Archive of SID

تعیین راندمان استخراج و پایدار سازی رنگدانه بتالایین چغندرقرمز

طیبه حدادی[1]*، محمد علی نجفی[2]

1 مربی، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
2 استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

(تاریخ دریافت: 95/1/27، تاریخ پذیرش: 95/5/27)

چکیده

به تازگی، استفاده از رنگدانه‌های طبیعی به‌عنوان افزودنی‌های غذایی، رنگ‌های خوراکی و دارو بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند. چغندر قرمز سرشار از رنگدانه‌های بتالایین است. در این پژوهش تاثیر حلال‌های مختلف آب خالص (W)، ترکیب آب: اتانول: اسیدسیتریک (W+EtoH+Cit) با نسبت‌های حجمی: حجمی (60:40:0) و (60:38/5:1/5) و غلظت اسید اسکوربیک در دو سطح صفر (ASC1) و 0/05 درصد (ASC2) وزنی: حجمی بر راندمان استخراج مورد بررسی قرار گرفت. بتالایین استخراجی با استفاده از ترکیبات مالتودکسترین: عصاره ($100ml_{ER}$: 20g)، مالتودکسترین: صمغ عربی: عصاره ($100ml_{ER}$: 10g: 10g) و صمغ عربی(GA): عصاره ($100ml_{ER}$: 20g) پوشش‌دهی و سپس به کمک خشک‌کن انجمادی خشک گردید. نتایج به‌دست آمده نشان داد، که حلال‌های مختلف تاثیر متفاوت بر راندمان استخراج دارند. به‌طوری‌که آب خالص و حلال آب: اتانول: اسید سیتریک (1/5: 38/5: 60) حجمی: حجمی به ترتیب بیش‌ترین (68٪) و کم‌ترین (7/6٪) راندمان استخراج را نشان دادند. هم‌چنین داده‌ها نشان داد که اسید اسکوربیک باعث افزایش پایداری تمامی نمونه‌های بتالایین گردیده، اما بیش‌ترین تاثیر را بر عصاره آبی و عصاره آبی-اتانولی داشت ($p<0/05$). بررسی ترکیب دیواره نیز نشان داد که این دیواره‌ها تاثیر معنی‌داری بر قابلیت بازیافت بتالایین دارند ($p<0/05$). بیش‌ترین تاثیر مربوط به پوشش حاوی ترکیب صمغ عربی همراه با مالتودکسترین و عصاره در مقایسه با نمونه فاقد ریزپوشانی (کنترل) مشاهده گردید ($p<0/05$).

واژه‌های کلیدی: چغندر قرمز، بتالایین، خشک‌کن انجمادی، ریزپوشانی.

* نویسنده مسئول: Tayebehhadad@uoz.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

1- مقدمه

محدودیت رنگ‌های مصنوعی در مواد غذایی موجب شده تا تحقیقات گسترده‌ای به‌منظور تولید رنگ‌های طبیعی انجام گیرد. در حال حاضر در بسیاری از کشورهای پیشرفته صنعتی کاربرد رنگ‌های طبیعی در بسیاری از محصولات غذایی به‌ویژه در فراورده‌های لبنی، بیسکویت، کنسروها، سبزی‌ها و میوه‌ها توصیه می‌شود. چغندر قرمز[1] با دارا بودن رنگدانه بتالایین یکی از منابع مورد توجه جهت تهیه رنگدانه قرمز می‌باشد. گزارش شده چغندر قرمز حاوی حدود380 میلی‌گرم بتالایین در هر 100 گرم میوه تازه است[1]. بتالایین‌ها ترکیبات رنگین نیتروژن‌دار محلول در آب هستند که شامل دو گروه رنگی بتاسیانین‌های قرمز و بتازانتین‌های زرد رنگ می‌باشند[2]. بتالایین‌ها و ترکیبات فنولی موجود در چغندر قرمز خطر اکسایش لیپیدها را کاهش داده و خاصیت آنتی‌اکسیدانی از خود نشان می‌دهند. آنتی‌اکسیدآن‌ها رادیکال‌های آزاد را از بین می‌برند و بنابراین باعث پیشگیری بیماری‌هایی مانند سرطان و قلبی عروقی می‌شوند[2]. هم‌چنین گزارش شده بتالایین در برنامه‌های غنی‌سازی رژیم غذایی با لیپوپروتیین‌های کم چگالی نقش آنتی‌اکسیدانی موثری دارند[3]. ترکیبات به‌دست آمده از ریشه چغندر قرمز به‌عنوان افزودنی در بستنی، مربا، ژله و کنسرو میوه‌ها استفاده می‌شود. برخی از این ترکیبات رنگین دارای خواص آنتی‌اکسیدانی تا چهار برابر قوی تر از اسید اسکوربیک هستند[4].

