

تعیین راندمان استخراج و پایدار سازی رنگدانه بتالایین چغندر قرمز

طیبه حدادی^{۱*}، محمد علی نجفی^۲

۱. مربی، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
۲. استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

(تاریخ دریافت: ۹۵/۱/۲۷، تاریخ پذیرش: ۹۵/۵/۲۷)

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 (20g:100ml_{ER})، مالتودکسترین: صمغ عربی: عصاره (10g:10g:100ml_{ER}) و صمغ عربی (GA): عصاره (20g:100ml_{ER}) 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 (60:38/5:1/5) 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.

۱- مقدمه

محدودیت رنگ‌های مصنوعی در مواد غذایی موجب شده تا تحقیقات گسترده‌ای به منظور تولید رنگ‌های طبیعی انجام گیرد. در حال حاضر در بسیاری از کشورهای پیشرفته صنعتی کاربرد رنگ‌های طبیعی در بسیاری از محصولات غذایی به‌ویژه در فرآورده‌های لبنی، بیسکویت، کنسروها، سبزی‌ها و میوه‌ها توصیه می‌شود. چغندر قرمز^۱ با دارا بودن رنگدانه بتالاین یکی از منابع مورد توجه جهت تهیه رنگدانه قرمز می‌باشد. گزارش شده چغندر قرمز حاوی حدود 380 میلی‌گرم بتالاین در هر 100 گرم میوه تازه است [1]. بتالاین‌ها ترکیبات رنگین نیتروژن دار محلول در آب هستند که شامل دو گروه رنگی بتالاین‌ها و بتازانتین‌های زرد رنگ می‌باشند [2]. اکسایش لیپیدها را کاهش داده و خاصیت آنتی‌اکسیدانی از خود نشان می‌دهند. آنتی‌اکسیدان‌ها رادیکال‌های آزاد را از بین می‌برند و بنابراین باعث پیشگیری بیماری‌هایی مانند سرطان و قلبی عروقی می‌شوند [2]. هم‌چنین گزارش شده بتالاین در برنامه‌های غنی‌سازی رژیم غذایی با لیپوپروتئین‌های 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 بتالاین‌ها 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 بتالاین‌ها، 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 فرآوری 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

1. Beta vulgaris

رنگدانه‌ها و جلوگیری از تخریب آن‌ها می‌باشد. استفاده از مواد دیواره‌ای مناسب در ریزپوشانی نمونه‌ها باعث پایداری آن‌ها در برابر حرارت، نور و pH می‌شود [6].

پایداری رنگدانه بتالاین 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 خشک کردن ترکیبات پوشش‌دار می‌توان از روش‌های متفاوتی استفاده کرد. خشک کردن 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 می‌شود [۱۲، ۱۳]. حفظ ترکیبات فرار در طول خشک کردن انجمادی وابسته به ترکیب دیواره و مواد هسته‌ای می‌باشد [۱۴، ۱۵]. 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 بتالاین 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 بتالاین چغندر قرمز می‌شود [20]. در کار حاضر، تاثیر حلال‌های مختلف شامل آب خالص، ترکیب آب: اتانول: اسید سیتریک با دو نسبت حجمی: حجمی 60:40:0 و 60:38/5:1/5 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 بتالاین استخراجی بررسی شد.

۲- مواد و روش‌ها

۱-۲- آماده سازی و استخراج

چغندرهای مورد نیاز از شهرستان قائن خریداری و به مقدار

عصاره استخراجی با مقادیر 10 گرم مالتو دکسترین و 10 گرم صمغ عربی مخلوط و به روش مشابه خشک گردیدند [23].

2-3- اندازه‌گیری مقدار بتالاین 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 بتالاین کپسوله شده، یک گرم از پودر مورد نظر را در 10 ml آب خالص حل و سپس به کمک دستگاه سانتیفریوژ (1914 g به مدت 20 دقیقه) رسوبات جداسازی و فاز بالایی جداسازی گردید. برای اطمینان از استخراج کامل بتالاین بخش پایینی دوباره در آب خالص حل و سانتیفریوژ گردید. جذب محلول در طول موج 535 نانومتر قرائت و به‌عنوان اندیسی از مقدار بتالاین گزارش گردید [20].

