می‌یابد و پودرهای حاوی WPC

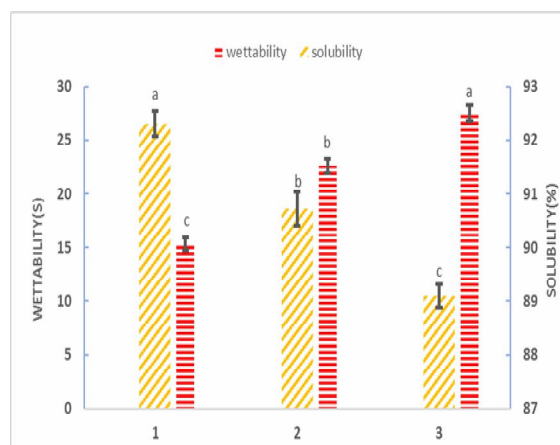


Fig 2 powder solubility and wettability at various Arabic gum/ stevia extract ratios.

G₁: 10 % (w/v) Arabic gum/ stevia extract, G₂: 20 % (w/v) Arabic gum/ stevia extract, G₃: 30 % (w/v) Arabic gum/ stevia extract

۳-۵- شاخص‌های جریان پذیری

نوع و غلظت ماده دیواره با تاثیر بر میزان رطوبت، شکل و اندازه ذرات منجر به تغییر در جریان‌پذیری پودرها می‌گردد. شاخص تراکم‌پذیری، نسبت هاسنر و زاویه ریپوز پارامترهای مهم در اندازه‌گیری جریان پذیری پودرها می‌باشند، مقدار بالای آنها نشان از تراکم‌پذیری و پیوستگی بالای پودرها و پایین بودن جریان پذیری آنها می‌باشد. در بین پودرهای عصاره استویا نسبت هاسنر و شاخص تراکم‌پذیری به ترتیب بین ۱/۰۷ - ۱/۲۴ و ۰/۱۹ - ۰/۰۷ متغیر بود. در این پژوهش، با افزایش غلظت صمغ عربی، نسبت هاسنر و اندیس فشردگی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت که حاکی از تراکم پذیری و چسبندگی پایین پودرها و جریان پذیری بالای آنها می‌باشد (شکل ۳). درواقع افزایش غلظت صمغ عربی منجر به افزایش اندازه ذرات و تخلخل بیشتر شده که افزایش جریان پذیری پودرها را در پی داشت [۲۶]. از سوی دیگر افزایش غلظت صمغ عربی باعث کاهش میزان جذب رطوبت پودرها گشته که این امر نیز افزایش جریان پذیری پودرها را در پی دارد [۴۰]. این مشاهدات در تطابق با نتایج تحقیقات جیانپونگ و همکاران [۲۳]، کوخ و همکاران [۴۱]، سرابندی و همکاران [۱۹]، که به- ترتیب خشک کردن شیر سویا، کنسانتره شیر و کنسانتره آب آلبالو را به وسیله پاششی انجام دادند می‌باشد.

همچنین زاویه استاتیک ریپوز در بین تیمارهای تولید شده بین ۳۴/۸۶ - ۴۵/۶۱ درجه متغیر بود، با افزایش نسبت حامل، زاویه ریپوز به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت، که نشانگر افزایش

حالی که با افزایش نسبت حامل از ۱۰ به ۳۰ درصد، شاخص b^* ، پودرها کاهش یافت که نشان از کاهش تمایل رنگ پودرها به سمت رنگ زرد می‌باشد. Chroma، شدت یا اشباعیت رنگ را نشان می‌دهد [۴۶]. شاخص‌های Hue و Chroma نیز در پودرهای تولیدی با افزایش غلظت صمغ عربی کاهش یافتند. سرابندی و همکاران [۱۹]، با خشک کردن پاششی آب آلبالو با ترکیب‌های مختلفی از مالتودکستری، صمغ عربی و WPC به‌عنوان ماده‌ی دیواره، گزارش کردند که نوع حامل تأثیری در شاخص روشنایی نداشت و شاخص a^* پودرها با افزایش غلظت صمغ عربی و WPC کاهش یافت. به‌طور کلی، رنگ نهایی پودر، تحت تأثیر رنگ ماده خام اولیه، نوع و غلظت حامل می‌باشد.

(کنسانتره پروتئین آب پنیر) دارای جاذب الرطوبگی پایین‌تری بودند. تانن و همکاران [۲۴]، کای و کرک [۴۴]، به ترتیب با خشک کردن پالپ آکایی و آمارانت به‌روش پاششی نیز به نتایج مشابهی دست یافتند.

