

بررسی خصوصیات فیزیکی ریزکپسول های عصاره تمشک سیاه وحشی تهیه شده با روش خشک کن پاششی

محمد کورشیان¹، اکرم شریفی^{2*}، الهام مهدیان¹، شادی بلوریان³

¹ دانش آموخته علوم و صنایع غذایی، واحد قوچان، دانشگاه آزاد اسلامی، قوچان، ایران

² گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده مهندسی صنایع و مکانیک، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران.

³ استاد یار گروه پژوهشی افزودنی های غذایی پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی، جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: 93/3/17

تاریخ پذیرش: 93/10/22

چکیده

هدف از این تحقیق ریزپوشانی عصاره تهیه شده از تمشک بوسیله خشک کن پاششی و با استفاده از نسبت های متفاوت مالتودکسترین و صمغ عربی به عنوان عامل پوشش دهنده بود. نوع ماده دیواره و دمای هوای ورودی در دو سطح 140 و 160 درجه سانتیگراد بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی پودر تولید شده شامل درصد رطوبت، حلالیت، فعالیت آبی، دانسیته توده، مقدار آنتوسیانین کل و سطحی، اندازه ذرات و شاخص بس پاشیدگی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد پودرهای تولید شده در دمای 160 درجه سانتی گراد میزان آنتوسیانین بالاتری در مقایسه با پودرهای تولید شده در دمای 140 درجه دارند و در نمونه 6 با نسبت 50 به 50 مالتودکسترین به صمغ عربی در دمای 160 درجه سانتی گراد بالاترین مقدار آنتوسیانین مشاهده شد. ترکیب مواد پوشش دهنده با نسبت های 50 به 50 مالتو دکسترین به صمغ عربی بهترین نوع ریز پوشانی را در رابطه با میزان حلالیت در مقایسه با انواع دیگر نسبت های صمغ عربی و مالتو دکسترین ایجاد کرد. خشک کردن محصول در دمای 140 درجه سانتی گراد سبب افزایش شاخص بس پاشیدگی نسبت به دمای 160 درجه شد و بیشترین راندمان تولید پودر 58/53 درصد و مربوط به نمونه ی تولید شده در دمای 140 درجه درجه سانتی گراد و نسبت مالتودکسترین به صمغ عربی 75 به 25 بود.

واژه های کلیدی: ریزپوشانی، عصاره تمشک، خشک کردن پاششی، مالتودکسترین، صمغ عربی

1- مقدمه

تمشک بعنوان یک میوه حاوی اسیدالائیک، از آسیب‌های ناخواسته به غشاهای سلول و دیگر ساختارها در بدن با خنثی کردن رادیکالهای آزاد، جلوگیری می‌کند. اسیدالائیک تنها ماده مغذی گیاهی موجود در تمشک نیست، فلاونوئید نیز از دیگر ترکیبات موجود در تمشک است. ترکیبات آنتوسیانینی تمشک، خاصیت آنتی‌اکسیدانی منحصر به فرد و همچنین خاصیت ضد میکروبی از قبیل قابلیت جلوگیری از رشد بیش از حد یک باکتری و قارچ در بدن را نیز دارد. تمشک میوای شبیه شاتوت و توت فرنگی است و آنتوسیانین‌های مختلف رنگدانه اصلی تمشک را تشکیل می‌دهند. در کنار خصوصیات رنگ دهنده گی، آنتوسیانین‌ها اثر درمانی نیز دارند آنتوسیانین‌ها به عنوان آنتی‌اکسیدان، ضد عفونت، مقاوم به اشعه، مقاوم به مواد شیمیایی، جلوگیری از اکسیداسیون کلسترول LDL و همچنین کاهش ریسک بیماریهای قلبی و عروقی شناخته شده اند. علاوه بر این از آنتوسیانین‌ها می‌توان به عنوان یک رنگ سلامت بخش و طبیعی به جای رنگ‌های زیانبار شیمیایی در مواد غذایی استفاده کرد و در راستای نیل به این هدف باید کاربرد روش‌هایی برای استخراج و نگهداری آنتوسیانین‌ها با کمترین تخریب در این ترکیبات ارزشمند مورد بررسی قرار گیرد (7).

آنتوسیانین‌ها ممکن است با یکدیگر یا با اسیدهای آمینه و پروتئین‌ها واکنش داده و تولید پلیمرهای قهوه‌ای رنگ بنمایند. حضور برخی فلزات نیز باعث انجام واکنش‌های نامطلوب و تخریب آنتوسیانین‌ها می‌گردد. یکی از راه‌های جلوگیری از تخریب آنتوسیانین‌ها میکروانکپسولاسیون این ترکیبات است. میکروانکپسولاسیون فرایندی است که در آن ذرات ریز و قطرات یک ماده به وسیله مواد مختلف پوشانده می‌شوند تا خصوصیات مفیدی بتوان از آن بدست آورد. یکی از روش‌های انکپسولاسیون استفاده از خشک کن پاششی است (1).