به‌طور کلی پایداری بتالایین‌ها تحت تاثیر فاکتورهایی مانند درجه حرارت، یون‌های فلزی، pH، فعالیت آبی، نور، آنزیم و اکسیژن قرار دارد. مطالعه پایداری این رنگدانه‌ها تحت تاثیر pH حدود 3 تا 5 نشان می‌دهد که این رنگدانه‌ها در pH حدود 5 پایدارترند[5]. با توجه به ناپایدار بودن بتالایین‌ها، بیش‌تر تحقیقات بر روی عوامل و روش‌های پایدار کننده آن‌ها متمرکز شده است. یکی از این روش‌ها ریزپوشانی است. ریزپوشانی روش به نسبت جدیدی است که برای حفاظت، تثبیت و کنترل رهایش ترکیبات غذایی استفاده می‌شود. استفاده از این روش در فراوری غذا به‌منظور حفاظت از ترکیبات غذایی حساس، حصول اطمینان از حفظ ترکیبات مغذی، حفظ کردن طعم و بو پیشنهاد شده است. ریزپوشانی روش مفیدی برای حفظ رنگدانه‌ها و جلوگیری ازتخریب آن‌ها می‌باشد. استفاده از مواد دیواره‌ای مناسب در ریزپوشانی نمونه‌ها باعث پایداری آن‌ها در برابر حرارت، نور و pH می‌شود[6].

پایداری رنگدانه بتالایین می‌تواند باعث افزایش کاربرد این مولکول‌های رنگی و زیست‌فعال در زمینه‌های دارویی و آرایشی گردد. مالتودکسترین‌ها نشاسته هیدرولیز شده‌ای هستند که به‌عنوان یکی از مواد تشکیل‌دهنده ماتریکس دیواره در ریزپوشانی استفاده می‌شوند[7]. پایداری ترکیبات رنگین تحت تاثیر فرمولاسیون ماده پوششی قرار دارد و در این خصوص گزارشات متفاوتی از اثرات ترکیبات مختلف آورده شده است [8-10]. جهت خشک‌کردن ترکیبات پوشش‌دار می‌توان از روش‌های متفاوتی استفاده کرد. خشک‌کردن انجمادی روش مناسبی برای ترکیبات حساس به دما و طعم دهنده‌های فرار است[11]. در این روش ابتدا ماده مورد نظر منجمد شده، سپس با کاهش فشار منبع، آب منجمد درون ماده به‌طور مستقیم به بخار تبدیل می شود [۱۳،۱۲]. حفظ ترکیبات فرار در طول خشک کردن انجمادی وابسته به ترکیب دیواره و مواد هسته‌ای می‌باشد[۱۵،۱۴]. برخی از مطالعات نیز استفاده از عوامل دیواره‌ای مانند مالتودکسترین و صمغ عربی را برای حفاظت از ترکیبات حساس مانند اسید اسکوربیک در آب میوه نشان می‌دهد[16]. به‌منظور ریزپوشانی بتالایین اغلب از روش خشک کردن پاششی استفاده شده است[17-19]. پژوهش‌ها نشان داده است که، ریزپوشانی به روش خشک کردن انجمادی در مقایسه با خشک کردن پاششی باعث افزایش پایداری بتالایین چغندر قرمز می‌شود[20]. درکار حاضر، تاثیر حلال‌های مختلف شامل آب خالص،ترکیب آب: اتانول: اسید سیتریک با دو نسبت حجمی: حجمی0 :60:40 و 1/5: 38/5: 60 و غلظت اسید اسکوربیک در دو سطح صفر و 0/05 درصد وزنی: حجمی بر پایداری و راندمان استخراج و نیز نوع ترکیب دیواره ریزپوشانی شامل مالتودکسترین، صمغ عربی و مالتودکسترین: صمغ عربی بر پایداری بتالایین استخراجی بررسی شد.