۳-۷- رنگ سنجی

رنگ، از مهم‌ترین خصوصیات کیفی مواد غذایی است که نقش مهمی در بازار پسندی محصول دارد. جدول ۳، ویژگی‌های رنگی پودرهای استویا را تحت تأثیر نسبت‌های مختلف صمغ عربی نشان می‌دهد. در بین نمونه‌ها کمترین میزان روشنایی (L^*) مربوط به نمونه G_1 بود. شاخص a^* پودرها با افزایش غلظت حامل، افزایش یافت، این امر به‌دلیل ماهیت اولیه و رنگ صمغ عربی می‌باشد [۴۵]. افزایش a^* نشان از افزایش رنگ قرمز پودرها و کاهش رنگ سبز در آنها می‌باشد. در

Table 3 color characterization of spray dried stevia extracts.

treatment	L^*	a^*	b^*	Hue	Chroma
G_1	75/50±0/57 ^b	0/68±0/033 ^c	44/60±0/68 ^a	89/29±0/52 ^a	44/64±0/62 ^a
G_2	53/49±0/62 ^a	1/50±0/1 ^b	43/57±0/62 ^{ab}	88/17±0/41 ^b	43/75±0/49 ^a
G_3	53/45±0/49 ^a	1/76±0/037 ^a	42/60±1/10 ^b	87/62±0/50 ^b	42/28±0/54 ^b

Different letters in the same column indicate significant difference among samples $P < 0.05$

G_1 : 10 % (w/v) Arabic gum/ stevia extract, G_2 : 20 % (w/v) Arabic gum/ stevia extract,

G_3 : 30 % (w/v) Arabic gum/ stevia extract

منجر به تولید پودر با ذرات درشت‌تر می‌گردد. این امر همچنین موجب افزایش ویسکوزیته خوراک و ضخامت فیلم تشکیل شده در اطراف ذرات می‌گردد. در این شرایط، سرعت خروج رطوبت کندتر و با طولانی‌تر شدن سرعت تشکیل فیلم، همانطور که در شکل ۴، دیده می‌شود، ذراتی با چروکیدگی سطحی بیشتر و اشکال نامنظم تولید می‌شوند [۳۵].

۳-۸- میکروساختار پودرهای عصاره استویا

با استفاده از تصاویر حاصل از میکروسکوپ الکترونی، می‌توان ویژگی‌های سطحی ذرات و اثر نوع ترکیب دیواره را به طور دقیقی بررسی نمود. تصاویر حاصل نشان دادند که با افزایش غلظت صمغ عربی به‌عنوان حامل، ذرات بزرگ‌تری تولید شده است، چرا که با افزایش غلظت صمغ، ویسکوزیته خوراک افزایش یافته و ذرات درشت‌تری متمیز می‌شوند و در نهایت

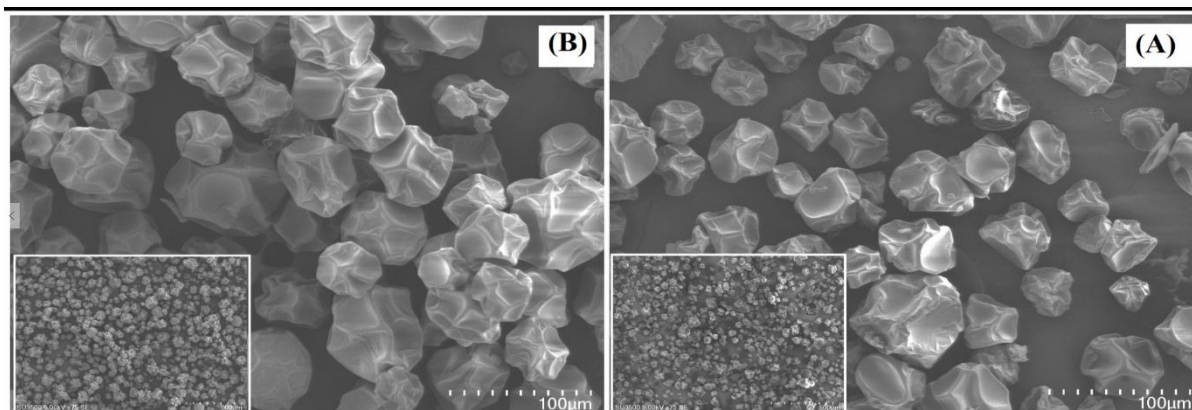


Fig 4 Scanning electron micrographs of spray dried stevia extract produced at various Arabic gum/stevia extracts ratios. (A: 10/90 – B: 30/70).