رناته و همکاران¹ در سال 2010 عصاره میوه گرمسیری acai را با انواع پوشش دهنده‌ها از جمله نشاسته تاپوکا، صمغ عربی و مالتو دکسترین (10 و 20=DE) با استفاده از خشک کن افشانه‌ای به پودر تبدیل کردند و سپس فعالیت آنتی‌اکسیدانی و پایداری آنتوسیانین محصول تولیدی را در دوره انبارمانی در دماها و فعالیت آبی مختلف مورد بررسی قرار دادند. نتایج این تحقیق

نشان داد مالتودکسترین (DE=10) بهترین پوشش دهنده از نظر حفاظت از آنتوسیانین‌ها و فعالیت آنتی‌اکسیدانی پودر تولیدی بود. رناته و همکاران (2010) رنگ طبیعی *Justicia Spicigera* را توسط کلونیدهای محافظ با روش خشک کن پاششی ریزپوشانی نمودند. در این مطالعه از دو کلونید صمغ عربی و مالتو دکسترین با نسبت 1:1 استفاده شد و نتایج نشان دادند که فعالیت آبی رنگدانه ریز پوشانی شده توسط مالتودکسترین کمتر از صمغ عربی می‌باشد همچنین محتوی آنتوسیانین کل، تغییر رنگ و تخریب در شرایط نگهداری در کپسول ریزپوشانی شده توسط مالتودکسترین کمتر بود. تانون و همکاران² (2008) ترکیبات فنولی میوه *Cloudberry* را با مواد دیواره مختلف ریز پوشانی نمودند. در این بررسی برای ریز پوشانی از مالتودکسترین با 8 DE= و 18/5 استفاده شد که نتایج نشان داد که مالتودکسترین با 18/5 DE= در مقایسه با مالتودکسترین با 8 DE= عملکرد بالاتر و حفاظت بهتری را از ترکیبات فنولی انجام می‌دهد. فراری و همکاران³ (2013) آنتوسیانین میوه زرشک را توسط خشک کن پاششی ریزپوشانی کردند. در این مطالعه از مالتودکسترین و بتا-سیکلودکسترین برای ریزپوشانی به نسبت 1:5 و 1:6 استفاده شد و نتایج افزایش ثبات در برابر نور، حرارت، عوامل کاهنده، اکسیداسیون و یون‌های فلزی را نشان داد. رزنبرگ و همکاران⁴ (2011) آنتوسیانین و فنولازهای میوه انار را توسط مالتودکسترین و ایزوله پروتئین سویا با روش خشک کردن پاششی ریز پوشانی کردند. با توجه به نتایج به دست آمده مشخص شد که بهترین ثبات برای فنولازها با ایزوله پروتئین سویا و برای آنتوسیانین‌ها مالتودکسترین می‌باشد. هدف از این تحقیق بررسی اثر نوع ماده دیواره جهت ریزپوشانی و دمای ورودی خشک کن بر خصوصیات فیزیکی پودر حاصل از عصاره تمشک سیاه وحشی بود.

2- مواد و روش‌ها

مالتودکسترین با (DE=4-7) از شرکت سیگما آلدردیج⁵ و صمغ عربی، کلرید پتاسیم، اسید کلریدریک، اسید استیک

²Tonon et al³Ferrari et al⁴Rosenberg et al⁵Sigma-Aldrich¹Renata et al

ظروف مخصوص در دمای 20 درجه سانتی گراد دور از نور و رطوبت برای انجام سایر آزمایشات نگهداری شد.

2-3-3-2-آزمونهای ریزکپسول ها

2-3-3-1-اندازه گیری رطوبت

تعیین درصد رطوبت پودر طبق روش ذکر شده در استاندارد AOAC انجام شد.

2-3-3-2-اندازه گیری حلالیت

1 گرم از پودر تولیدی در 100 میلی لیتر آب حل شده و محلول تولیدی به منظور جدا شدن بخشهای نامحلول به مدت 10 دقیقه در دستگاه سانتریفوژ (مدل 2-16p، شرکت سیگما، ساخت آلمان) با سرعت 7500 دور بر دقیقه قرار گرفت سپس 25 میلی لیتر از بخش شفاف بالای لوله آزمایش برداشته شد و به مدت 5 ساعت در اون با دمای 105 درجه سانتی گراد قرار گرفت مقدار حلالیت بر حسب درصد از رابطه زیر محاسبه گردید (11).

$$S = (M_1 - M_2) / 0.25 \times 100$$

در این معادله M_1 ، M_2 ، S به ترتیب وزن ظرف پس از خارج کردن آن از اون وزن خالی ظرف و حلالیت پس از مدت 5 ساعت بود.

2-3-3-3-اندازه گیری فعالیت آبی

فعالیت آبی پودرهای تولید شده با استفاده از دستگاه واتر اکتیویته متر (400, Testo) در دمای 20 درجه سانتی گراد تعیین شد (1).

2-3-3-4-تعیین دانسیته توده

مقدار 5 میلی لیتر از پودر تولیدی در یک استوانه مدرج ریخته شده و وزن آن اندازه گیری شد. اندازه گیری سه بار تکرار شد و مقدار میانگین ثبت گردید. دانسیته توده ای با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (17).

$$p_b = m / V_b$$

که در این رابطه p_b چگالی توده ای و m جرم نمونه و V_b حجم توده ای نمونه می باشد.

واستات سدیم از شرکت مرک¹ آلمان خریداری گردید. همچنین میوه تمشک سیاه وحشی (*Rubus fruticosus*) نیز از روستای کردآباد شهرستان علی آباد کنول استحصال شد و تا زمان مصرف در فریزر در دمای 18- درجه سانتیگراد نگهداری شد.

2-1-1-آماده سازی نمونه

به منظور گرفتن آب از تمشک از دستگاه آبمیوه گیری پرسی دستی استفاده شد تا در هنگام آبگیری آسیبی به دانه ها آن وارد نیاید و ترکیبات دانه ها وارد آب تمشک نگردند و به منظور شفاف سازی، آب تمشک به مدت 10 دقیقه در سانتریفوژ (مدل 2-16p، شرکت سیگما، ساخت آلمان) با سرعت 7500 دور بر دقیقه قرار گرفتند تا مواد کلوییدی حذف شوند. پرمیت شفاف شده برای تولید پودر و انجام آزمایشات بعدی مورد استفاده قرار گرفت.