2-مواد و روش‌ها

2-1-آماده سازی و استخراج

چغندرهای مورد نیاز از شهرستان قائن خریداری و به مقدار

1. Beta vulgaris

www.SID.ir

Archive of SID

لازم به محیط آزمایشگاه منتقل و بعد از شستشو با آب مقطر، با استفاده از دستگاه خردکن (مولینکس مدل A320RD)، به قطعات کوچک با ابعاد 10 میلی‌متر تقسیم گردید. عصاره‌گیری با کمی تغییرات به روش Francis (2000) انجام شد [21]. برای استخراج بتالایین از حلال‌های آب خالص W، ترکیب آب: اتانول: اسید سیتریک (W+EtoH+Cit) با نسبت‌های حجمی: حجمی 0 :60:40 و 60:38/5:1/5 استفاده شد. سه عدد ارلن مایر آماده و به هر کدام 10 گرم نمونه چغندر و 200 میلی‌لیتر حلال اضافه گردید. ارلن‌ها به مدت 120 دقیقه در حمام بن ماری با دمای 45°C قرار داده شدند. اطراف ارلن‌ها با فویل آلومینیومی پوشیده شد تا از اثر مخرب نور جلوگیری شود، سپس نمونه‌ها به کمک کاغذ واتمن، صاف و مایع زیرین پس از جمع‌آوری به کمک دستگاه سانتریفوژ (اپندورف مدل 5810 ساخت کشور آلمان)، با شتاب 1914 g به مدت 20 دقیقه سانتریفیوژ گردید. مایع بالایی جدا و با استفاده از دستگاه تبخیرکننده گردان (مدل EYELA N-1000 آلمان)، در دمای 40°C حلال جدا شد. جهت بررسی اثر اسید اسکوربیک بر پایداری عصاره آبی تغلیظ شده به ترتیب مقادیر صفر و 0/05درصد وزنی: حجمی از این ماده اضافه و در ظروف تیره در دمای 11 درجه سانتی‌گراد برای مدت ده روز نگه‌داری، و در فواصل زمانی 48 ساعت مقادیر جذب بتالایین تعیین گردید[22].

2-2-ریزپوشانی بتالایین

بدین منظور 100 میلی‌لیتراز عصاره چغندر قرمز (ER) با 20 گرم مالتو دکسترین (MD) مخلوط و پس از همگن‌سازی با همزن مغناطیسی توسط خشک‌کن انجمادی خشک گردید. نمونه‌ها ابتدا در دمای 18- درجه سانتی‌گراد به مدت 3 ساعت منجمد شد و سپس به مدت 48 ساعت توسط خشک‌کن انجمادی، خشک گردید (Arm field, UK, model FT33). پودرهای حاصل در ظروف پلاستیکی تیره، در دمای 11 درجه سانتی‌گراد به مدت 30 روز نگه‌داری شدند. برای ریزپوشانی با ترکیب صمغ عربی (GA)100 میلی‌لیتر از عصاره استخراجی با20 گرم صمغ عربی و برای تهیه نمونه ریزپوشانی شده با فرمول مالتو دکسترین (MD) و صمغ عربی(GA)، 100 میلی‌لیتر از عصاره استخراجی با مقادیر 10 گرم مالتو دکسترین و 10 گرم صمغ عربی مخلوط و به روش مشابه خشک گردیدند[23].

