Archive of SID

فصلنامه فناوری‌های نوین غذایی، سال چهارم، شماره ۱۴، صفحه۱۲۹-۱۱۵، زمستان ۱۳۹۵

تهیه و فرمولاسیون گرید خوراکی رنگ طبیعی قرمز بتالایین از چغندر قرمز و میوه کاکتوس قرمز

ذاکر بحرینی*

استادیار، گروه صنایع شیمیایی آلی و دارویی، پژوهشکده فناوری‌های شیمیایی، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران

(تاریخ دریافت: 95/5/26، تاریخ پذیرش: 95/8/8)

چکیده

رنگ‌های خوراکی گیاهی به‌دلیل خوراکی بودن اصل گیاه به‌طور معمول بدون زیان تلقی می‌شوند. طبیعت انواعی از رنگدانه‌های روشن و دارای ارزش تجاری را برای غذاها فراهم می‌آورد. از جمله رنگ‌های خوراکی طبیعی بتانین می‌باشد. بتالایین‌ها و یا بتانین‌ها (CI Natural Red 33, E162) رنگدانه‌های گیاهی دارای نیتروژن هستند که فام آن‌ها دامنه‌ای از قرمز-بنفش (بتاسیانین) تا زرد (بتازانتین) را در بر می‌گیرد. این مواد برای ایجاد رنگ در فراورده‌های لبنی، گوشتی و انواع دسرها به‌کار می‌روندکه به‌صورت عصاره تغلیظ شده و یا پودر در دسترس می‌باشند. بتالایین‌ها علاوه‌بر مصرف به‌عنوان رنگ خوراکی، به‌دلیل خواص ضدالتهابی، ضداکسیدانی و ضدسرطانی مورد توجه بیش‌تری قرار گرفته‌اند. در این مطالعه، پودر قرمز رنگدانه با فرمولاسیون مناسب برای مصرف خوراکی با فناوری ریزپوشش‌دهی و خشک‌کن پاششی در مقیاس آزمایشگاهی از چغندر قرمز و میوه کاکتوس قرمز تهیه شده است. چغندر قرمز و کاکتوس از بازار محلی تهیه، با آب شسته، پوست کنده، به قطعات ریز تبدیل و یکنواخت شده است. عصاره یکنواخت شده صاف گردیده و با مالتودکسترین و اسکوربیک اسید مخلوط و با خشک‌کن پاششی خشک گردید. پارامترهای موثر در بازده مانند نسبت حلال به ماده جامد، pH و دما مورد مطالعه واقع شد. میزان مقایسه‌ای رنگینه موجود در گیاهان، پارامترهای رنگ سنجی و اجزاء به‌وسیله دستگاه‌های اسپکتروفوتومتر و HPLC آنالیز شد. نتایج نشان داد نسبت وزنی 1:1 از حلال آب و محصول، دمای 100-80 درجه سلسیوس، pH برابر 5/0، استخراج بازده مطلوب دارد. افزودن مالتودکسترین و اسکوربیک اسید به نسبت وزنی 1٪ نیز برای پوشش‌دهی و خشک کردن مفید می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: بتالایین، بتاسیانین، چغندر قرمز، کاکتوس قرمز، رنگ خوراکی قرمز.

* نویسنده مسئول: bahreiniz@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

1- مقدمه

1-1- رنگ کردن غذا

پدیده رنگ همواره به اشکال مختلف مانند طبیعت، نور، لباس، تجهیزات و خوراک بر زندگی انسان‌ها از جمله بر حالات روحی و ادراکی آن‌ها اثر می‌گذارد. اگرچه انتخاب بسیاری از رنگ‌ها توسط انسان ناخودآگاه است، اما رنگ غذا به‌عنوان یکی از نخستین ویژگی‌های مورد توجه مصرف‌کننده که جنبه بصری دارد، عاملی مهم در مقبولیت غذا است. قبل از آن‌که یک فرد مزه غذا را بچشد، رغبت خرید محصول، از راه رنگ آن در وی بر انگیخته می‌شود. یک رنگ جذاب، کیفیت و تازگی غذا را تداعی می‌کند که موجب انتخاب مصرف کننده می‌شود. رنگ می‌تواند بر اشتهای افراد نیز اثر مثبت یا منفی داشته باشد. میوه کال یا رسیده، مزه تند و ترش یا تازگی فراورده با رنگ درآمیخته است. براساس این تاثیرات اولیه، داوری این‌که آیا غذا برای خوردن سالم است یا خیر شکل می‌گیرد. اگر رنگ غذا با طعم سازگار نباشد، ممکن است در برخی موارد طعمی غیرواقعی تداعی شود. به طور مثال نوشابه با طعم پرتقال اگر سبز رنگ باشد، مزه لیمو را تداعی خواهد کرد، در حالی‌که همان طعم با رنگ نارنجی تداعی مزه معمول را دارد. همه افراد از کودکی عادت کرده‌اند که برای هر غذایی جلوه‌ای خاص در نظر بگیرند. تجربه نشان داده است هنگامی که رنگ غذا با انتظار فرد هماهنگی نداشته باشد، پذیرش آن اگر ناممکن نباشد، دشوار است. از آن‌جا که رنگ با این توقعات و داوری‌ها ارتباط نزدیک دارد، افرایش رنگ به آن، این امور را برآورده می‌کند. افزایش رنگ به غذا به‌منظور ارتقاء کیفیت قدمت طولانی دارد که حداقل می‌توان گفت از 1500 قبل از میلاد مسیح به‌وسیله مصری‌ها انجام می‌شده است[1-3].

بسیاری از خوراکی‌های خام هم‌چون میوه‌ها و سبزی‌ها رنگ جذاب و روشن دارند. به هر حال رنگ بسیاری از خوراکی‌ها در حین فراوری دچار تغییر می‌شود. اگر به برخی از خوراکی‌ها مانند شیرینی‌ها، بستنی‌ها و یا نوشابه‌های طعم‌دار رنگ نیفزایند بی‌رنگ و یا خاکستری جلوه می‌کنند. بنابراین رنگ یک امر اصلی در غذا است و تولیدکنندگان سعی در طبیعی نشان دادن آن دارند. افزودن رنگ به غذاها با استفاده از رنگ در دیگر نیازهای زندگی تفاوت‌های زیادی دارد. در این‌جا هنر، علم و مقررات درکنار هم قرار می‌گیرند. در بسیاری از کشورها، به‌علت جذابیت طبیعی خوراکی‌ها به آن‌ها رنگ نمی‌افزایند. با این وجود بنا به دلایل ذیل عمده خوراکی‌ها رنگ می‌شوند [4].