2-2-تهیه ریز کپسول ها

در این پژوهش از مواد حامل شامل مالتودکسترین با (DE=4-7) و صمغ عربی با نسبت های 75 به 25، 25 به 75 و 50 به 50 درصد در دمای ورودی 140 و 160 درجه استفاده شد. بعد از مخلوط شدن مواد حامل و عصاره تمشک به کمک همزن (Stirrer, RCT basic Germany) در دمای 45 درجه سانتی گراد به مدت زمان 30 دقیقه با سرعت 1000 دور در دقیقه محلول کاملاً همگن شد و محلول تولیدی بلافاصله برای تولید پودر مورد استفاده قرار گرفت. بدین منظور از خشک کن افشانه ای (Buchi Laboratoriums-Technik switzerland model) (B-191) برای خشک کردن عصاره تمشک با 12 درصد مواد جامد محلول استفاده شد. محلول تولیدی توسط یک پمپ با سرعت دوران قابل کنترل بین 1 تا 100 درصد به خشک کن افشانه ای تزریق شد بعد از انجام آزمایشات اولیه شرایط بهینه برای خشک کردن عصاره، سرعت جریان هوا (Aspirator) 65 درصد و سرعت دوران پمپ 15 درصد تعیین گردید. پودر تولیدی در محفظه زیر سیکلون در انتهای مسیر جمع آوری شده و بلافاصله برای سرد شدن به دسیکاتور منتقل شدند سپس در

¹Merck

3-3-5- اندازه گیری اندازه ذرات

به منظور سنجش اندازه و سطح مخصوص ذرات پودرهای حاصل از خشک کن پاششی، ابتدا دیسپرسیون آن ها در متانول تهیه شد و سپس به کمک دستگاه Particle Size Analyzer مدل Etasizer Nano ZS شرکت Malvern، ساخت انگلیس مورد اندازه گیری قرار گرفت (8).

2-4- تجزیه و تحلیل آماری

کلیه آزمایشات با سه تکرار انجام شد. نتایج و داده های به دست آمده در قالب طرح دو فاکتوره با پایه کاملاً تصادفی با استفاده از نرم افزار SPSS16 مورد تجزیه تحلیل قرار گرفتند. میانگین ها به روش آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح اطمینان 95% مورد مقایسه قرار گرفتند.

2-3-3- شاخص بس پاشیدگی¹

شاخص بس پاشیدگی با توجه به منحنی توزیع اندازه ذرات توسط نرم افزار دستگاه Particle size analyzer محاسبه گردید و تمامی اندازه گیری ها در دمای اتاق و با سه تکرار انجام گردید (1).

2-3-7- تعیین مقدار آنتوسیانین

محلول کلرید پتاسیم 0/025 M توسط اسید کلریدریک (هر دو ساخت شرکت مرک آلمان) به pH=1 رسانیده شد و سپس 3/6 cc از این محلول با 0/4 cc نمونه آبیومو مخلوط و میزان جذب آن در دو طول موج 510 و 700 نانومتر بعد از حصول حالت پایدار به بوسیله اسپکتروفومتر (U.V. Visible Shimadzu) اندازه گیری شد. آنگاه مقدار جذب (A) و مقدار آنتوسیانین کل از رابطه زیر بدست آمد (16).

$$\text{معادله: } TA (\text{mg/L}) = \Delta A / \varepsilon \times 1 \times M \times 10^3 \times D$$

که در آن TA میزان آنتوسیانین کل بر اساس میلی گرم آنتوسیانین در 100 میلی لیتر می باشد، M وزن مولکولی آنتوسیانین غالب که در تمشک سیانیدین 3 گلوکوزید و برابر 448.8 گرم است، D فاکتور رقت، ε ضریب مولی سیانیدین که در تمشک سیانیدین 3 گلوکوزید برابر 29/600 l / mol.cm و ΔA اختلاف بین دو جذب در pH = 1 و pH = 4/5 است.

2-3-8- اندازه گیری راندمان ریز پوشانی عصاره تمشک

بعد از این که آنتوسیانین کل و سطحی را به روش بالا بدست آوردیم از معادله زیر راندمان ریز پوشانی را می توانیم بدست آوریم (1).

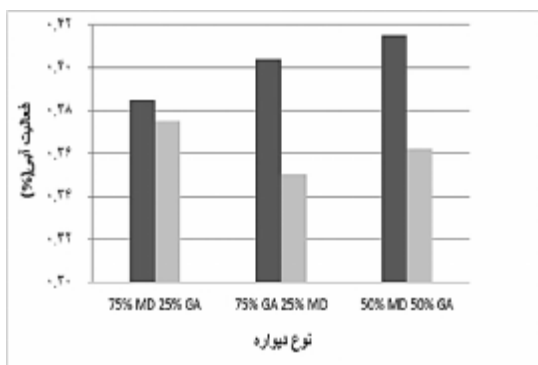
$$\% EE = (TA - TS) / TA \times 100$$

که در آن EE راندمان ریز پوشانی، TA میزان آنتوسیانین کل و SA میزان آنتوسیانین سطحی می باشد.

3- نتایج و بحث

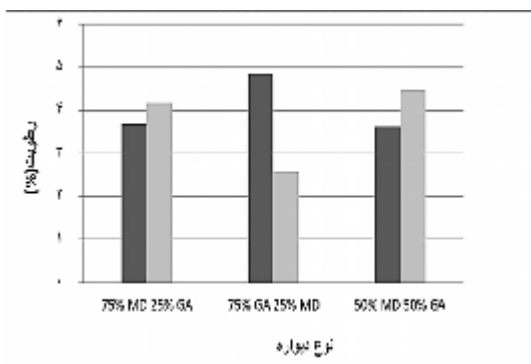
3-1- اثر نوع ماده دیواره و دمای خشک کردن بر فعالیت آبی پودرها