3-2- اندازه‌گیری مقدار بتالایین با روش اسپکتروسکوپی

عصاره چغندر قرمز با آب مقطر رقیق شده و جذب آن را در طول موج 535 نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروسکوپی جذب اتمی (Rayleigh, UV-2100,China) قرائت گردید[22].

برای اندازه‌گیری محتوای بتالایین کپسوله شده، یک گرم از پودر مورد نظر را در 10 ml آب خالص حل و سپس به کمک دستگاه سانتریفیوژ (1914 g به مدت 20 دقیقه) رسوبات جداسازی و فاز بالایی جداسازی گردید. برای اطمینان از استخراج کامل بتالایین بخش پایینی دوباره در آب خالص حل و سانتریفیوژ گردید. جذب محلول در طول موج 535 نانومتر قرائت و به‌عنوان اندیسی از مقدار بتالایین گزارش گردید[20].

4-2-روش‌های آماری

آزمایش‌ها در قالب طرح کاملا تصادفی با 3 تکرار تحت آزمون فاکتوریل انجام شدند. میانگین‌ها به روش آزمون دانکن درسطح 5 درصد ($p<0/05$) مقایسه شدند. آنالیزداده‌ها و مقایسات میانگین توسط نرم افزار SAS [1] نسخه 9/1 انجام و نمودارها به کمک نرم افزار Excel (2007) ترسیم گردیدند.

3- نتایج و بحث

1-3- راندمان استخراج بتالایین

همان‌طور که جدول (1) نشان می‌دهد، گذشت زمان باعث کاهش معنی‌دار مقدار بتالایین شده است ($p<0/05$). نگه‌داری عصاره چغندر قرمز در شرایط دمای محیط باعث کاهش جذب بتالایین شده است، که نشان می‌دهد این رنگدانه‌ها در برابر نور و اکسیژن ناپایدار هستند[23]. بررسی داده‌ها نشان داد، بیش‌ترین راندمان استخراج مربوط به حلال آب خالص و سپس آب خالص-اتانول می‌باشد. حال آن‌که افزودن اسید باعث کاهش مقدار جذب و راندمان استخراج گردید ($p<0/05$).

این امر می‌تواند به دلیل تفاوت در قطبیت این حلال‌ها باشد. آب بالاترین قطبیت را دارد که این امر می‌تواند در افزایش

1. Statistical Analysis System

www.SID.ir

Archive of SID

راندمان استخراج بتالایین در مقایسه با دو حلال دیگر موثر باشد ($p<0/05$) [24]. وقتی از حلال آب-اتانول شامل 1/5% -اسید سیتریک استفاده شد، کم‌ترین مقدار جذب مشاهده گردید ($p<0/05$). شرایط اسیدی می‌تواند باعث کاهش راندمان استخراج گردد که با نتایج به‌دست آمده در این پژوهش تطبیق دارد [25]. اما گذشت زمان تغییرات کم‌تری در مقدار بتالایین به‌دست آمده با حلال آب-اتانول شامل1/5٪-اسید سیتریک مشاهده گردید که می‌تواند به دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی اسید سیتریک باشد. [26]. ارزیابی مقدار بتالایین در روزهای مختلف نشان داد که با گذشت زمان تفاوت میان مقدار بتالایین به‌دست آمده توسط حلال آب خالص در مقایسه با حلال آب خالص+اتانول به شکل معنی‌داری بروز نموده است ($p<0/05$).

رنگدانه‌های موجود در چغندر قرمز محلول در آب بوده و در حلال آبی بیش‌ترین مقدار استخراج بتالایین را دارند. طبق آزمایشات محققی و همکاران در سال 1387 پس از استخراج ترکیبات فنولیک پوست سیب زمینی راموس با حلال آب، اتانول، متانول، استون و هگزان دریافتند که استخراج با حلال آب به علت قطبیت بیش‌تر، بیش‌ترین راندمان را داراست [27].