1) جایگزینی رنگ از دست رفته در حین فراوری و بازیافت جلوه اولیه آن،

2) افزایش رنگ موجود در غذا و اطمینان از یکنواختی آن به‌علت ناهمگونی در اجزاء رنگ‌های طبیعی،

3) کاهش تغییرات رنگ درحین فراوری و یا تنوع آن با توجه به اقلیم یا فصل سال،

4) ایجاد رنگ در غذاهای طبیعی بدون رنگ و

5) هماهنگی با ذائقه مشتری جهت برآورد کردن توقعات و جذاب و طبیعی نشان دادن کیفیت آن از راه بینایی [3، 5].

در کشورهای مختلف نوع و مقدار رنگ مصرفی با توجه به ملاحظات فرهنگی و بهداشتی فرق دارد. باید توجه داشت که رنگ افزودنی به غذا با آن واکنش شیمیایی نامطلوب ندهد و هم‌چنین باید بین جلوه ظاهری غذا با زمینه رنگ تفاوت قائل شد. امروزه در بسیاری از صنایع فراوری غذا، از دانش متخصصین رنگ خوراکی آگاه به متغیرهای موثر در غذا استفاده می‌شود. در بسیاری از کشورها مقررات محدودکننده‌ای برای مصرف رنگ در غذاها وضع شده است. چون همه غذاها نیاز به رنگ ندارند و هر رنگی نیز کاربرد معینی دارد.

طی چند دهه گذشته فاکتورهای متعدد اجتماعی، فنی و اقتصادی بر صنایع غذایی تاثیر گذاشته است. فرایندهای زیادی به‌منظور بهبود کیفیت و جلب نظر مشتریان خوراکی‌ها عملی شده است. در همین راستا صنایع تولید رنگ بر آن است که دامنه‌ای از رنگ‌ها را تدارک ببیند که دارای خواص و فرمولاسیون مطلوب بوده تا بتواند در صنایع خوراکی نقش موثر ایفا نماید.

پس از رونـق علم شیمی تعداد رنگ‌های مصرفی در خوراکی‌ها اعم از طبیعی و سنتزی فزونی یافت. به‌گونه‌ای که از قرمز سرب (Pb_3O_4) و ورمیلیون (HgS) برای رنگ کردن پنیر و قنادی استفاده می‌شد. از آرسنیات مس به‌منظور رنگ مجدد چای مصرفی استفاده شد تا این‌که افزودن نوعی رنگ به دسر در سال 1860 منجر به مرگ شد[6]. از سال 1865 به بعد که رنگ‌های سنتزی رواج یافت مصرف بدون مراقبت آن‌ها در غذاها نیز زیاد گردید. حتی در سال 1900 بسیاری

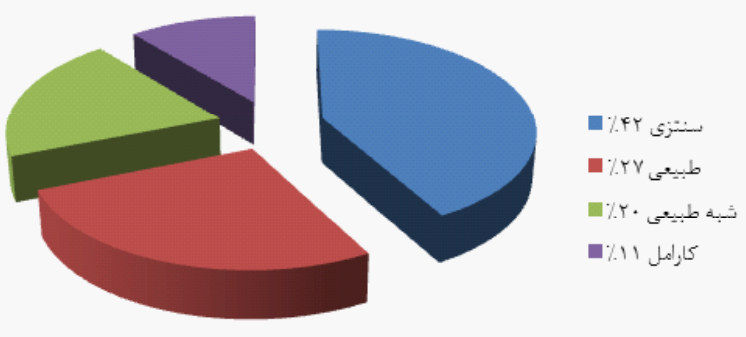
www.SID.ir

Archive of SID

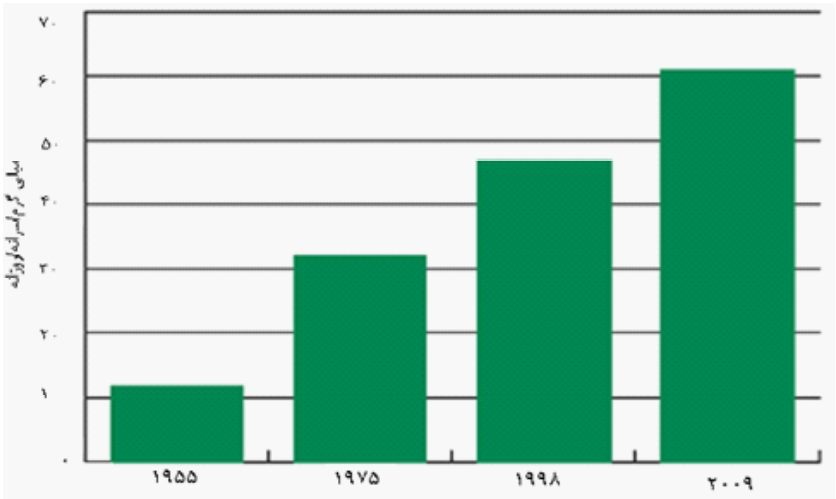
از رنگ‌های خوراکی سنتزی مصرفی از مشتقات آنیلین و قطران زغال سنگ بود. رنگ‌های سنتزی به‌علت ارزانی، فراوانی، پایداری و چشمگیر بودن بیش‌تر رنگ‌های طبیعی را تا حد زیادی به حاشیه راند. بعدها با توجه به عواقب سوء بهداشتی جهت مصرف رنگ‌های خوراکی سنتزی و طبیعی مقررات سختگیرانه‌ای وضع شد[6].

صنعت غذا بخش عمده‌ای از سرمایه‌گذاری‌های کشورها را به‌خود اختصاص داده است. بازار رنگ‌های خوراکی طبیعی امیدواری زیادی را ایجاد کرده است. قابلیت بازار جهانی رنگ‌های خوراکی به‌ترتیب در سال‌های 2000، 2005 و2010 برابر 2400، 3000 و 8000 تن بوده و رشد سالانه بازار رنگ‌های غذایی طبیعی 15-10% می‌باشد. اگرچه آمار دقیق و قابل اعتمادی در مورد مصرف رنگ‌ها در دسترس نیست، با این وجود، ارزش جهانی فعلی آن حدود 1/15 میلیارد دلار می‌شود که در شکل‌های (1) و (2) سهم نوع رنگ و مصرف روزانه/ سرانه نشان داده شده است [6].

در این تخمین رنگ‌های سنتزی 42٪، طبیعی 27٪، شبه طبیعی 20٪ و کارامل‌ها 11٪ را بخود اختصاص داده‌اند. با توجه به گرایش روزافزون مردم به مصرف رنگ‌های خوراکی طبیعی نرخ رشد رنگ خوراکی 10-5٪ در سال برآورد می‌شود. در اتحادیه اروپا 43 رنگینه به‌عنوان افزودنی مجاز به مواد غذایی تصویب شده که به هرکدام یک کد مخصوص با نماد E اختصاص یافته است. از این تعداد 17 قلم سنتزی و 26 قلم طبیعی و یا سنتزی شبه طبیعی است. در آمریکا 7 رنگینه سنتزی مجاز شمرده می‌شود. از بین رنگینه‌های مشابه طبیعی بتا-کاروتن بخش مهمی از بازار (17٪ بازار جهانی و 40٪ بازار اروپا) را به‌خود اختصاص داده است که تخمین زده می‌شود سالانه به 500 تن برسد. ارزش کاروتنوئیدها برابر 887 میلیون دلار ، بتا-کاروتن 242 میلیون دلار، کارامل‌ها 112میلیون دلار و بقیه رنگ‌های طبیعی 353 میلیون دلار برآورد شده است. با احتساب نرخ رشد 3٪ در سال 2018 مصرف کاروتنوئیدها به 1/4میلیارد دلار نیز خواهد رسید. میزان تولید بتالاایین‌ها تا 96000 تن در سال گزارش شده است [7-10].