بررسی نتایج به دست آمده از آزمون فعالیت آبی نشان می دهد که نمونه شماره 3 (نسبت 75 به 25 صمغ عربی به مالتو دکسترین در دمای 140 درجه سانتی گراد) و نمونه 5 (نسبت 50 به 50 مالتو دکسترین به صمغ عربی در دمای 140 درجه سانتی گراد) بدون اختلاف معنی داری بیشترین فعالیت آبی و تیمار شماره 4 (نسبت 75 به 25 صمغ عربی به مالتو دکسترین در دمای 160 درجه سانتی گراد) کمترین میزان فعالیت آبی را داشت (شکل 1). با توجه به نتایج می توان بیان کرد که بیشتر شدن دمای خشک کردن سبب کاهش فعالیت آبی می گردد. همچنین نتایج نشان می دهد که فعالیت آبی تمامی نمونه های پودر تولید شده بین رنج 0/3 تا 0/4 می باشند. فراری و همکاران (2013) نیز در بررسی اثر خشک کردن پاششی توت سیاه تولید شده با پوشش صمغ عربی و مالتو دکسترین، نشان دادند پودرهای تولید شده به این روش فعالیت آبی کمتر از 0/4 دارند. نتایج مشابهی از فعالیت آبی در مطالعه تانون و همکاران (2009) بر روی خشک کردن پاششی پودر آکای (Acai) با استفاده از مواد پوشش دهنده بدست آمد.



شکل 1- اثر نوع ماده دیواره و دمای خشک کردن بر فعالیت آبی پودرها

¹ Poly dispersity Index



شکل 2- اثر نوع ماده دیواره و دمای خشک کردن بر میزان

رطوبت پودرها

3-3-1 اثر نوع ماده دیواره و دمای خشک کردن بر حلالیت پودرها

طبق نتایج به دست آمده نمونه شماره 6 (نسبت 50 به 50 مالتودکسترین به صمغ عربی در دمای 160) با (133/4) بیشترین حلالیت و همچنین کمترین حلالیت در نمونه 3 (نسبت 75 به 25 صمغ عربی به مالتودکسترین در دمای 140) با (103/6) مشاهده شد، بین نمونه های 1، نمونه 2 و نمونه 5 نیز اختلاف معنی داری مشاهده نشد (شکل 3).

مطابق با نتایج بدست آمده می توان چنین بیان کرد که خشک کردن در دمای 160 درجه سانتی گراد باعث بیشتر شدن حلالیت نمونه پودر ها در مقایسه با دمای 140 درجه سانتی گراد شده است و همچنین ریز پوشانی تمشک در ترکیب مواد پوشش دهنده با نسبت های 50 به 50 مالتو دکسترین به صمغ عربی بهترین نوع ریز پوشانی را در رابطه با میزان حلالیت در مقایسه با انواع دیگر نسبت های صمغ عربی و مالتو دکسترین ایجاد کرده است و دلیلش اینست که ترکیب مالتو دکسترین و صمغ عربی حلالیت بسیار بالایی در آب دارد و اصولاً نیز به دلیل همین حلالیت بالا در آب و ویژگی های فیزیکی خود در فرایند خشک کردن پاششی مورد استفاده قرار می گیرند. بررسی نتایج پژوهش رزبرگ و همکاران (2007) نشان داد که ریزپوشانی عصاره برگ زیتون توسط بتاسیکلو دکسترین حلالیت عصاره را افزایش می دهد. ولی نتایج کانو و همکاران⁵ (2004) در پژوهش خود بر روی شربت پرتقال و چگینی و همکاران⁶ (2005) در تحقیق بر روی آب هندوانه نشان دادند که افزایش دمای هوای داخلی

3-2-2 اثر نوع ماده دیواره و دمای خشک کردن بر میزان

رطوبت پودرها

همانطور که از شکل 1 مشخص است نوع و غلظت ماده دیواره به طور موثری مقدار رطوبت نهایی پودرهای تولیدی را تحت الشعاع قرار داده است بطوریکه تیمار شماره 3 (نسبت 75 به 25 صمغ عربی به مالتودکسترین در دمای 140) با (4/85%) بیشترین میزان رطوبت و کمترین میزان رطوبت نیز مربوط به تیمار شماره 4 (نسبت 75 به 25 صمغ عربی به مالتودکسترین در دمای 160) با (2/58%) بوده است. بررسی نتایج نشان میدهد که افزایش دمای خشک کردن سبب کاهش میزان رطوبت در پودرهای تولیدی شده است. همچنین رطوبت در نمونه هایی که نسبت صمغ عربی بیشتر است بالاتر از نمونه های دیگر است زیرا صمغ عربی کمپلکسی هتروپولی ساکاریدی با ساختاری منشعب بوده که دارای گروه های هیدروفیل می باشد و در نتیجه با مولکول های آب پیوند داده و مانع خروج آنها می شود.

آناسیا و همکاران¹ (2004) نیز در نتایج خود نشان دادند که دمای هوای خشک کردن و فشار بالا در افزایش سرعت خشک کردن و کاهش رطوبت موثر می باشد و همچنین نشان دادند که بیشتر شدن دمای ورودی خشک کن سبب کاهش رطوبت شده است. هرچه اختلاف بین محیط خشک کردن و ذرات بیشتر باشد نرخ انتقال حرارت به ذرات نیز بیشتر خواهد شد که باعث خروج بیشتر رطوبت از ذرات می گردد. گرابوسکی و همکاران² (2006) نشان دادند که مالتودکسترین با DE=25 نسبت به صمغ عربی تاثیر بیشتری بر کاهش محتوای رطوبت می گذارد که دلیل آن تفاوت بین ساختار شیمیایی بین دو حامل می باشد. همچنین آدهیکاری و همکاران³ (2004) پیشنهاد داده اند که بیشتر شدن میزان رطوبت همراه با استفاده از پوشش دهنده مالتودکسترین به علت این پدیده است که انتشار آب از میان مولکولهای بزرگ مالتودکسترین مشکل است.