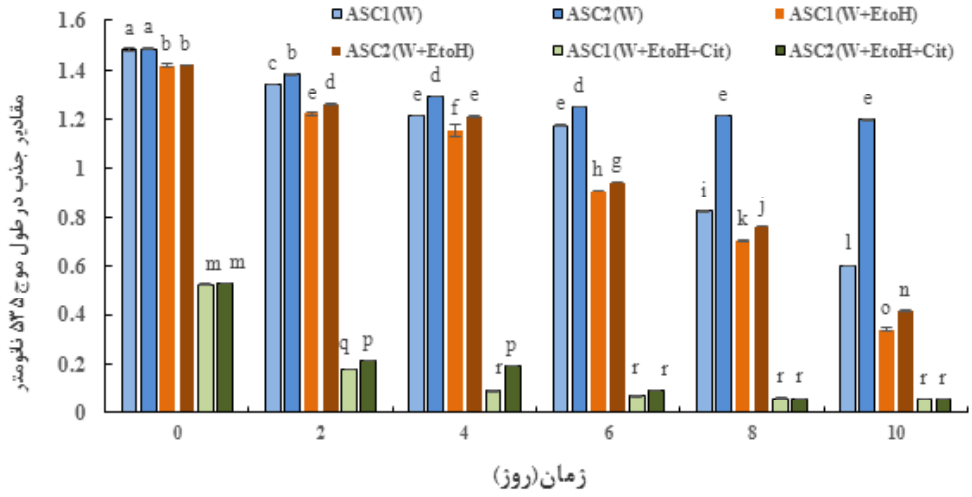
3-2-تاثیر اسید آسکوربیک بر پایداری عصاره‌های استخراجی

آنالیز داده‌های به‌دست آمده از شکل (1)، تاثیر اسید اسکوربیک بر پایداری رنگدانه بتالایین نشان داد افزودن مقدار 0/05% اسید اسکوربیک می‌تواند به‌طور معنی‌داری ($p<0/05$) باعث

جدول (1) تاثیر نوع حلال و مدت زمان نگه‌داری بر مقدار جذب بتالایین. آب خالص(W)، آب: اتانل (W+EtoH) و آب : اتانل: اسید سیتریک (W+EtoH)

روز	w	EtoH+W	Cit+EtoH+W
صفر	1/49(a)	1/421(ab)	0/525(h)
دوم	1/341(b)	1/234 (cd)	0/173(j)
چهارم	1/214(c)	1/18(d)	0/105(j)
ششم	1/176(cd)	0/947(f)	0/076(k)
هشتم	0/826(e)	0/705(g)	0/064(k)
دهم	0/605(f)	0/348(i)	0/063(k)

حروف مشابه در ستون‌ها نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار می‌باشد ($p>0/05$)



شکل (1) تاثیر نوع حلال، غلظت اسید اسکوربیک و مدت زمان نگه‌داری بر مقدار جذب بتالایین. ASC1 وASC2 به ترتیب اسید اسکوربیک در سطح صفر و 0/05 درصد می‌باشد. ستون‌های با حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($p>0/05$)

www.SID.ir

Archive of SID

افزایش پایداری رنگدانه بتالایین گردد. بتالایین‌ها رنگدانه‌های حساسی هستند که در مجاورت هوا به راحتی اکسید شده و خاصیت آنتی‌اکسیدانی خود را از دست می‌دهند. در نمونه‌های بتالایین W این تاثیر تا روز دهم به شدت معنی‌دار بود به‌طوری‌که در روز دهم مقدار رنگدانه حفظ شده حاوی اسید اسکوربیک بیش از80/60 در صد بود. این مقدار برای نمونه‌های W+EtoH به 23/90 درصد رسید. اما در نمونه‌های حاوی اسید سیتریک، با گذشت زمان اختلاف معنی‌دار کاهش یافت که این امر می‌تواند به دلیل نقش آنتی‌اکسیدانی اسید سیتریک باشد. اسید اسکوربیک در مقایسه با اسید سیتریک نسبت به شرایط محیطی حساس‌تر بوده و تمایل بیش‌تری به جذب اکسیژن دارد.