شکل(1) سهم انواع رنگ‌های خوراکی در بازار جهانی [6]



شکل(2) مصرف رنگ‌های خوراکی روزانه/سرانه (بر اساس گزارش FDA) [6]

www.SID.ir

Archive of SID

2-1- رنگینه های افزودنی عمده و اصلی

رنگینه‌های گیاهی چهار دسته‌اند، که عبارتند از کلروفیل‌ها، کاروتنوئیدها، آنتوسیانین‌ها و بتالایین‌ها که به‌عنوان رنگ‌های خوراکی اصلی در نظر گرفته می‌شوند. اگرچه پایداری رنگ‌های خوراکی طبیعی از نوع سنتزی کم‌تر است، اما لازم است خواص آن‌ها مورد بررسی قرار گیرد.

3-1- بتالایین (فام‌های قرمز- صورتی-E162)

منبع اصلی بتالایین خوراکی چغندر قرمز (Beta Vulgaris) است. اخیرا از کاکتوس قرمز (Prickly pear) نیز آن را تهیه نموده‌اند. بتالایین‌ها همانند آنتوسیانین‌ها در آب محلولند. این رنگینه‌ها دو گروه ساختاری دارند، بتاسیانین‌های قرمز- بنفش و بتازانتین زرد (شکل3). بتاسیانیدین‌ها درهم آمیخته (گانژوگه) سیکلودوپا و بتالامیک اسید و بتازانتین‌ها درهم آمیخته اسیدهای آمینه، آمین‌ها و بتالامیک اسید هستند. همانند آنتوسیانین‌ها، بتاسیانیدین‌ها (آگلیکن‌ها) اغلب گلیکوزیده شده‌اند که به آن‌ها بتاسیانین گفته می‌شود و قسمت قندی آن ممکن است آسیله شده باشد. تاکنون فقط رنگ قرمز حاصل از چغندر یا در واقع همان بتانین به‌عنوان رنگ غذایی تصویب شده است. برخی از چغندرها تا حدود 100 تا 200 میلی‌گرم بتاسیانین به ازاء 100 گرم ماده اولیه تازه و یا 38- 16 میلی‌گرم به ازاء 100 گرم از محصول خشک را فراهم می‌آورند [11]. در مواردی مقدار بتالایین در منبع اصلی آن چغندر قرمز برابر 130 میلی‌گرم خالص به ازاء 100 گرم چغندر تازه و گاهی نیز450 میلی‌گرم نیز گزارش شده است. متوسط محتوای بتانین در نمونه‌های پودر حاصل از کاکتوس 56 میلی‌گرم خالص در 100 گرم کاکتوس تازه می‌باشد. هنگامی که عصاره چغندر قرمز به‌عنوان عامل رنگ مصرف می‌شود، برای عاری شدن از میکروارگانیسم‌ها پاستوریزه می‌شود. این عصاره می‌تواند تا 70% قند و 0/5٪ رنگدانه بتانین داشته باشد. با تخمیر و حذف الکل نیز در مراحل تخمیر می‌توان محتوای رنگی را افزایش داد [12، 13]. همانند دیگر رنگ‌ها، عصاره چغندر را می‌توان با تکنیک خشک‌کن پاششی، خشک نمود و پودر به‌دست آورد. چون بتانین رنگی قوی است، برای ایجاد رنگ در غذاها و نوشابه‌ها اندکی از آن کافی است. بتانین به حرارت کاملاً حساس بوده و اگر مقدار آب نوشابه زیاد باشد مستعد اکسید شدن است. در pHهای 3 تا 7 در غذاها پایدار می‌ماند و pH بهینه آن 4/5 می‌باشد و بنابراین به‌راحتی می‌توان در کوتاه مدت در مواد غذایی از آن به‌جای آنتوسیانین استفاده نمود. در صورتی که برای طولانی مدت حرارت داده شود، به رنگ قهوه‌ای در می‌آید که مناسب برای غذاها نمی‌باشد. اما برای غذاهای سرد شده مناسب است. بهتر است رنگ در مرحله آخر فرایند افزوده شود تا تحت تاثیر حرارت آسیب نبیند. اگر مقدار قند زیاد و یا آب کم باشد مقاومت حرارتی آن بیش‌تر است. به‌منظور مقاومت در برابر اکسیداسیون به آن آنتی اکسیدان (به‌طور معمول به میزان 1% اسید اسکوربیک) افزوده می‌شود [14، 16].

1-3-1- بتالایین‌ها به عنوان رنگ خوراکی

این رنگدانه به‌طور معمول به مقدار 25-4 میلی‌گرم در کیلوگرم غذاها با توجه به نوع مصرف متفاوت است. برای حصول فام مطلوب غلظت اندکی از رنگینه کفایت می‌کند که به‌ندرت از 50 میلی‌گرم به ازاء یک کیلوگرم غذا تجاوز می‌کند. حد ترجیحی مجاز برای مصرف روزانه بتالایین از 10 تا 50 میلی‌گرم بیان شده است. مقدار بتانین که روزانه از طریق غذا می‌تواند جذب بدن انسان شود، حدود 0/5 تا 2 میلی‌گرم است. مقدار آنتوسیانین جذبی حدود 12/5 میلی‌گرم در روز است. بر اساس مصوب FDA مقدار مجاز رنگ خوراکی مصرفی هر فرد (با وزن 60 کیلوگرم) در روز 59 میلی‌گرم است. در بسیاری از کشورها مقدار رنگ خوراکی افزودنی به غذا در حدود یک صدم درصد وزنی/ وزنی است. رنگدانه‌های تجاری حاصل از چغندر قرمز به دو صورت کنسانتره (تولید شده تحت خلا با محتوای 65 -60 ٪ مقدار کل جامد) و یا پودر (با محتوای 0/3 تا 1 درصد) در بازار در دسترس هستند. گفته می‌شود به‌علت طعم خاکی این محصول که ناشی از وجود ترکیبات جئوسمین (geosmin) و پایرازین (pyrazine) در آن است، برای رنگی کردن فراورده‌های لبنی مطلوب نمی‌باشد، ضمن آن که فقدان این طعم در عصاره کاکتوس یک مزیت محسوب می‌شود. در جدول (1) نوع غذاها و میزان تقریبی بتالایین مورد نیاز آورده شده است [12، 13].