طبق نتایج یو و همکاران⁴ (2009) افزایش دما درصد رطوبت نمونه ها را با توجه به تاثیری که روی افزایش سرعت انتقال رطوبت از ذرات دارد کاهش داد.

¹Athanasi et al

²Grabowski et al

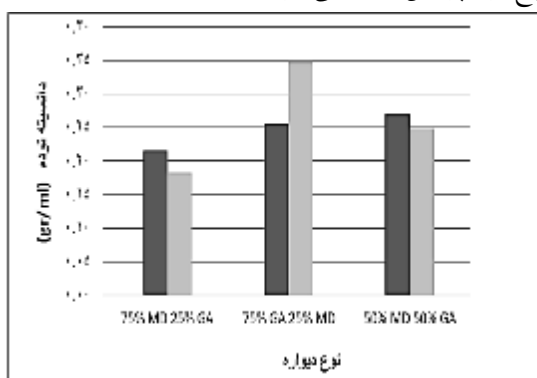
³Adhikari et al

⁴Yu et al

⁵Cano-Chauca et al

⁶Chegini et al

افزایش دانسیته در این تیمارها قابل توجه است (3). گوالا و همکاران² (2008) نشان دادند که بیشتر بودن دانسیته حجمی را می توان بوسیله بیشتر بودن وزن مولکولی پودر تعریف کرد. مواد سنگین تر به آسانی بین فضای ذرات جا می گیرند بنابراین با فضای کمتری باعث بیشتر شدن توده حجمی می شوند. نتایج پژوهش فراری و همکاران (2013) نشان داد نمونه های حاوی مالتودکسترین به همراه صمغ عربی فضای بین ذره ای بیشتری نسبت به نمونه های تهیه شده با نشاسته تاپوکا دارند. بیشتر بودن فضای بین ذره ای به بیشتر بودن میزان اکسیژن در دسترس برای واکنش های تجزیه کننده اشاره دارد که منجر به ازدست رفتن سریع مواد پوشش دهنده می شود.



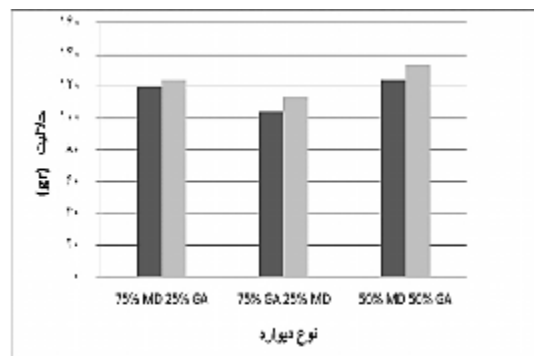
شکل 4- اثر نوع ماده دیواره و دمای خشک کردن بر دانسیته توده پودرها

3-5- اثر نوع ماده دیواره و دمای خشک کردن بر

آنتوسیانین سطحی

همانطور که در شکل 5 مشاهده می شود نمونه شماره 4 (نسبت 75 به 25 صمغ عربی به مالتودکسترین در دمای 160) بیشترین آنتوسیانین سطحی (1/339) و پس از آن تیمار شماره 6 (نسبت 50 به 50 مالتودکسترین به صمغ عربی در دمای 160) می باشد که بین نمونه های 3 و 5 با (0/25) از لحاظ آنتوسیانین سطحی اختلاف معنی داری مشاهده نشد. در مجموع نتایج حاکی از آن است که نمونه های خشک شده در دمای 160 درجه سانتی گراد میزان آنتوسیانین بیشتری در مقایسه با نمونه های خشک شده در دمای 140 درجه سلسیوس داشته اند. نتایج پژوهش آناسیا و همکاران در سال 2004 بر روی آنتوسیانین کشمش سیاه با پوشش دهنده های مختلف انکیسوله نشان داد که بالاترین راندمان

باعث کاهش حلالیت در این مواد می شود. فضایی و همکاران¹ (2010) تاثیر شرایط خشک کردن پاششی و استفاده از ترکیبات پوشش دهنده را بر روی ویژگی های فیزیکی پودر عصاره ی توت سیاه بررسی کردند، نتایج پژوهش آنها نشان داد که مخلوط 2% مالتو دکسترین 6 DE و 6% صمغ عربی بالاترین حلالیت (حدود 87%) را داشت.



شکل 3- اثر نوع ماده دیواره و دمای خشک کردن بر حلالیت پودرها

3-4- اثر نوع ماده دیواره و دمای خشک کردن بر دانسیته

توده پودرها

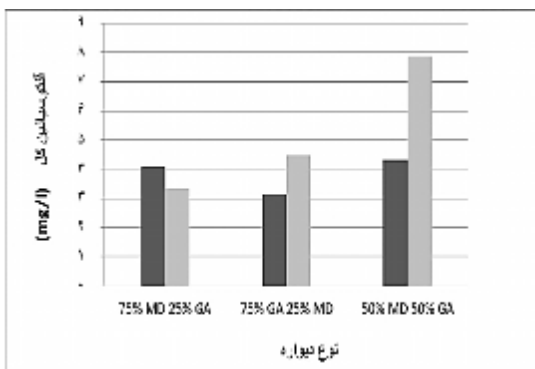
دانسیته توده از مهم ترین پارامترهایی است که در مورد پودرها اندازه گیری می شود. این امر از لحاظ حمل و نقل، انبارداری و بسته بندی در صنعت حائز اهمیت است، دانسیته توده یکی از خصوصیات مواد غذایی بوده که به اندازه، شکل، ویژگی های سطحی و ذرات پودر بستگی دارد بطوریکه پودرهای صاف و یکنواخت، دانسیته حجمی بیشتری دارند. مقایسه میانگین دانسته توده نمونه ها نشان داد که بین نمونه ها با درجه های مختلف مواد استفاده شده که ترکیب پوشش دهنده برای ایجاد پودر، اختلاف وجود داشت. بیشترین دانسیته توده مربوط به نمونه 4 با نسبت 75 به 25 صمغ عربی به مالتودکسترین در دمای 160 (0/347) و نمونه شماره 1 با نسبت 75 به 25 مالتودکسترین به صمغ عربی در دمای 160 نیز کمترین دانسیته توده (0/21) را نشان داد.