۳-۹- میزان رطوبت ژله

در این پژوهش با افزایش میزان جایگزینی استویا رطوبت ژله-ها به میزان قابل توجهی افزایش یافت ($p < 0.05$). بیشترین و کمترین میزان رطوبت به ترتیب مربوط به نمونه‌های O و شاهد بود (جدول ۴). این امر به این دلیل است که با افزایش میزان استویا و کاهش میزان شکر موجود در فرمولاسیون، بریکس نمونه‌ها به میزان زیادی کاهش یافته و افزایش میزان آب موجود

در نمونه‌ها را در پی دارد؛ از طرف دیگر صمغ عربی دارای خاصیت به دام اندازی آب در ماتریکس خود می‌باشد بنابراین با افزایش نسبت آن، آب بیشتری را در ماتریکس خود نگه می‌دارد و در نتیجه میزان رطوبت موجود در نمونه‌ها افزایش می‌یابد، که در این پژوهش نیز بیشترین میزان رطوبت مربوط به تیمار O بود که با پودر G (نسبت ۳۰:۷۰ حامل به عصاره) تولید شده بود.

Table 4 Effect of different level of sugar replacement with stevia on the physicochemical properties of jelly samples.

	Moisture	syneresis	Brix	pH	Acidity
control	80/91±0/28 ⁱ	0/23±0/01 ^f	8/33±0/08 ^a	5/61±0/07 ^a	0/37±0/03 ^h
A	85/76±0/34 ^h	0/20±0/01 ^g	6/53±0/09 ^b	5/12±0/11 ^c	0/64±0/01 ^b
B	86/85±0/25 ^g	0/24±0/01 ^f	5/83±0/14 ^c	4/51±0/02 ^{ef}	0/67±0/01 ^{ab}
C	89/80±0/26 ^{de}	0/26±0/01 ^f	5/27±0/09 ^d	4/38±0/04 ^f	0/69±0/01 ^a
D	87/78±0/30 ^f	0/29±0/01 ^e	5/33±0/09 ^d	5/26±0/09 ^{bc}	0/50±0/01 ^e
E	90/41±0/37 ^d	0/32±0/01 ^d	5/0±0/06 ^e	4/81±0/02 ^d	0/55±0/01 ^d
F	92/47±0/14 ^b	0/37±0/01 ^c	4/93±0/09 ^{ef}	4/44±0/08 ^f	0/60±0/01 ^c
G	89/27±0/24 ^e	0/42±0/01 ^b	4/70±0/06 ^{fg}	5/33±0/06 ^b	0/40±0/01 ^{gh}
H	91/25±0/26 ^c	0/46±0/01 ^a	4/53±0/03 ^g	4/65±0/03 ^{de}	0/42±0/01 ^g
O	93/78±0/19 ^a	0/48±0/01 ^a	4/27±0/03 ^h	4/44±0/02 ^f	0/46±0/01 ^f

Different letters in the same column indicate significant difference among samples $P < 0.05$

کاهش بریکس تیمارهای موجود با افزایش میزان جایگزینی شکر می‌باشد. با کاهش میزان شکر، مواد جامد محلول کاهش یافته و در نتیجه منجر به کاهش بریکس می‌گردد. همچنین با توجه به شکل ۲، با افزایش میزان صمغ به عنوان حامل در تولید پودرهای عصاره استویا، حلالیت پودرها کاهش یافته بنابراین میزان مواد محلول در آب کاهش یافته و کاهش بریکس را در پی دارد، در تصدیق این امر، بین تیمارهای تولیدی، بیشترین کمترین بریکس به ترتیب مربوط به نمونه A (حاصل از پودر با انحلال پذیری بیشتر) و نمونه O (حاصل از پودر با انحلال پذیری کمتر) می‌باشد. این نتایج در تطابق با یافته‌های هاشمی و همکاران [۷]، همایونی راد و همکاران [۴۷]، علیزاده و همکاران [۴۸] می‌باشد.

۳-۱۲- اسیدیته و pH

با توجه به جدول ۴، افزایش میزان استویا به میزان قابل توجهی، منجر به افزایش اسیدیته و کاهش pH، نمونه‌ها گردید. میزان اسیدیته و pH نمونه‌ها بین ۰/۴۶ - ۰/۶۴ (درصد وزنی بر حسب اسید سیتریک) و ۴/۴۴ - ۵/۱۲ و در محدوده-

۳-۱۰- سینرسیس

مقدار سینرسیس نمونه‌ها، نشان از تفاوت قابل توجهی بین نمونه شاهد و تیمارهای حاصل از پودرهای G₂ و G₃ (تیمار-های D-O) بود اما تفاوت معنی‌داری با تیمارهای حاصل از پودر G₁ (تیمارهای A, B, C) مشاهده نشد. با توجه به جدول ۲، کمترین میزان جاذب الرطوبگی مربوط به تیمار G₃ می‌باشد و بیشترین میزان سینرسیس نیز مربوط به نمونه O (حاوی بیشترین میزان پودر G₃)، می‌باشد. افزایش میزان جایگزینی استویا، منجر به کاهش بریکس نمونه‌ها و افزایش میزان آب میان بافتی آنها می‌گردد بنابراین میزان سینرسیس افزایش می‌یابد. از طرف دیگر با افزایش میزان صمغ عربی در پودرهای خشک شده به روش پاششی، میزان جاذب الرطوبگی آنها کم می‌شود و آب بیشتری در محصول به صورت آزاد باقی می‌ماند که این امر نیز منجر به افزایش سینرسیس ژله می‌گردد.