محققان در نقاط مختلف دنیا با توجه به شرایط اقلیمی و

www.SID.ir

Archive of SID

جدول(1) کاربرد بتالایین به‌عنوان رنگ در محصولات غذایی [12، 13]

نوع غذا	فام	میزان مجاز مصرفی (درصد وزنی)
محصولات لبنی	-	-
ماست توت فرنگی	صورتی- رز	0/09
بستنی	صورتی	0/025
محصولات گوشتی	-	-
سوسیس	صورتی	600 میلیگرم بر 100 گرم
ران، ژامبون پخته (ham)	صورتی-قهوه ای	0/17
نوشیدنی ها	صورتی-قرمز	1/5 -1/0
بستنی های یخی	قرمز	1/0 -0/5
پاستیل	قرمز	0/4
کرم بیسکویت	صورتی-قهوه ای	2/5
ژله ها	صورتی	0/1

نوع محصول محلی در خصوص استخراج بتالایین‌ها و هم‌چنین بتانین‌ها از چغندر قرمز و کاکتوس با تکنیک‌های مشابه و یا متفاوت برای بررسی جنبه‌های متنوع مربوط به آن اقدام نموده‌اند. آوورا استورزوا و همکاران [17] پارامترهای موثر در غلظت رنگدانه و حلالیت آن در حلال‌های مختلف را مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیده‌اند که محلول‌های آبی 1٪ اسید اسکوربیک، 2٪ اسید سیتریک و یا اتانل 20٪ همراه با 5٪ اسید اسکوربیک از جمله بهترین حلال‌ها هستند. النا و همکاران [18] رنگدانه قرمز حاصل از کاکتوس بومی مکزیک را مورد کمیت‌سنجی قرار داده و مدعی شده‌اند که توانسته‌اند مقدار 8/1 میلی‌گرم رنگدانه را به ازاء هر گرم پودر خشک میوه استحصال کنند و در مقایسه با بازده 8/6 میلی‌گرم رنگ با همان نسبت از چغندر قرمز کار را رضایت‌بخش دانسته‌اند. بوریس نمزر و دیگران [19] اجزاء و مشتقات حاصل از تجزیه و فروپاشی بتانین را در حین فراوری با فناوری‌های خشک‌کن پاششی و خشک‌کن انجمادی مطالعه نموده و ضمن ارائه اجزاء فراوان حاصل به این نتیجه رسیده‌اند که در روش خشک کردن انجمادی بازده 41٪ به‌دست می‌آید. پیتالوا و پیتر [20، 21] خواص آنتی اکسیدانی رنگدانه را گزارش نموده‌اند. سای و همکاران [22] اثر دما را در پوشینه کردن بتالایین با مواد مختلف در فناوری خشک کن پاششی با دمای بهینه ورودی 180 و خروجی 90 درجه سلسیوس گزارش نموده‌اند. فلورینا و همکاران [23] اثر هم افزایی (سینرژیک) مخلوط بتانین و آنتوسانین در شدت رنگ حاصل به‌منظور تهیه رنگ خوراکی را بررسی و نتیجه گرفتند که در pH برابر 3/5 فام مطلوب حاصل شده است. کاویتا و ونکاتاسوب [24] از روش‌های میکروویو و فراصوت جهت استخراج بتانین کمک گرفته و نشان دادند که در توان‌های 900 و 1800 وات اعمال شده بازده به‌ترتیب 7٪ و 19٪ به‌دست آمده و استفاده از روش فراصوت با توجه به منشا اقلیمی ماده اولیه از 13 تا 100٪ بازده داشته‌اند. در مطالعات کریستین هربچ [25] پایداری و مسیر تجزیه بتانین تحت شرایط مختلف عمل‌آوری بررسی شده و تعداد زیادی از مشتقات ناشی از فروپاشی رنگدانه گزارش شده است.

در این مطالعه روش بهینه استخراج، پوشش‌دهی و فرمولاسیون گرید خوراکی بتالایین و پارامترهای موثر بر بازده به‌طور مقایسه‌ای برای رنگینه حاصل از چغندر قرمز محلی و کاکتوس قرمز دریافتی از شمال کشور بررسی شده است.

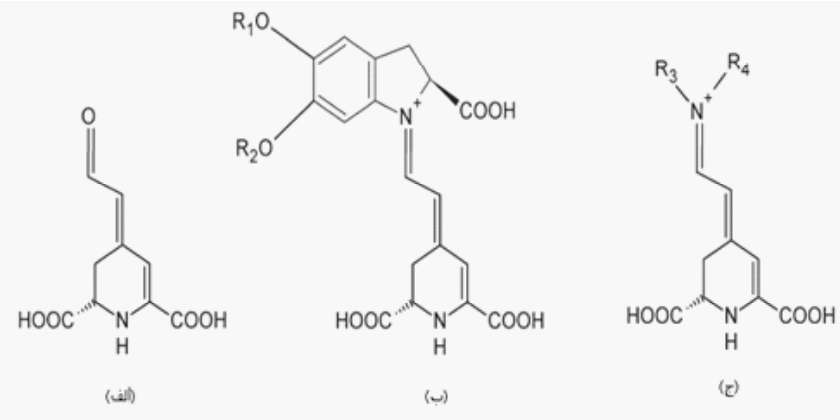
2- مواد و روش‌ها

2-1- مواد

ریشه چغندر قرمز، میوه کاکتوس قرمز، مالتودکسترین و صمغ عربی با گرید خوراکی، اسید اسکوربیک، سیلیکاژل، بافر سیترات- فسفات، استونیتریل، اتانل ، اتیل استات (آزمایشگاهی ، مرک).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل (3) ساختار شیمیایی بتالامیک اسید (الف)، بتاسیانین‌ها (ب) و بتازانتین‌ها (ج)، R_1 و R_2 = هیدروژن، گروه آسیل و یا قندی، R_3 = گروه آمینو یا آمینو اسید، R_4 = به‌طور معمول هیدروژن [11-13]

2-2- استخراج عصاره

گیاه تازه شامل چغندر قرمز و کاکتوس قرمز از بازار محلی تهیه گردید. با آب سرد شسته و با دست و هم‌چنین دستگاه آسیاب به تکه‌های ریز تبدیل شد. سپس با دستگاه آبمیوه‌گیری از نوع Moulinex mod. juice extractor, 140-1-03 عصاره آن گرفته شد. در روش دیگر نمونه‌ها به داخل بشری 2/5 لیتری انتقال داده شد و آب تا حد پوشانیدن سطح نمونه (به‌طور معمول نسبت وزنی 1:1) به آن اضافه گردید. در دمای 100-80 درجه سلسیوس به مدت 3 ساعت تا جایی که توده چغندر بی‌رنگ شود، عصاره استخراج گردید. به‌منظور حذف الیاف و مواد جامد دیگر این عصاره به‌وسیله پارچه نایلونی با روزنه 0/2 تا 0/45 میکرومتر صاف گردید. pH عصاره به‌دست آمده از چغندر قرمز برابر 5/6 و کاکتوس قرمز 6/0 اندازه‌گیری شد. سپس عصاره تغلیظ گردید، به‌گونه‌ای که محتوی مواد جامد 0/6درصد باشد. با وجود این‌که در منابع علمی استخراج با مخلوط آب و الکل (50:50) و افزودن کمی اسید توصیه شده است [22]، اما در عمل مشاهده گردید که بدون الکل و در واقع آب مقطر نیز عصاره‌گیری وضع مطلوبی دارد. در این راستا به منظور تعیین اثر پارامترهای مهم آزمایش‌های زیر به انجام رسید.