همانطور که در شکل 4 مشاهده می شود دانسیته توده در پودرهایی که حاوی نسبت بیشتر صمغ عربی هستند در مقایسه با نمونه پودرهای حاوی مالتو دکسترین بیشتر است. با توجه به کوچکتر بودن اندازه مولکول صمغ عربی نسبت به مالتو دکسترین و در نتیجه تولید ذرات ریزتر با این حامل و کاهش حجم پودر،

²Goula

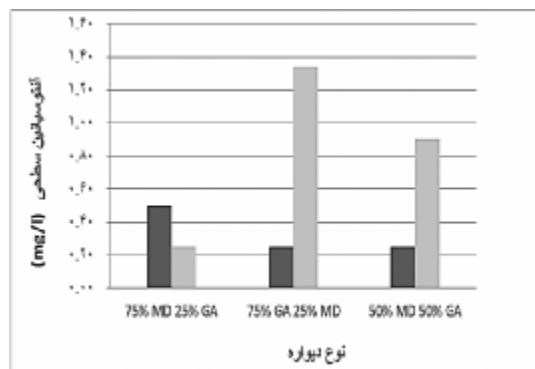
¹Fazaeli, M., Emam-Djomeh, Z., Kalbasi Ashtari, A., Omid, M

ریزپوشانی هویچ سیاه بوسیله تکنیک خشک کن پاششی در دمای 160 درجه سانتی گراد و استفاده از پوشش دهنده مالتودکسترین با درجه 30 بیشترین میزان آنتوسیانین را داشته است. مالتودکسترین و صمغ عربی موادی با حلالیت بالا هستند. بنابراین مخلوط آن ها از طریق خشک کردن پاششی عبور می کند. در نتیجه پودر حاصله تشکیل شده از ذرات توخالی که پوسته یک ماتریکس حاوی هر دو عامل حامل و به دام افتاده از آرمیوه است که می توان آن را به عنوان آرمیوه میکروکپسوله نظر گرفت.



شکل 6- اثر نوع ماده دیواره و دمای خشک کردن بر آنتوسیانین کل

86 درصد) در خشک کردن با دمای 150 درجه سلسیوس و به کمک مالتودکسترین با DE=11 نشان داد. بر خلاف نتایج بدست آمده در این پژوهش رناتا و همکاران در سال 2010 اثر منفی دما روی مقدار آنتوسیانین را نشان دادند. این محققان در نتایج خود بیان می کنند که سرعت تخریب بیشتر آنتوسیانین ها در دمای بالاتر می تواند به دلیل حضورشکر و پروتئین در ساختار محصول باشد که در نهایت منجر به انجام واکنش میلارد در حین فرایند تولید یا در مدت زمان نگهداری باشد.



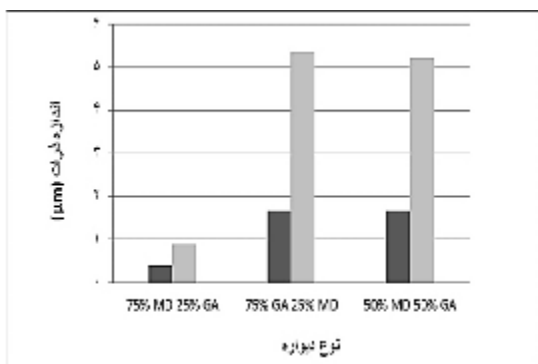
شکل 5- اثر نوع ماده دیواره و دمای خشک کردن بر آنتوسیانین سطحی

3-7- اثر نوع ماده دیواره و دمای خشک کردن بر راندمان ریز پوشانی

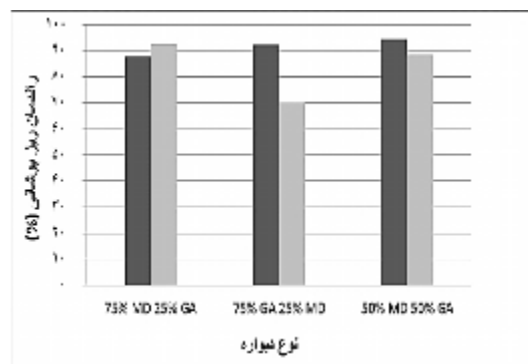
نتایج بررسی راندمان ریزپوشانی نشان می دهد که الگوی طرح آزمایش ها معنی دار می باشد، بطوریکه نمونه 3، نمونه 1 و نمونه 5 بدون داشتن اختلاف معنی داری بیشترین میزان راندمان ریزپوشانی را به خود اختصاص داده اند و کمترین میزان راندمان ریز پوشانی نیز مربوط به نمونه شماره 4 (نسبت 75 به 25 صمغ عربی به مالتودکسترین در دمای 160) بود (شکل 7). در مجموع روند مشخصی برای افزایش راندمان ریز پوشانی در افزایش غلظت صمغ عربی یا مالتو دکسترین در افزایش راندمان ریز پوشانی مشاهده نشد. مرتضوی و همکاران در سال 1390 از نتایج پژوهش خود بر روی میکروانکپسولاسیون آنتوسیانین زرشک بوسیله خشک کن افشانه ای با استفاده از مالتودکسترین و صمغ عربی بیان کردند که استفاده از مالتودکسترین و صمغ عربی و همچنین افزایش یا کاهش دما بر خصوصیات فیزیکی پودر نداشته است.