2-4- روش‌های آماری

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

3- نتایج و بحث

3-1- راندمان استخراج بتالاین

همان‌طور که جدول (1) نشان می‌دهد، گذشت زمان باعث کاهش معنی‌دار مقدار بتالاین شده است ($p < 0/05$). نگاه‌داری عصاره چغندر قرمز در شرایط دمایی محیط باعث کاهش جذب بتالاین 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

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 بتالاین از حلال‌های آب خالص W، ترکیب آب: اتانول: اسید سیتریک (W+EtoH+Cit) با نسبت‌های حجمی: حجمی 0:60:40 و 1/5:60:38/5 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 سانتیفریوژ (اپندورف مدل 5810 ساخت کشور آلمان)، با شتاب 1914 g به مدت 20 دقیقه سانتیفریوژ 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 0/05 درصد وزنی: حجمی از این ماده اضافه و در ظروف تیره در دمای 11 درجه سانتی‌گراد برای مدت ده روز نگاه‌داری، و در فواصل زمانی 48 ساعت مقادیر جذب بتالاین تعیین گردید [22].

2-2- ریزپوشانی بتالاین

بدین منظور 100 میلی‌لیتر از 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 نگاه‌داری شدند. برای ریزپوشانی با ترکیب صمغ عربی (GA) 100 میلی‌لیتر از عصاره استخراجی با 20 گرم صمغ عربی و برای تهیه نمونه ریزپوشانی شده با فرمول مالتو دکسترین (MD) و صمغ عربی (GA)، 100 میلی‌لیتر از

رنگدانه‌های موجود در چغندر قرمز محلول در آب بوده و در حلال آبی بیش‌ترین مقدار استخراج بتالاین را دارند. طبق آزمایشات محقق 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 اسکوربیک بر پایداری عصاره‌های استخراجی

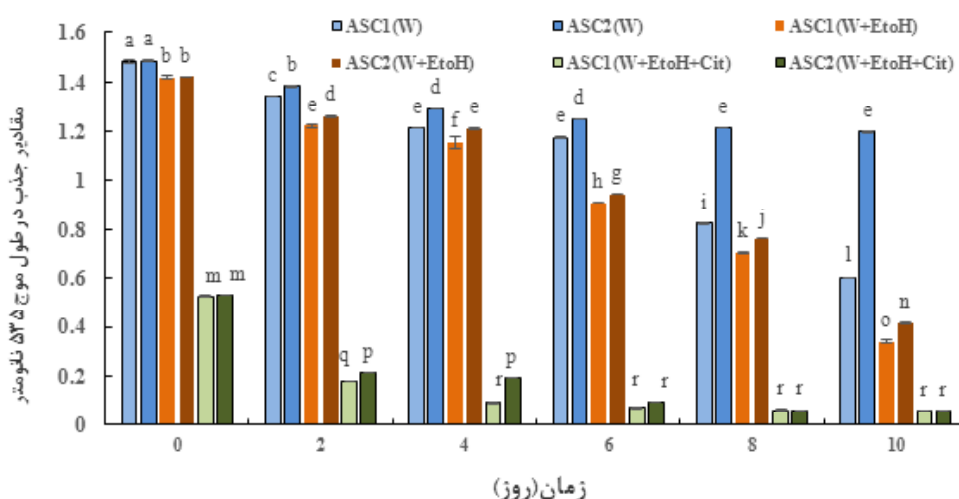
آنالیز داده‌های به‌دست آمده از شکل (1)، تاثیر اسید اسکوربیک بر پایداری رنگدانه بتالاین نشان داد افزودن مقدار 0/05% اسید اسکوربیک می‌تواند به‌طور معنی‌داری ($p < 0/05$) باعث

راندمان استخراج بتالاین 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 بتالاین به‌دست آمده با حلال آب-اتانول شامل 1/5% اسید سیتریک مشاهده گردید که می‌تواند به دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی اسید سیتریک باشد. [26]. ارزیابی مقدار بتالاین در روزهای مختلف نشان داد که با گذشت زمان تفاوت میان مقدار بتالاین به‌دست آمده توسط حلال آب خالص در مقایسه با حلال آب خالص+اتانول به شکل معنی‌داری بروز نموده است ($p < 0/05$).

جدول (1) تاثیر نوع حلال و مدت زمان نگهداری بر مقدار جذب بتالاین. آب خالص (W)، آب: اتانول (W+EtoH) و آب: اتانول: 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 بتالاین. ASC1 و ASC2 به ترتیب اسید اسکوربیک در سطح صفر و 0/05 درصد می‌باشد. ستون‌های با حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($p > 0/05$)

در حالی که 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 بتالاین 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 به‌تنهایی می‌تواند 85/71 تا 88/09 درصد باعث افزایش پایداری رنگدانه‌ها گردد. در بین مواد دیواره‌ای قابل استفاده، مالتو دکسترین به همراه صمغ عربی از کارایی بهتری برخوردار است [16].