۳-۱۱- بریکس

به طور کلی بریکس، بیانگر میزان ماده جامد محلول موجود در محصول می‌باشد. نتایج ارائه شده در جدول ۴، نشان دهنده‌ی

می باشد، که منجر به افزایش آب آزاد، کاهش بریکس و در نتیجه کاهش استحکام بافت ژله‌ها می‌گردد.

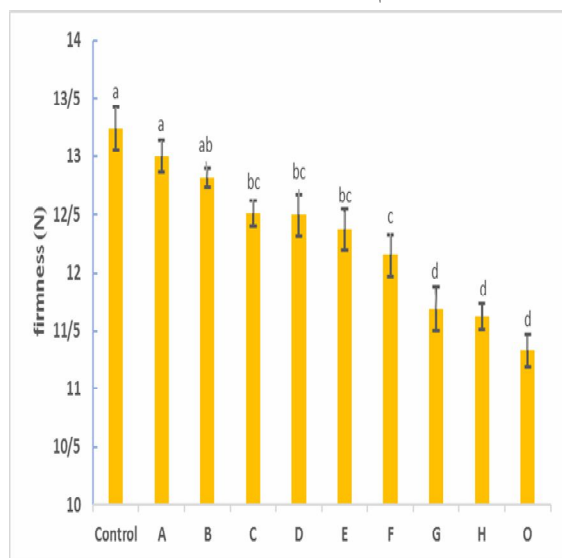


Fig 5 Effect of different levels of sugar replacement with stevia on the firmness of jelly texture

۱۴-۳- آزمون‌های حسی - چشایی

با توجه به نتایج ارزیابی حسی نمونه‌ها (جدول ۵)، از نظر ارزیاب‌ها، تنها تیمارهای H و O، به‌طور قابل ملاحظه‌ای شیرینی کمتری نسبت به سایر نمونه‌ها داشتند؛ نمونه‌های C، F، H و O به‌میزان چشمگیری تلخ‌تر از سایر نمونه‌ها بودند چرا که با افزایش میزان استویا تلخی بیشتر می‌گردد. نمونه‌های حاصل از پودر G_3 ، دارای بافت سستی بودند، اما سایر نمونه‌ها با نمونه شاهد تفاوتی نداشتند. میزان پذیرش نمونه‌های A، B و D با نمونه‌ی شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت در حالیکه سایر نمونه‌ها از نظر ارزیاب‌ها از مقبولیت کمتری برخوردار بودند.

ی استاندارد ژله بود. نمونه‌های حاصل از پودر G_3 ، دارای اسیدیته بیشتر و pH کمتری نسبت به نمونه‌های حاصل از پودرهای G_1 و G_2 ، می‌باشند. هاشمی و همکاران [۷]، اردالی و همکاران [۴۹]، کاهش میزان pH، را با افزایش درصد قند استویا در تولید شربت زعفران و آب پرتقال گزارش کردند. در حالی‌که علیزاده و همکاران [۴۸]، بیان کردند که افزایش میزان استویا در تولید نوشیدنی شیر میوه‌ای اثر قابل توجهی بر pH نداشت. بنابراین در این تحقیق وجود تفاوت در مقدار pH محصولات تولید شده را می‌توان به غلظت استویای مورد استفاده نسبت داد.

۱۳-۳- قدرت و استحکام ژل

بافت و استحکام ژله از مهم‌ترین ویژگی‌های آن می‌باشد که نقش به‌سزایی در بارارپسندی محصول دارد. در این پژوهش قدرت ژل با استفاده از دستگاه بافت سنج (TA-XT Plus, Stable Micro systems Ltd., Surrey, UK) تعیین گردید. آنالیز نتایج نشان داد که با کاهش میزان شکر، از قدرت ژله‌ها به میزان قابل ملاحظه‌ای کاسته شد. به‌طوری‌که بیشترین و کمترین قدرت ژله مربوط به نمونه شاهد و تیمار O بود. شکر نقش به‌سزایی در ایجاد شبکه ژل و استحکام بافت آن‌ها دارد و با کاهش آن میزان بریکس نمونه‌ها کاهش و رطوبت آنها افزایش می‌یابد، در نتیجه بافت سست‌تری ایجاد می‌گردد. نمونه‌های حاصل از پودر G_1 ، با نمونه شاهد تفاوت معنی‌داری نداشتند اما استحکام بافت آنها به‌میزان قابل توجهی بیشتر از نمونه‌های حاصل از پودر G_3 بود. این امر نیز ناشی از کاهش جاذب الرطوبگی پودرهای حاصل با افزایش میزان صمغ عربی