3-6- اثر نوع ماده دیواره و دمای خشک کردن بر آنتوسیانین کل

شکل 6 نشان می دهد که متغیرها بر آنتوسیانین کل اثر گذار بوده بطوریکه تیمار نمونه 6 (نسبت 50 به 50 مالتودکسترین به صمغ عربی در دمای 160) مقدار آنتوسیانین کل چشمگیری داشته و کمترین میزان آنتوسیانین کل در نمونه 3 (نسبت 75 به 25 صمغ عربی به مالتودکسترین در دمای 140) و نمونه 1 (نسبت 75 به 25 مالتودکسترین به صمغ عربی در دمای 160) بود همچنین بین نمونه های 2، 4 و 5 از نظر میزان آنتوسیانین کل اختلاف معنی داری مشاهده نشد. بررسی نتایج بدست آمده از آزمون آنتوسیانین کل نشان می دهد که پودرهای تولید شده در دمای 160 درجه سانتی گراد میزان آنتوسیانین بالاتری در نسبت با پودرهای تولید شده در دمای 140 درجه دارند. بر طبق مطالعات فراری و همکاران 2013 مقدار آنتوسیانین کل در مالتودکسترین بیشتر از صمغ عربی بوده است. ارسوس و یورگال¹ 2007 در نتایج پژوهش خود بیان می کنند که



شکل 8- اثر نوع ماده دیواره و دمای خشک کردن بر اندازه ذرات

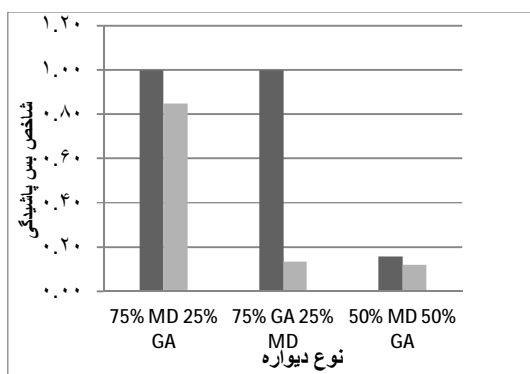


شکل 7- اثر نوع ماده دیواره و دمای خشک کردن بر رطوبت پوشانی

3-9-1 اثر نوع ماده دیواره و دمای خشک کردن بر شاخص

بس پاشیدگی

بررسی نتایج بدست آمده در شکل 9 نشان می دهد که شاخص بس پاشیدگی در نمونه 1 (نسبت 75 به 25 مالتودکسترین به صمغ عربی در دمای 160) و نمونه 3 (نسبت 75 به 25 صمغ عربی به مالتودکسترین در دمای 140) بیشترین شاخص بس پاشیدگی را دارد. همچنین کمترین میزان این فاکتور در نمونه 6 (نسبت 50 به 50 مالتودکسترین به صمغ عربی در دمای 160) با (0/118) بدست آمد. این نتایج نشان می دهد که خشک کردن محصول در دمای 140 درجه سانتی گراد سبب افزایش شاخص بس پاشیدگی نسبت به دمای 160 درجه می شود و تاثیر نسبت متفاوت مواد حامل شامل مالتودکسترین و صمغ عربی روی شاخص بس پاشیدگی به این صورت بود که نسبت مالتو دکسترین بیشتر منجر به افزایش شاخص بس پاشیدگی گردید.



شکل 9- اثر نوع ماده دیواره و دمای خشک کردن بر شاخص بس پاشیدگی

3-8-8 اثر نوع ماده دیواره و دمای خشک کردن بر اندازه ذرات

همانطور که در شکل 8 مشاهده می شود بزرگترین اندازه ذرات در نمونه 4 (نسبت 75 به 25 صمغ عربی به مالتودکسترین در دمای 160) با (5/36) بدست آمد، همچنین کمترین اندازه ذرات در نمونه 2 (نسبت 75 به 25 مالتودکسترین به صمغ عربی در دمای 140) با (0/395) مشاهده شد.

این نتایج نشان می دهد افزایش دما از 140 به 160 درجه سانتی گراد سبب افزایش اندازه ذرات شده است، همچنین در نمونه های که نسبت صمغ عربی بالاتر است (نسبت 75 و 50) اندازه ذرات بطور چشمگیری بیشتر است.

رناتا و همکاران (2010) نشان دادند که ذرات انکپسوله شده با صمغ عربی قطر کمتری نسبت به نشاسته تا پیوکا و مالتودکسترین داشت. همچنین مالتو دکسترین با DE بالاتر ذرات ریزتری را تولید کرد که دلیل آن را بالاتر بودن درجه هیدرولیز و زنجیر کوتاhter بودن بیان کردند.

همچنین افزایش سرعت جریان هوای فشرده باعث کاهش اندازه ذرات می گردد که خود باعث افزایش سرعت خشک شدن و کاهش محتوای رطوبت می شود که والتون و همکاران¹ در سال 2009 نیز به نتایجی مشابه دست یافته بودند.

¹Walton

4- نتیجه گیری

نتایج نشان داد پودرهای تولید شده در دمای 160 درجه سانتی گراد میزان آنتوسیانین بالاتری در نسبت با پودرهای تولید شده در دمای 140 درجه داشتند. نمونه 6 با نسبت 50 به 50 مالتودکسترین به صمغ عربی در دمای 160 درجه سانتی گراد مقدار آنتوسیانین بیشتری را به خود اختصاص داده است. افزایش دمای خشک کردن سبب کاهش میزان رطوبت در پودرهای تولید شده است، همچنین رطوبت در نمونه هایی که نسبت صمغ عربی بیشتر است بالاتر از نمونه های دیگر بود و دانسیته توده در پودر هایی که حاوی نسبت بیشتر صمغ عربی بودند دانسیته توده بالاتری در مقایسه با نمونه پودرهای حاوی نسبت بالاتر مالتو دکسترین نشان دادند و همچنین افزایش دما از 140 به 160 درجه سانتی گراد سبب افزایش اندازه ذرات شد، همچنین در نمونه های که نسبت صمغ عربی بالاتر است (نسبت 75 و 50) اندازه ذرات بطور چشمگیری بیشتر است. بیشترین راندمان تولید پودر مربوط به نمونه ی تولید شده در دمای 140 درجه سانتی گراد و نسبت مالتودکسترین به صمغ عربی 75 به 25 بود. از آنتوسیانین میکروانکپسوله شده با مالتودکسترین و صمغ عربی می توان به عنوان عامل رنگ و طعم دهنده طبیعی و جزئی سلامت بخش در محصولات غذایی از جمله خامه قنادی، محصولات لبنی، بستنی و ... استفاده کرد.