4- نتیجه‌گیری

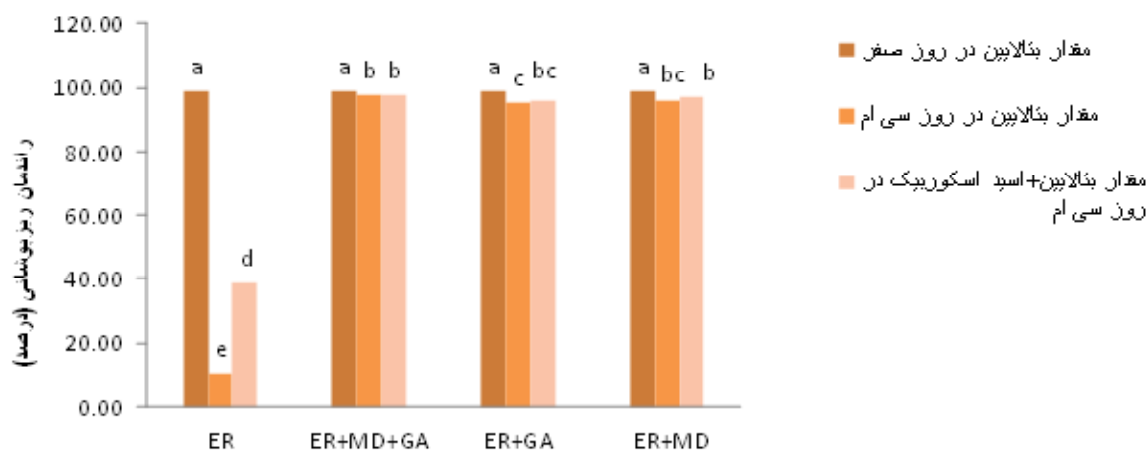
بررسی مقدار بتالاین موجود در عصاره چغندر قرمز، در یک بازه زمانی ده روزه نشان دهنده ناپایداری این رنگدانه

افزایش پایداری رنگدانه بتالاین گردد. بتالاین‌ها رنگدانه‌های حساسی هستند که در مجاورت هوا به راحتی اکسید شده و خاصیت آنتی‌اکسیدانی خود را از دست می‌دهند. در نمونه‌های بتالاین W این تاثیر تا روز دهم به شدت معنی‌دار بود به طوری که در روز دهم مقدار رنگدانه حفظ شده حاوی اسید اسکوربیک بیش از 80/60 درصد 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 بتالاین. ASC1 و ASC2 به ترتیب اسید اسکوربیک در سطح صفر و 0/05 درصد می‌باشد. ستون‌های با حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($p > 0/05$).

3-3- تاثیر عوامل دیواره‌ای بر پایداری رنگدانه بتالاین

شکل شماره (2) نتایج به‌دست آمده از آنالیز آماری داده‌های مربوط به اثر عوامل دیواره‌ای در حضور و عدم حضور اسید اسکوربیک بر پایداری بتالاین را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود گذشت زمان باعث کاهش مقدار بتالاین شد.



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

در شرایط محیطی است. استفاده از حلال آبی نسبت به حلال آب-اتانول و اتانول اسیدی مقادیر بتالاین استخراجی را افزایش می‌دهد. در بین حلال‌های مختلف، حلال‌های حاوی اسید اسکوربیک تاثیر بالایی در استخراج و پایداری بتالاین نشان دادند. همچنین نتایج به‌دست آمده نشان داد که فرایند ریزپوشانی می‌تواند باعث افزایش پایداری رنگدانه بتالاین

گردد. مقدار پایداری تابع ترکیب دیواره می‌باشد. با ریزپوشانی رنگدانه بتالاین 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.

Sci. Nutr., 38(7), 599-637.

[8] Ersus, S., Yurdagelu, U. (2007). Microencapsulation of anthocyanin pigments of black carrot (*Daucus carota*) 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. Technol.*, 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.

[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*

منابع

- [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. *Ultrasound Sonochem.*, 14(1), 6-12.
- [28] Gandia-Herrero, F. et al. (2010). Structural implications on color, fluorescences and antiradical activity in betalains. *J. Trends in plant science.*, 232, 449-460.
- [29] Apintanapong, M., Noomborn, A. (2003). The use of spray drying to microencapsulated 2-acetyl-1-pyrrolidine, a major flavor component of aromatic rice. *J. Food Sci. Technol.*, 38, 95-102.
- [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 extract. *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. پایان نامه 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 عصاره‌گیری خیساندن و فراصوت. فصلنامه علوم و صنایع غذایی، شماره 52، دوره 13، ص 47-54.