Table 5 Sensory evaluation of Aloe Vera jelly samples.

	sweetness	Bitterness	Texture	Overall acceptability
Control	4/5±0/29 ^a	1/25±0/25 ^b	4/5±0/29 ^a	4/75±0/25 ^a
A	4±0/ 41 ^{ab}	1/5±0/29 ^b	4/5±0/ 48 ^a	4±0/41 ^a
B	3/5±0/29 ^{ab}	2/75±0/48 ^a	4/25±0/ 29 ^a	4±0/41 ^a
C	3/25±0/ 48 ^{abc}	3±0/ 41 ^a	3/25±0/25 ^{bc}	2/75±0/48 ^b
D	4±0/ 41 ^{ab}	1/5±0/29 ^b	3/75±0/25 ^{ab}	4±0/41 ^a
E	3/5±0/29 ^{ab}	2/75±0/48 ^a	2/75±0/25 ^{cd}	2/75±0/48 ^b
F	3±0/ 41 ^{bc}	3/5±0/29 ^a	2/25±0/25 ^{de}	2/5±0/29 ^{bc}
G	3/25±0/ 48 ^{abc}	1/5±0/29 ^b	2/75±0/25 ^{cd}	2/5±0/29 ^{bc}
H	2±0/41 ^{cd}	3±0/41 ^a	2/25±0/25 ^{de}	2/5±0/29 ^{bc}
O	48 ^d / 0±75/1	25 ^a /0±75/3	29 ^e /0±5/1	29 ^e /0 ±5/1

Different letters in the same column indicate significant difference among samples $P < 0.05$

۴- نتیجه گیری

در این پژوهش اثر نسبت‌های مختلف صمغ عربی به عنوان حامل در خشک کردن پاششی عصاره استویا با هدف افزایش بازده تولید بررسی شد. نتایج نشان دادند که افزایش غلظت صمغ منجر به کاهش حلالیت، رطوبت، فعالیت آبی و دانسیته واقعی پودرها گردید، هم چنین از توانایی ن‌پذیری و جاذب-الرطوبگی آن‌ها کاست در حالی که منجر به افزایش جریان-پذیری پودرها گشت. در بین پودرهای تولیدی بیشترین بازده مربوط به تیمار ۱۰ درصد صمغ عربی بود که نشان می‌دهد افزایش غلظت صمغ عربی منجر به کاهش بازده تولید می‌گردد بنابراین غلظت‌های بیشتر صمغ از نظر اقتصادی مناسب نمی‌باشد. نتایج میکروسکوپ الکترونی نشان دادند که افزایش نسبت حامل به دلیل ممانعت از خروج رطوبت منجر به تولید پودر با سطح چروکیده‌تر می‌گردد. بنابراین بهترین خصوصیات فیزیکوشیمیایی و بازده تولید در نسبت وزنی حامل به عصاره ۱۰:۹۰ حصول گردید. بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی نمونه‌های ژله تولیدی نشان داد که جایگزینی شکر با استویا منجر به افزایش رطوبت، سینرسیس و اسیدیته نمونه‌های ژله گردید. در حالیکه بریکس و قدرت ژل نمونه‌ها کاهش یافت. ارزیابی حسی نمونه‌ها بیانگر این بود که نمونه‌های A، D و B که به ترتیب حاوی ۰/۲۵، ۰/۲۵ و ۰/۵۰ درصد استویا بودند از نظر مصرف کنندگان تفاوت قابل توجهی با نمونه شاهد نداشتند. بنابراین استفاده از پودرهای حاصل از خشک کردن پاششی راهکاری مناسب برای کاهش میزان شکر با استفاده از شیرین کننده طبیعی استویا و تولید محصولی کم کالری و سلامتی بخش می‌باشد و می‌توان از پودرهای تولیدی به عنوان جایگزین شکر در صنایع قنادی و تولید نوشیدنی استفاده کرد.