5- منابع

- 1- مرتضوی، س، ع. شریفی، ا. ایوز، م. 1390. میکروانکپسولاسیون آنتوسیانین زرشک بوسیله خشک کن افشانه ای. بیستمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی. دانشگاه صنعتی شریف. 4-7.
- 2- Adhikari, B. Howes, T. Bhandari, B.R. Troung, V. 2004. Effect of addition of maltodextrin on drying kinetics and stickiness of sugar and acid-rich foods during convective drying: experiments and modelling. *J. Food Eng.* 62, 53-68.
- 3- Athanasia, M. Goula, Konstantinos, G. and Adamopoulos. 2004. Spray drying of tomato pulp in dehumidified air: II. The effect on powder properties. *Journal of Food Engineering*, 66. 35-42.
- 4- Bhandari, B.R. Datta, N. Howes, T. 1997. Problem associated with spray drying of sugar-rich foods. *Drying Technol.* 15 (2), 671-684.
- 5- Bhandari, B.R. Senoussi, A. Dumoulin, E.D. Albert, A. 1993. Spray drying of concentrated fruit juices. *Drying Technol.* 11, 1081-1092.
- 6- Cano-Chauca, M. Stringheta, P.C. Ramos, A.M. Cal-Vidal, J. 2005. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder spray drying and its functional characterization. *Innov. Food Sci. Emerg.* 6 (4), 420-428.
- 7- Chegini, G.R. Ghobadian, B. 2005. Effect of spray-drying condition on physical properties of orange juice powder. *Drying Technol.* 23, 657-668.
- 8- Ersus, S. Yurdagel, U. 2007. Microencapsulation of anthocyanin pigments of black carrot (*Daucuscarota L.*) by spray drier. *Journal of Food Engineering* 80, 805-812.
- 9- Fazaali, M. Emam-Djomeh, Z. Kalbasi Ashtari, A. Omid, M. 2012. Effect of process conditions and carrier concentration for improving drying yield and other quality attributes of spray dried black mulberry (*Morus nigra*) juice. *Int. J. Food Eng.*, 8, (1), 1-20
- 10- Ferrari, C. C. Marconi, S. P. Germer. Alvim, I. D. Aguirre, J. M. 2013. Storage Stability of Spray-Dried Blackberry Powder Produced with Maltodextrin or Gum Arabic. *Drying Technology: An International Journal*, 31:4, 470-478.
- 11- Goula, A.M. Adamopoulos, K.G. 2005a. Spray drying of tomato pulp in dehumidified air: 1. The effect on product recovery. *J. Food Eng.* 66, 25-34.
- 12- Goula, A.M. Adamopoulos, K.G. 2005b. Spray drying of tomato pulp in dehumidified air: 2. The effect on powder properties. *J. Food Eng.* 66, 35-42.
- 13- Goula, A.M. Adamopoulos, K.G. 2008. Effect of maltodextrin addition during spray drying of tomato pulp in dehumidified air: I. Drying kinetics and product recovery. *Drying Technol.* 26, 714-725.
- 14- Grabowski, J.A. Truong, V.D. Daubert, C.R. 2006. Spray-drying of amylase hydrolized sweetpotato puree and physicochemical properties of powder. *J. Food Sci.* 71 (5), 209-217.
- 15- Renata, V. Tonon, Catherine Brabet, M. 2010. Anthocyanin stability and antioxidant activity of spray-dried açai (*Euterpe oleracea Mart.*) juice produced with different carrier agents. *Food Research International* 43 . 907-914.
- 16- Rosenberg, M. Kopelman, I.J. 1983. Microencapsulation of food ingredients-processes applications and potential. In *Research in food Science and Nutrition, Proceedings of the 6th International Congress of food Science and technology*, Dublin; McLaughlin, J.v; McKenna,

- 20- Tonon, R.V. Brabet, C. Hubinger, M.D. 2008. Influence of process conditions on the physicochemical properties of acai (*Euterpe oleracea* Mart) powder produced by spray drying. *J. Food Eng.* 88, 411–418.
- 21- Walton, D.E. 2000. The morphology of spray-dried particles, a qualitative view. *Drying Technol.* 18, 1943–1986.
- 22- Yu, H. Huang, Q. 2009. Enhanced in vitro anti-cancer activity of curcumin encapsulated in hydrophobically modified starch. *Food Chemistry* 119, 669–674.
- B.M; Eds; Boole Press: Dun Laoghaire, Ireland; Vol. 2, pp 142-143.
- 17- Rosenberg, M. Kopelman, I.J. Talmon, Y. 1990. Factors affecting retention in spray-drying microencapsulation of volatile materials. *J. Agric. Food Chem.* 38, 1288-1294.
- 18- Rosenberg, M. Kopelman, I.J. Talmon, Y. 2011. Microencapsulation of aroma compounds. *Int. Fruchtsaft-Union, Wiss. Tech. Komm;* 18, 293-304.
- 19- Seda, E and Unal, Y. 2006. Microencapsulation of anthocyanin pigments of black carrot (*Daucuscarota* L.) by spray drier. *Journal of Food Engineering* 80 .805–812.