2-3- اثر حجم آب مصرفی در استخراج میزان رنگدانه

مقدار 5 گرم از پالپ نمونه را به‌ترتیب در 5، 10، 15 و 25 میلی‌لیتر از آب مقطر ریخته و عصاره‌گیری تا بهترین نسبت برای حجم آب و وزن ماده مصرفی در دمای 100 درجه سلسیوس و میزان محصول به‌دست آید، به انجام رسید. البته تمام عصاره‌ها صاف شده تا عاری از پالپ شده و این نسبت به تعداد چند مرتبه تکرار شدند. مقدار کل بتالایین حاصله از 5 گرم پالپ در حجم‌های نامبرده آب به‌ترتیب عبارتند از 25/5، 25/3، 24/9 و 24/2 میلی‌گرم بر لیتر.

2-4- اثر دما بر بازده استخراج رنگدانه

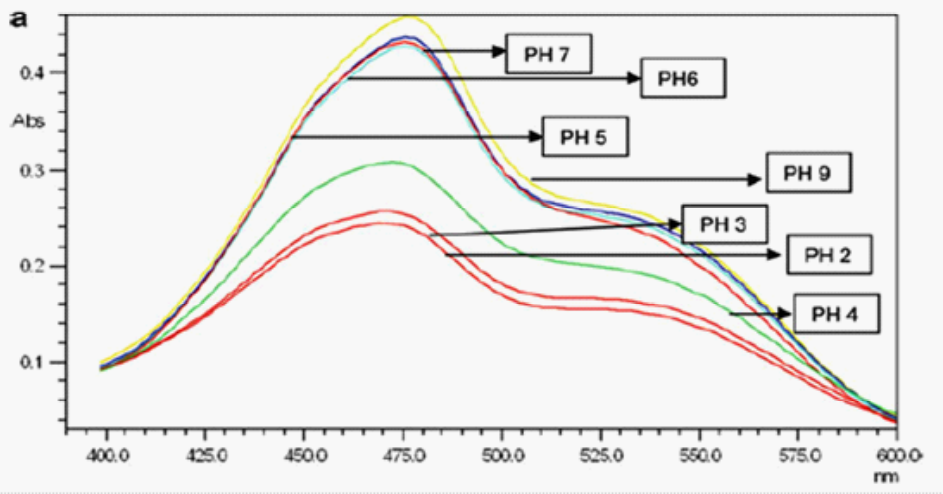
مقدار 5 گرم از پالپ را در مقدار بهینه آب حل نموده و در دماهای اتاق، 40، 60، 80 و 100 درجه سلسیوس برای مدت 10 دقیقه اقدام به استخراج رنگدانه نموده تا دمای بهینه به‌دست آید. مقدار کل بتالایین به‌دست آمده در دماهای 40، ۶۰،۸۰ و 100 درجه سلسیوس به‌ترتیب عبارتند از 26/1، 25/6، 26/1، 25/7 و 26/2 میلی‌گرم بر لیتر.

2-5- اثر pH در پایداری رنگدانه

اثر تغییرات pH در پایداری عصاره‌ها در دامنه pH برابر 1 تا 9 بررسی شد. در این آزمون‌ها 2 میلی‌لیتر از محلول استخراجی با بافر 6/0 (سیترات-فسفات) [22] مربوطه آماده و در لوله ازمایش حفاظت شده در برابر نور در دمای اتاق به‌مدت 7 روز نگه‌داری شد و محتوای رنگی (بر مبنای جذب) آن‌ها اندازه‌گیری شد که در شکل (4) آورده شده است. از منحنی جذب مشاهده می‌شود که پیک حداکثر جذبی در تمام pHها ثابت است، اما مقدار جذب به‌دلیل تولید اپیمر ایزوبتانین

www.SID.ir

Archive of SID



شکل (4) اثر pH عصاره بر پایداری رنگدانه

افزایش یافته است.

2-6- پوشش دهی، فرمولاسیون و خشک کردن عصاره

علی‌رغم قابلیت بالای رنگی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی بتالاییین‌ها تاکنون به‌طور فراگیر از سوی صنایع غذایی به‌عنوان افزودنی جای نیفتاده‌اند. این امر به‌دلیل ناپایداری آن‌ها برای مدت طولانی و یا مشکلات فنی از قبیل چسبندگی و کلوخه شدن می‌باشد [26]. پایداری این رنگینه‌ها تحت تاثیر عواملی هم‌چون دما، نور، رطوبت، فعالیت آنزیم‌ها، pH و اکسیژن می‌باشد [27، 28]. با استفاده از فناوری پوشینه کردن می‌توان بر برخی از این مشکلات فائق آمد. به‌طور معمول پوشش‌دهی را فناوری‌ای می‌دانند که به‌واسطه آن یک ماده زیست فعال با یک پلیمر زیستی پوشش داده می‌شود تا برابر عوامل مخرب پایدار شود. یکی از روش‌های رایج پوشش‌دهی استفاده از خشک‌کن پاششی است [22]. به‌دست آوردن پودر کافی با محتوای اندک رطوبت با فناوری خشک‌کن پاششی از جمله نکات پر اهمیت است. کنسانتره حاصله با صمغ عربی و مالتودکسترین به نسبت وزنی (3 افزودنی : 1 عصاره) و اسکوربیک اسید (1/0٪ وزنی) مخلوط و همگن شده و به‌وسیله خشک‌کن پاششی در دستگاه بوچی (Buchi -190) با دمای ورودی 160 و خروجی 80 درجه سلسیوس، سرعت پمپ 0/4 لیتر بر ساعت، فشار اتمایزر 5 بار و شدت جریان هوا 400 اسپری، اتمیزه و خشک گردید. در آزمایش‌های مختلف خشک کردن با این روش به‌طور متوسط از 400 گرم ماده خام عصاره حاصل از چغندر قرمز نزدیک به 100 گرم عصاره و در نهایت 7 گرم پودر خشک و برای کاکتوس مقدار3 گرم پودر خشک (رنگ و مواد قندی) با همین شرایط بدون مالتودکسترین و اسکوربیک اسید به‌دست آمد که البته مقدار رنگ خالص قطعاً کم‌تر خواهد بود و پس از فرمولاسیون این مقدار افزایش خواهد یافت. لازم به یادآوری است که در نوع تجاری این رنگینه‌ها نیز موادی قندی جدا نمی‌شوند.