منابع

- Duffy, V. B., Anderson, G. H. (1998). Position of the American Dietetic Association: use of nutritive and non-nutritive sweeteners. *Journal of the American Dietetic Association*, 98(5), 580-587.
- Holm, K., Wendin, K., Hermansson, A.M. (2009). Sweetness and texture perceptions in structured gelatin gels with embedded sugar rich domains. *Journal of Food Hydrocolloids*, 23 (8): 2388-2393.
- Hosseini Nejad, M, Mohtashami, M, Kamali, S, Elahi, M. (2014) Optimization of low calorie fruit jelly powder formulation using sucralose and isomalt sweeteners. *Quarterly journal of research and innovation in food science and technology*. 4 (10), 65-74.
- Nourmohammadi E , Peighambardoust H, Olad Ghaffari A. (2012) Feasibility study of low-calorie cake preparation with erythritol and oligo-fructose. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*. 7 (1). 85 -92.
- Bitaraf, S., Abbasi, S., Hamidi, Z. (2013). Production of low-energy prebiotic dark chocolate using inulin, polydextrose, and maltodextrin. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 8(1), 49-62.
- Yusefi asl, M, Goli, M, Kadivar, M. (2011). Optimization of Low-Calorie Jam Production Using Sweetener Stevia. *Journal of food research*. 22 (2). 156-164.
- Hashemi, N, Rabieh, H, TavakoliPoor, H, Gasrani, s. (2014). Effect of Stevia as a substitute for sugar on Physicochemical, Rheological and Sensory Characteristics of Saffron Dietary Syrup. *Saffron agronomy and technology*. 4 (20). 303-313.
- Giri, A., Rao, H. R., & Ramesh, V. (2014). Effect of partial replacement of sugar with stevia on the quality of kulfi. *Journal of food science and technology*, 51(8), 1612-1616.
- Pasha, I., Butt, S., Anjum, F. M., Shehzadi, N. (2002). Effect of dietetic sweeteners on the quality of cookies. *Analysis*, 8(60), 20.
- Crammar B, Ikan R. (1987). Progress in the chemistry and properties of the rebaudiosides. Int: Developments in sweeteners, Grenby TH (Ed). *Elsevier Applied Science London; UK*, 45-6.
- Talei N, Hamid Oghli, Y, Rabie B. (2009). Study of time and density of stevia plant in Gilan province. *National chemical plants*.
- Kinghorn AD, Soejarto NPD, Nanayakkara CM. (1984). A phytochemical screening procedure for sweet entkaurene glycosides in the genus Stevia. *J Nat Prod* 47(3):439-444.
- Soejarto DD, Douglas K, Farnsworth NR. (1982). Potential sweetening agents of plant origin—III. Organoleptic evaluation of Stevia leaf herbarium samples for sweetness. *J Nat Prod* 45(5):590-599.