شکل (1) تاثیر نوع حلال، غلظت اسید اسکوربیک و مدت زمان نگه‌داری بر مقدار جذب بتالایین. ASC1 وASC2 به ترتیب اسید اسکوربیک در سطح صفر و 0/05در صد می‌باشد. ستون‌های با حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($p>0/05$).

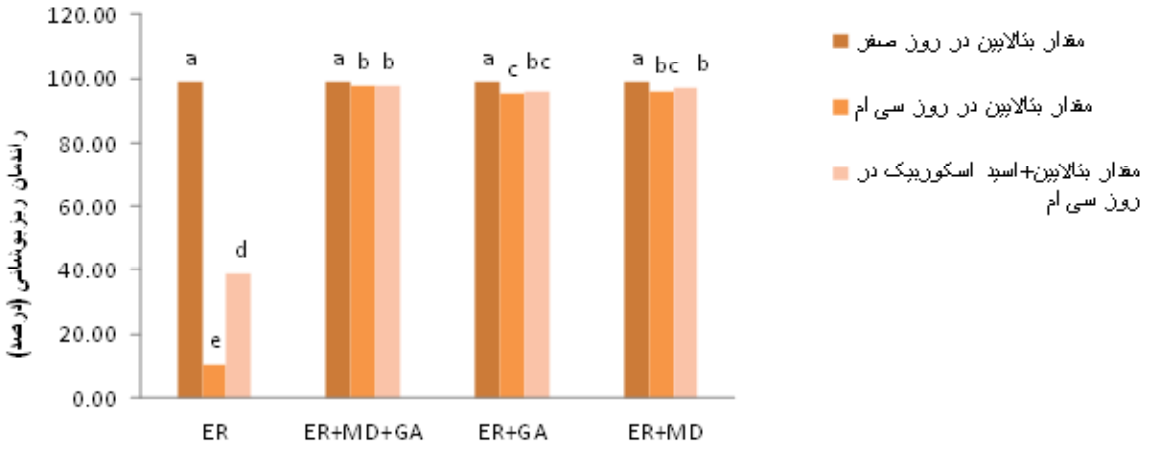
3-3-تاثیر عوامل دیواره ای بر پایداری رنگدانه بتالایین

شکل شماره (2) نتایج به‌دست آمده از آنالیز آماری داده‌های مربوط به اثر عوامل دیواره‌ای در حضور و عدم حضوراسید اسکوربیک بر پایداری بتالایین را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود گذشت زمان باعث کاهش مقدار بتالایین شد. در حالی‌که این مقدار کاهش در نمونه‌های حاوی اسید اسکوربیک کم‌تر دیده شد که می‌تواند به دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی این ماده باشد. بررسی اثر ساده نوع پوشش و زمان نگه‌داری بیانگر تاثیر معنی‌دار این عوامل بر پایداری بتالایین است($p<0/05$). مزیت استفاده از پلی‌ساکاریدها مانند حلالیت بالا، طعم شیرین و مطلوب و توانایی محافظت از ترکیبات زیست‌فعال در برابر اکسیداسیون، باعث استفاده از این مواد به‌عنوان عامل دیواره‌ای شده است [28]. نتایج به‌دست آمده از سایر تحقیقات نشان می‌دهد که فرایند ریزپوشانی در حضور مالتو دکسترین باعث تشکیل محصول ریزپوشانی با پایداری بسیار بالا در برابر اکسیداسیون شده است [29]. در میان عوامل دیواره‌ای صمغ عربی بدون اسید اسکوربیک کم‌ترین پایداری را از خود نشان داد ($p<0/05$)، حال آن که در میان نمونه‌های ریزپوشانی شده و حاوی اسید اسکوربیک هیچ‌گونه تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید ($p>0/05$).

نتایج نشان می‌دهد فرایند ریزپوشانی به تنهایی می‌تواند85/71 تا 88/09 درصد باعث افزایش پایداری رنگدانه‌ها گردد. در بین مواد دیواره‌ای قابل استفاده، مالتودکسترین به همراه صمغ عربی از کارایی بهتری برخوردار است [16].