2-7-آنالیز

2-7-1- طیف جذبی و تعیین مقدار کلی بتالاییین در کنسانتره

بر اساس روش نیلسون [29] می‌توان هر دو رنگدانه بتالاییین قرمز و زرد را در عصاره بدون نیاز به جداسازی بتاسیانین‌ها و بتازانتین‌ها اندازه‌گیری نمود. تعیین مقداری آن‌ها با روش اسپکتروفوتومتری است که با استفاده از طول موج حداکثر جذبی و سپس تبدیل آن به غلظت عمل می‌شود. روش دیگر بر مبنای الکتروفورومتری است که روش جداسازی پیگمنت‌ها و آن‌گاه اندازه‌گیری شدت باندهای مربوط به دانسیتومتر است. نتایج بر حسب سطح زیر پیک و برحسب سانتی‌متر مربع به‌دست می‌آید. اندازه‌گیری به‌وسیله اسپکتروفوتومتر و HPLC حدود 15٪ تفاوت دارد که به تاثیر حرارت کاربردی مربوط است.

www.SID.ir

Archive of SID

قبل از خشک کردن عصاره‌های صاف شده از هر دو نمونه گیاهی، حجم معینی از آن با آب مقطر تا 100 میلی‌لیتر رقیق گردید. طیف جذبی مرئی توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر پرکین المر مدل 25 انجام شد. غلظت و بازده رنگدانه‌های بتاسیانین و بتازانتین به ترتیب بر حسب بتانین و ولگازانتین-I در طول موج‌های 538 و 480 نانومتر مطابق معادلات (1) و (2) محاسبه گردید. مقدار کلی محتوای رنگدانه بتالایین به‌صورت مجموع اجزاء بتاسیانین و بتازانتین بیان گردید که البته در جذب عصاره هر دو گیاه تفاوتی قابل ملاحظه مشاهده نگردید و با متون گزارش شده مطابقت دارد [15، 29].

$$BC(mg/L) = [(A\times DF\times MW\times 1000)/(e\times l)] \quad (1)$$

BC غلظت بتالایین، A جذب، DF فاکتور رقیق سازی، l طول سل (1 سانتی‌متر)، MW وزن مولکولی بتازانتین یا بتاسیانین، e ضریب خاموشی، (وزن ملکولی بتاسیانین 550 گرم بر مول (g/mol) و ضریب خاموشی 60000 لیتر بر مول سانتی‌متر (L/mol cm) در آب و وزن مولکولی بتازانتین 308 و ضریب خاموشی48000 اعمال شد. بتاسیانین به میزان 5/8-7 میلی‌گرم در لیتر و بتازانتین به میزان 5/2 تا 5/8 میلی‌گرم در لیتر به‌دست آمد. حداکثر بتالایین مشاهده شده از چغندر قرمز 557 میلی‌گرم در کیلوگرم و بتالایین مربوط به کاکتوس قرمز 4/0 میلی‌گرم در لیتر عصاره و 210 میلی‌گرم در کیلوگرم ماده تازه بوده است که فام قرمز-ارغوانی دارد و با دیگر گزارش‌ها همخوانی نسبی دارد [14، 28، 30]. به‌نظر می‌رسد که بتازانتین عصاره کاکتوس بر اثر حرارت زایل شده است.

$$Yield\ (\%) = (W1\ /W2\times 100) \quad (2)$$

W1 وزن عصاره پس از تبخیر حلال و W2 وزن ماده خام مصرفی است.

2-7-2- تفکیک اجزاء عصاره

کنسانتره حاصل که محتوای بتالایین آن 0/6 درصد وزنی-وزنی است با پارچه نایلونی با روزنه 0/20 تا 0/45 میکرومتر صاف گردید و برای کروماتوگرافی ستونی آماده شد. ستون کروماتوگرافی به‌وسیله Silicagel 60 (machery nagel, Mn-kiesegel 60) پر گردید. آنگاه کنسانتره با pH برابر 5/3-6/3 از آن عبور داده شد. مواد خروجی به‌ترتیب زمانی و با توجه به تفاوت فام جمع آوری گردید. طیف اسپکتروفوتومتری مرئی آن‌ها گرفته شد. در این آزمایش از سیستم حلالی با نسبت وزنی (آب 2 : استونیتریل 1: اتیل استات 1 :اتانل 1) استفاده گردید. طیف‌های مربوطه در شکل‌های (5) و (6) ارائه شده‌اند.

3-7-2- آنالیز HPLC

نمونه‌های بتالایین استخراجی با استفاده از دستگاه Waters 486 با دتکتور UV-VIS مورد آزمایش HPLC قرارگرفت. در این آنالیز ستون C18، حلال استونیتریل، حجم تزریق 10 میکرولیتر، سرعت جریان 0/5 میلی لیتر بر دقیقه، طول موج جذبی 538، 505، 480 و 533 نانومتر در 35 درجه سلسیوس در نظر بوده است. کروماتوگرام‌ها در شکل‌های (7) و (8) نشان داده شده‌اند که اجزاء عصاره با زمان بازدارندگی مندرج در جدول (2) متمایز می‌باشند. در کروماتوگرام HPLC پیک بتازانتین در طول موج 476 نانومتر در زمان بازدارندگی 15/6 دقیقه ظاهر شده است. پیک بتانیدین و ایزوبتانیدین با طول موج جذبی بترتیب 541 و537 نانومتر در زمان بازدارندگی 27/6 و 30/7 دقیقه پدیدار گردیده‌اند [۳۰،۳۱].