- transition behavior of spray dried orange juice powder measured by differential scanning calorimetry (DSC) and thermal mechanical compression test (TMCT). *International Journal of Food Properties*, 10(3), 661-673.
- 23- Jinapong, N., Supphantharika, M., Jamnong, P. (2008). Production of instant soymilk powders by ultrafiltration, spray drying and fluidized bed agglomeration. *Journal of Food Engineering*, 84(2), 194-205.
 - 24- Tonon, R. V., Brabet, C., Hubinger, M. D. (2008). Influence of process conditions on the physicochemical properties of açai (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced by spray drying. *Journal of Food Engineering*, 88(3), 411-418.
 - 25- Cano-Chauca, M., Stringheta, P. C., Ramos, A. M., Cal-Vidal, J. (2005). Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 6(4), 420-428.
 - 26- Fuchs, M., Turchiuli, C., Bohin, M., Cuvelier, M. E., Ordonnaud, C., Peyrat-Maillard, M. N., Dumoulin, E. (2006). Encapsulation of oil in powder using spray drying and fluidized bed agglomeration. *Journal of Food Engineering*, 75(1), 27-35.
 - 27- Santhalakshmy, S., Bosco, S. J. D., Francis, S., Sabeena, M. (2015). Effect of inlet temperature on physicochemical properties of spray-dried jamun fruit juice powder. *Powder Technology*, 274, 37-43.
 - 28- Vega-Gálvez, A., Uribe, E., Perez, M., Tabilo-Munizaga, G., Vergara, J., Garcia-Segovia, P., Di Scala, K. (2011). Effect of high hydrostatic pressure pretreatment on drying kinetics, antioxidant activity, firmness and microstructure of Aloe Vera (*Aloe barbadensis* Miller) gel. *LWT-Food Science and Technology*, 44(2), 384-391.
 - 29- Sahan, N., Yasar, K., Hayaloglu, A.A. (2008). Physical, chemical and flavor quality of non-fat yogurt as affected by a β -glucan hydrocolloidal composite during storage. *Journal of Food Hydrocolloids*, 22: 1291-1297
 - 30- Peng, Z., Regenstien, J.M. (2007). Comparison of water gel desserts from fish skin and pork gelatin using
 - 14- Kaushik, R., Pradeep, N., Vamshi, V., Geetha, M., Usha, A. (2010). Nutrient composition of cultivated stevia leaves and the influence of polyphenols and plant pigments on sensory and antioxidant properties of leaf extracts. *Journal of Food Science Technology*, 47(1):27-33.
 - 15- Frascareli, E.C., Silvaa, V.M., Tonon, R.V., Hubinger, M.D., (2012). Effect of process conditions on the microencapsulation of coffee oil by spray drying. *Food and bio products processing*, 90(3), 413-424.
 - 16- Cabral, A. C. S., Said, S., Oliveira, W. P. (2009). Retention of the enzymatic activity and product properties during spray drying of pineapple stem extract in presence of maltodextrin. *International Journal of Food Properties*, 12(3), 536-548.
 - 17- Sarabandi, KH., Sadeghi Mahoonak, A.R. (2016). The effect of inlet air temperature and the amount of maltodextrin on physicochemical properties of spray dried date palm syrup. *Innovative Food Technologies*. Accepted manuscript
 - 18- Bhusari, S. N., Muzaffar, K., Kumar, P. (2014). Effect of carrier agents on physical and microstructural properties of spray dried tamarind pulp powder. *Powder Technology*, 266, 354- 364.
 - 19- Sarabandi, K., Peighambaroust, S. H., Mahoonak, A. S., Samaei, S. P. (2017). Effect of carrier types and compositions on the production yield, microstructure and physical characteristics of spray dried sour cherry juice concentrate. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11(4), 1602-1612.
 - 20- de Barros Fernandes, R. V., Borges, S. V., Botrel, D. A. (2014). Gum Arabic/starch/maltodextrin /inulin as wall materials on the microencapsulation of rosemary essential oil. *Carbohydrate polymers*, 101, 524-532
 - 21- Botrel, D. A., de Barros Fernandes, R. V., Borges, S. V., Yoshida, M. I. (2014). Influence of wall matrix systems on the properties of spray-dried microparticles containing fish oil. *Food Research International*, 62, 344-352.
 - 22- Shrestha, A. K., Ua-Arak, T., Adhikari, B. P., Howes, T., Bhandari, B. R. (2007). Glass

- pulp using response surface methodology. *Powder Technology*, 279, 179-184.
- 41- Keogh, K., Murray, C., Kelly, J., O'Kennedy, B. (2004). Effect of the particle size of spray-dried milk powder on some properties of chocolate. *Le Lait*, 84(4), 375-384.
 - 42- Lumay, G., Boschini, F., Traina, K., Bontempi, S., Remy, J. C., Cloots, R., Vandewalle, N. (2012). Measuring the flowing properties of powders and grains. *Powder Technology*, 224, 19-27.
 - 43- Moreira, G. E. G., Costa, M. G. M., de Souza, A. C. R., de Brito, E. S., de Medeiros, M. D. F. D., & de Azeredo, H. M. (2009). Physical properties of spray dried acerola pomace extract as affected by temperature and drying aids. *LWT-Food Science and Technology*, 42(2), 641-645.
 - 44- Cai, Y. Z., Corke, H. (2000). Production and Properties of Spray-dried *Amaranthus* Betacyanin Pigments. *Journal of food science*, 65(7), 1248-1252.
 - 45- Daza, L. D., Fujita, A., Fávaro-Trindade, C. S., Rodrigues-Ract, J. N., Granato, D., & Genovese, M. I. (2016). Effect of spray drying conditions on the physical properties of Cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) fruit extracts. *Food and Bioprocess Technology*, 97, 20-29.
 - 46- Deziani, A., jafari, S. M., Ziaieifar, A., Ghorbani, M., Sadeghi mahoonak, A. (2016). Optimization of spray drying process of tomato paste using response surface method. *Journal of Food Science and Technology*. (14) 72. 47-65.
 - 47- Rad, A. H., Delshadian, Z., Arefhosseini, S. R., Alipour, B., Jafarabadi, M. A. (2012). Effect of inulin and stevia on some physical properties of chocolate milk. *Health promotion perspectives*, 2(1), 42.
 - 48- Alizadeh, M., Azizi-lalabadi, M., Hojatan-sari, H., Kheirouri, S. (2014). Effect of Stevia as a substitute for sugar on physicochemical and sensory properties of fruit based milk shake. *Journal of scientific research and reports*, 3(11), 1421-1429
 - 49- Ardali, F. R., Alipour, M., Taheri, S., Amiri, S. (2014). Replacing sugar by Rebaudioside A in orange drink and produce a new drink. *Indian Journal of Research in Pharmacy and Biotechnology*, 2(2), 1131.
 - instrumental measurements. *Journal of Food Science*, 72 (4):197-201.
 - 31-Goula, A. M., Adamopoulos, K. G. (2005). Spray drying of tomato pulp in dehumidified air: II. The effect on powder properties. *Journal of Food Engineering*, 66(1), 35-42
 - 32- Papadakis, S. E., Gardeli, C., Tzia, C. (2006). Spray drying of raisin juice concentrate. *Drying Technology*, 24(2), 173-180.
 - 33- Abadio, F. D. B., Domingues, A. M., Borges, S. V., Oliveira, V. M. (2004). Physical properties of powdered pineapple (*Ananas comosus*) juice—effect of malt dextrin concentration and atomization speed. *Journal of Food Engineering*, 64(3), 285-287.
 - 34- Grabowski, J. A., Truong, V. D., Daubert, C. R. (2006). Spray-Drying of Amylase Hydrolyzed Sweet potato Puree and Physicochemical Properties of Powder. *Journal of food science*, 71(5).
 - 35-Sarabandi, KH, Sadeghi Mahoonak, A.R. (2018). Influence of spray drying on the physicochemical, functional and microstructural properties of date palm syrup powder. *Journal of food science and technology*. 74 (15), 155- 168.
 - 36- Buffo, R. A., Probst, K., Zehentbauer, G., Luo, Z., Reineccius, G. A. (2002). Effects of agglomeration on the properties of spray-dried encapsulated flavors. *Flavour and Fragrance Journal*, 17, 292–299.
 - 37- 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.
 - 38- Yousefi, S., Emam-Djomeh, Z., Mousavi, S. M. (2011). Effect of carrier type and spray drying on the physicochemical properties of powdered and reconstituted pomegranate juice (*Punica Granatum* L.). *Journal of food science and technology*, 48(6), 677-684.
 - 39- El-Samahy, S. K., El-Hady, E. A., Habiba, R. A., Moussa-Ayoub, T. E. (2007). Some functional, chemical, and sensory characteristics of cactus pear rice-based extrudates. *J PACD*, 9, 136-147.
 - 40- Muzaffar, K., Kumar, P. (2015). Parameter optimization for spray drying of tamarind