4-نتیجه گیری

بررسی مقدار بتالایین موجود در عصاره چغندر قرمز، در یک بازه زمانی ده روزه نشان دهنده ناپایداری این رنگدانه



شکل(2) تاثیر زمان و عوامل دیواره‌ای بر قابلیت بازیابی بتالایین در زمان صفر و پس از 30 روز. ER: عصاره استخراجی، MD: مالتودکسترین، GA: صمغ عربی. ستون‌های با حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($p>0/05$)

www.SID.ir

Archive of SID

در شرایط محیطی است. استفاده از حلال آبی نسبت به حلال آب-اتانول و اتانول اسیدی مقادیر بتالایین استخراجی را افزایش می دهد. در بین حلال‌های مختلف، حلال‌های حاوی اسید اسکوربیک تاثیر بالایی در استخراج و پایداری بتالایین نشان دادند. هم‌چنین نتایج به‌دست آمده نشان داد که فرایند ریزپوشانی می‌تواند باعث افزایش پایداری رنگدانه بتالایین گردد. مقدار پایداری تابع ترکیب دیواره می‌باشد. با ریزپوشانی رنگدانه بتالایین می‌توان پایداری آن را افزایش داد.

تشکر و قدردانی

از معاونت پژوهشی دانشگاه زابل که هزینه این طرح را برعهده گرفتند، مراتب سپاسگزاری و قدردانی ابراز می‌گردد.

منابع

[1] Attia,Y., Gamila,Y., Moussa, M.E.M., Sheashea, E.R. (2013). Characterization of red pigments extracted from red beet (Beta vulgaris,L.) and its potential uses as antioxidant and natural food colorants. *Egypt.J. Agric. Res*., 91(3), 1095-1110.

[2]Delgado, F. (2000). Natural pigments:Carotenoids,Anthocyanins,and Betalains characteristic, biosynthesis, processing and stabilit. *Crit.Rev. J. Food Sci*., 40, 173-289

[3] Tesoriere, L., Allegra, M., Butera, D., Livrea, M.A. (2004). Absorption, excretion, and distribution in low density lipoproteins of dietary antioxidant betalains. Potential health effects of betalains in humans. *J. Clin. Nutr*., 80, 941-945.

[4] Cai, Y.Z., Cork, H. (2000). Production and properties of spary dried amranthus betacyanin pigments. *J. Food Sci*., 65(6), 1248-1252.

[5] Elbandy, M.A., Abdelfadeil, M.G. (2008). Stability of betalain from red beet (Beta vulgaris). *Egypt. J. Food Sci*., 36, 49 – 60 .

[6] Haghi, A.K., Amanifard, N. (2008). Analysis of Heat and Mass Transfer during Microwave Drying of Food Products. *Braz. J. Chem. Eng.*, 25, 491-501.

[7] Chronakis, I.S. (1998). On the molecular characteristics, compositional properties and structural-functional mechanism of maltodextrins:a review. *Criti. Rev. Food Sci. Nutr.*, 38(7), 599-637.

[8] Ersus, S., Yurdagelu,U. (2007). Microencapsulation of anthocyanin pigments of black carrot (Daucus carotal) by spray drier. *J. Food Eng.*, 80(3), 805-812.

[9] Robert, P., Gorena, T., Romero, N., Sepulvedu, E., Ghavez,J., Saenz, C. (2010). Encapsulation of polyphenols and anthocyanins from pomegrate (Punica granatum) by spray drying. *Int. J. Food Sci. Technol*., 45(7), 1386-1394.

[10] Wang, Y., Lu, Z., Lv, F., Bie, X. (2009). Study on microencapsulation of curcumin pigments by spray drying. *Eur. Food Res. Technal*., 229 (3), 391-396.

[11] Desai, K.G.H ., Park, H.J. (2005). Recent developments in microencapsulation of fooding redients. *Dry Technol.*, 23(7), 1361-1394.