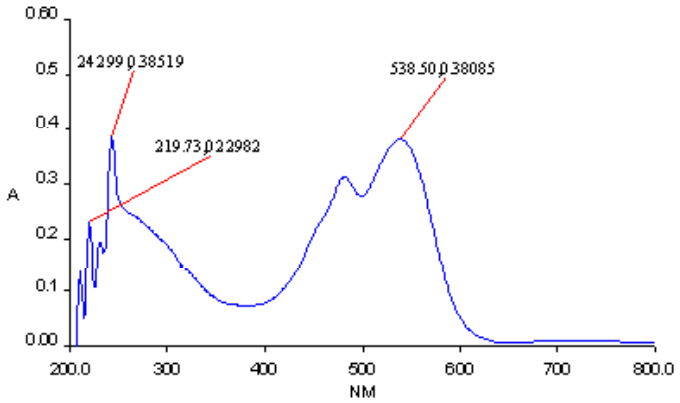
4-7-2- پارامترهای رنگ‌سنجی

عصاره آبی رنگدانه با بافر 6/0 (سیترات-فسفات) رقیق شده و در محدوده 380-780 نانومتر با توجه به طول موج حداکثر جذبی و سل با طول 1 سانتی‌متر با دستگاه اسپکتروفوتومتر تحت نور D65 و زاویه دید 10 درجه مورد آزمایش قرار گرفت. این پارامترها بر روی دایره رنگ‌سنجی مختصاتی دارند و گویای میزان روشنایی= L* (L* برابر با صفر جسم سیاه، L* برابر با صد جسم سفید یا بی‌رنگ)، a* قرمزی (+a* قرمزی، -a* سبزی)، b* زردی (+b* زرد ، -b* آبی) C* اشباع‌شدگی و h0 زاویه فام را نشان می‌دهد (زاویه 0 یا 360 درجه گویای فام قرمز، زاویه 90 فام

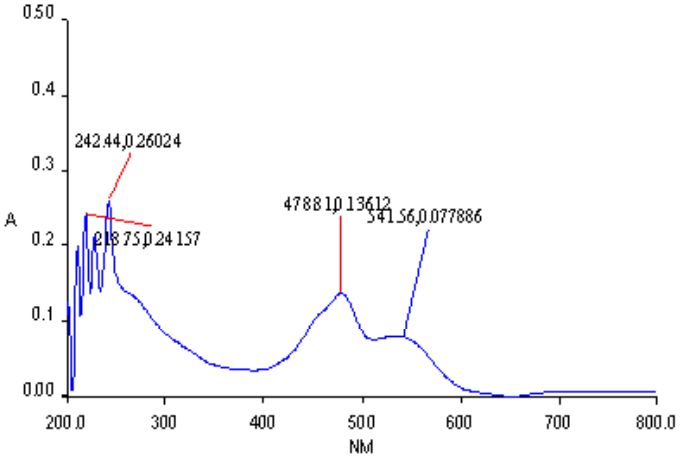
CIE L* a* b* C* h0

www.SID.ir

Archive of SID



شکل(5) طیف جذبی مرئی بتاسیانین



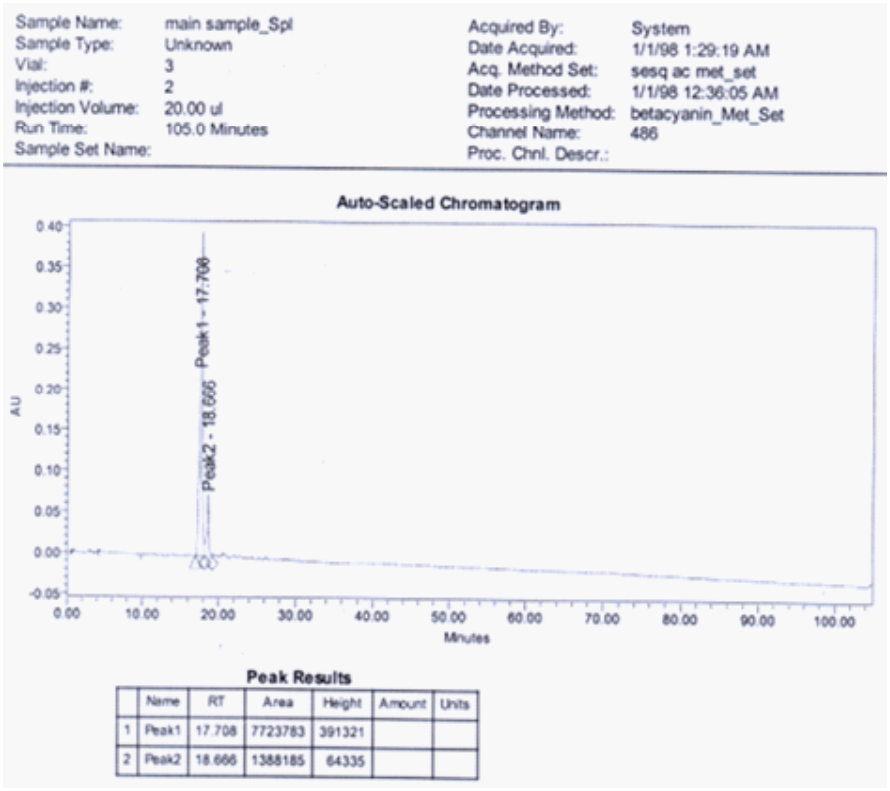
شکل(6) طیف جذبی مرئی بتازانتین

جدول (2) زمان بازدارندگی اجزاء عصاره بتالایین در HPLC [30-31]

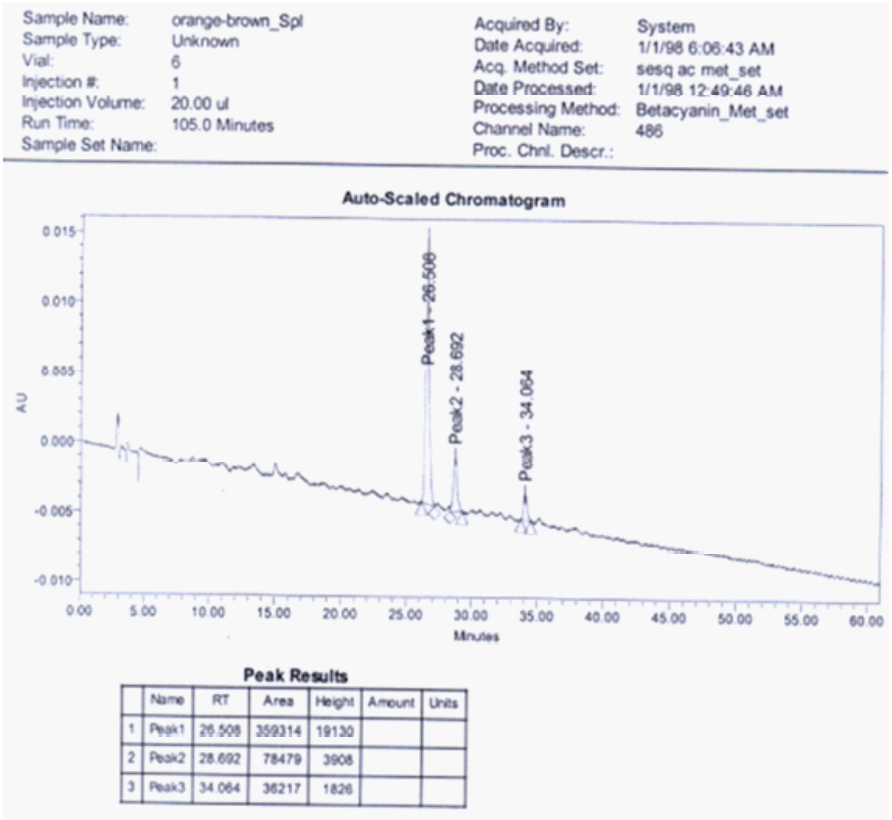
شماره پیک	نام شیمیایی ترکیب (نام عامیانه ترکیب)	زمان بازدارندگی(دقیقه)		فام	طول موج حداکثر جذبی(nm)
1	Cyclo-Dopa-5-O-β-glucoside	-	7/6	-	285
2	Glutamine-betaxanthin (Volgaxanthin I)	-	14/7	زرد	474
3	Betanidin-5-O- β-glucoside (betanin)	17/70	20/5	قرمز	538
4	17-decarboxy-betanin	18/66	22/1	قرمز	505
5	Iso-betalamic acid	-	23/1	-	410
6	Isobetanidin-5-O- β-glucoside (isobetanin)	-	24/1	-	538
7	17-decarboxy-isobetanin	26/49	26/1	قرمز	505
8	betanidin	24/64	27/5	نارنجی	544
9	15-decarboxy-betanin	29/01	31/1	قرمز	538
10	isobetanidin	-	33/3	-	538
11	Neobetanin, decarboxylated	34/064	33/4	نارنجی	453
12	Neobetanidin-5-O-- β-glucoside (neobetanin)	-	45/9	-	487