Evaluation of physicochemical characteristics of spray dried stevia extract and its application as a substitute for sugar in the production of Aloe Vera jelly

Kaveh, Sh.¹ Sadeghi Mahoonak, A.^{2*}, Sarabandi, Kh.³, Graeely, Z.⁴,
Ghasemnezhad, A.⁵

1. M.Sc. Student, Faculty of Food Science & Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
2. Associate Professor, Faculty of Food Science & Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
3. Ph.D, Faculty of Food Science & Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
4. M.Sc. of Food Science & Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
5. Associate Professor, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

(Received: 2018/01/07 Accepted:2018/05/21)

The purpose of this study was to evaluate the influence of Arabic gum concentration on production yield, physicochemical and morphological properties of spray dried stevia extract. Also, the effect of stevia powders replacement with sucrose on physicochemical, textural and sensory properties of Aloe Vera jelly was investigated. The spray drying process using Arabic gum was carried out at concentrations of 10, 20 and 30% (w/v). Then, 25, 50 and 75% of sucrose in the formulation of Aloe Vera jelly was replaced with 0.25, 0.50 and 0.75% of stevia powders. The results revealed that the maximum yield of powder (47.73%) has been obtained at 10:90 Arabic gum to extract ratio. The amount of moisture, water activity and hygroscopicity of powders decreased with increasing the carrier ratio. Other properties such as bulk density, particle density and true density, solubility and wettability of powders also decreased with increasing the carrier ratio. These properties were varied in the range of 0.39-0.46 g / ml, 0.42-0.57 g / ml, 1.42- 1.55g / ml, 89.10-92.30%, and 15.39- 27.52 s. Also, flow ability behavior of samples improved by increasing the carrier ratios. According to the results of scanning electron microscopy, the increasing of carrier concentration also led to the production of larger particles with wrinkled surface and irregular shapes. Evaluation of the physicochemical properties of the jelly samples revealed that by increasing the stevia concentration, the moisture content, syneresis and acidity of samples increased, while the brix, gel strength and pH decreased. Treatments containing 0.25% and 0.50% of 10% Stevia powder and treatment containing 0.25% of 20% Stevia Powder, showed higher acceptability regarding sensory characteristics and did not show significant differences with the control sample.

Key words: Spray dryer, Arabic gum, Stevia, Natural sweetener, Aloe Vera gel

*Corresponding Author Email Address: sadeghiaz@ gau.ac.ir