[12] Karel, M., Langer, R. (1988). Controlled release of food additives. Risc S, Reineccius G. In; Flavour Encapsulation. *American Chemical Society*, Washington, pp177-191

[13] Oetjen G., Haseley P. (2004). Freeze-Drying. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co: Weinheim, 173-174

[14] Flink, J.M., Karel. M. (1970). Mechanisms of Deterioration of Nutrients. *J. Food Sci.*, 35, 444-446.

[15] Dib Taxi, C.M.A., Menezes, H.C., Santos, A.B. and Grosso, C.R.F . (2003). Study of the microencapsulation of camu-camu (Myrciaria dubia juice). *J. Icroencapsul*., 20, 443–448.

www.SID.ir

Archive of SID

[16] Desobry S.A., Netto F.M., Labuza T.P. (1997). Comparison of spray-drying, drum-drying and freeze-drying for b-Carotene encapsulation and preservation. *J. Food Sci.*, 62,1158–1162.

[17] Pitalua, E., Jimenez, M., Vernon-Carter, E., Beristain, C. (2010). Antioxidative activity of microcapsules with beetroot juice using gum arabic as wall material. *Food and Bioprocess Processing*., 88(2-3), 253-258.

[18] Azeredo, H., Santos, A., Souza, A. (2007). Betacyanin stability during processing and storage of a microencapsulated red beetroot extract. *Am. J. Food Technol*., 4(2), 307-312.

[19] Janiszewska, E., Wlodarczyk, J. (2013). Influence of spray drying conditions on beetroot pigments retention after microencapsulation process. *Acta Agrophysica.*, 20(2), 343-356.

[20] Ravichandran, K., Palaniraj, R., Gabr, A.R., knorr, D., Smetanska, I. (2014). Effects of different encapsulation agents and drying process on stability of betalains entract. *J. Food Sci. Technol*., 51(9), 2216-2221.

[21] Francis, F.G. (2000). Anthocyanin and betalains composition and application. *Cereal Food World*., 45, 208-213.

[22] Castellar, M.R., Obon, J.M., Alacid, M., Fernandez-Lopez, J.A. (2003). Color properties and stability of betacyanins from Opuntia fruits. *J. Agr. Food Chem.*, 51, 2772-2776

[23] مشرف بروجنی، ل. (1376) بررسی تولید رنگ خوراکی قرمز از چغندر قرمز و پایداری آن طی فرایندهای غذایی. *پایان‌نامه کارشناسی ارشد*، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، پژوهشکده فناوری‌های شیمیایی.

[24] ظهوری، آ.؛ طباطبایی یزدی، ف.؛ مرتضوی، س.ع.؛ شهیدی، ف. (1393) بررسی و مقایسه میزان بازدهی و استخراج ترکیبات رنگی و طبیعی چغندر قرمز با استفاده از روش‌های عصاره گیری خیساندن و فراصوت. فصلنامه *علوم و صنایع غذایی*، شماره52، دوره13، ص 54-47.

[25] Khaled, A.S. (2005). Studies on extraction, encapsulation, and utilization of red pigments from roselle calyces and red beet roots. *Doctor of philosophy, Department of Food Science and Technology Faculty of Agriculture, El-Fayoum, Cairo University.*

[26] Rostamzad, H., Shabanpour, B, Kashaninejad, M., Shabani, A. (2011). *Latin American Applied Research.*, 41, 135-140.

[27] Jacques, R.A., Freitas, L.S., Perez, V.F., Dariva, C., Oliveira, A.P., Oliveira, J.V., Caramao, E.B. (2005). Antioxidative activity of citric and ascorbic acids and their preventive effect on lipid oxidation in frozen persian sturgeon fillets. *Ulrtasonics Sonochem*, 14(1), 6-12.

[28] Gandia-Herrero, F. et al. (2010). Structural implications on color, fluorescences and antiradical activity in betalains. *J. Trebds in plant science*., 232, 449-460.

[29] Apintanapong, M., Noomborm, A. (2003). The use of spray drying to microencapsulated 2-acetyl-1-pyrolidine, a major flavor component of aromatic rice. *J. Food Sci.Technol.*, 38, 95-102.

www.SID.ir