www.SID.ir

Archive of SID



شکل (7) کروماتوگرام بتانین و ایزوبتانین



شکل(8) کروماتوگرام بتانیدین و نئوبتانین

www.SID.ir

Archive of SID

زرد، زاویه 180، فام سبز و زاویه 270 فام آبی). نتایج رنگ سنجی اجزاء عصاره در جدول (3) آورده شده است. به علت زایل شدن بتازانتین دراثر حرارت استخراج مقدار *b مشخص نیست [32].

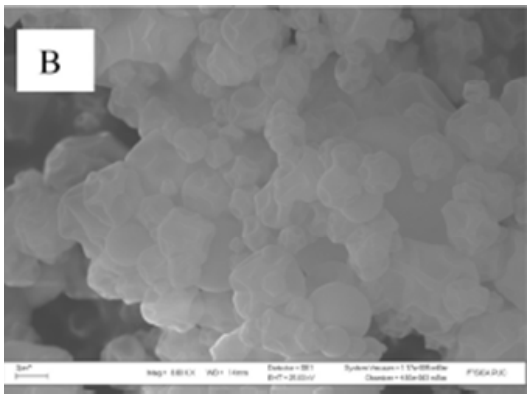
5-7-2- طیف میکروسکوپ الکترونی روبشی(SEM)

ساختار میکروسکوپی پودر بتالایین پوشینه و خشک شده حاصل از گیاهان نامبرده، با دستگاه Tescan SEM Mira 3 series (USA) مشخص گردید که در شکل‌های (9-الف و 9-ب) آورده شده است [22]. تصویربرداری با SEM اندازه ذرات خشک و پوشینه شده با استفاده از خشک‌کن پاششی را از 5 تا 50 میکرومتر و به نوعی تجمع یافته نشان می‌دهد. ترک‌های مشاهده شده در شکل(9-ب)، می‌تواند مربوط به مالتودکسترین مصرفی باشد. چون بتاسیانین گروه‌های عامل جاذب آب فراوانی دارد، مالتودکسترین می‌تواند از این امر جلوگیری کرده و ماندگاری آن را افزایش دهد. اسکوربیک اسید مصرفی به عنوان آنتی اکسیدان از تخریب و سیاه شدن آن ممانعت به‌عمل می‌آورد.

جدول (3) پارامترهای رنگ سنجی اجزاء عصاره بتالایین حاصل از چغندر قرمز و کاکتوس قرمز

نام رنگدانه	فام	L*	A*	B*	C*	H0
بتالایین چغندر قرمز	قرمز	62	22	-	65/5	21/1
بتالایین کاکتوس	ارغوانی	51/4	26	-	58	27

(الف)



(ب)

شکل(9) تصاویر SEM پودر بتالایین حاصل از (الف) چغندر قرمز پوشش داده شده و (ب) کاکتوس قرمز پوشش داده شده با مالتودکسترین و اسکوربیک اسید

www.SID.ir

Archive of SID

3- نتایج و بحث

به‌طور معمول در استخراج رنگدانه از بافت گیاهی، محتوای رنگدانه با توجه به گونه گیاهی، اثر روش‌های مختلف استخراج شامل جوشانیدن، عصاره‌گیری با مخلوط کن، اولتراسوند، پرس، پارامترهای موثر در استخراج مانند میزان و نوع حلال، pH، دما و مدت زمان بررسی می‌شود. آزمایش‌های استفاده از ستون برای جداسازی اجزاء، آزمون TLC، رنگ‌سنجی در محدوده نور مرئی، طیف‌سنجی جذبی برای تعیین مقدار مواد، آنالیز HPLC و برای فرمولاسیون، افزودنی‌ها به نسبت‌های مختلف، روش‌های همگن نمودن و خشک کردن با استفاده از خشک‌کن پاششی، اثر مواد پوشش‌دهنده مانند مالتودکسترین و صمغ عربی و مواد آنتی اکسیدان (اسکوربیک اسید و یا توکوفرول) نیز در مورد پایداری و زمان ماندگاری بررسی می‌گردد. در این مطالعه با توجه به آزمایش‌های انجام شده توسط محققان بیان شده در پیشینه تحقیق، از تکرار برخی از کارها خودداری شده و سعی بر انجام روش‌های بهینه، به منظور فرمولاسیون رنگ استخراجی از دو گیاه چغندر قرمز و کاکتوس قرمز و مقایسه نتایج بوده است.

استخراج رنگدانه از گیاه هنگامی که در دمای اتاق و دمای 100 درجه سلسیوس انجام می‌شود، در فام (حتی در مقایسه‌ای چشمی و بدون استفاده از دستگاه) تفاوت محسوسی را نشان می‌دهد. عصاره استخراجی در دمای اتاق فام قرمز- ارغوانی و دردمای 100 درجه سلسیوس فام قرمز جگری دارد.

مقدار کل بتالایین حاصله از 5 گرم پالپ چغندر قرمز در حجم‌های مختلف آب عبارتند از 25/5، 25/3، 24/9 و 24/2 میلی‌گرم بر لیتر و بیش‌ترین مقدار با 5 گرم نمونه و 5 میلی‌لیتر آب به‌دست آمده است. هم‌چنین مقدار کل بتالایین به‌دست آمده در دماهای 40، 60، 80 و 100 درجه سلسیوس به‌ترتیب عبارتند از 26/1، 26/6، 26/1، 25/7 و 26/2 میلی‌گرم بر لیترکه بیش‌ترین مقدار در دمای 100 درجه سلسیوس به‌دست آمده است. بنابراین بهترین نسبت حلال:ماده اولیه برابر 1:1 و مناسب‌ترین درجه حرارت استخراج عصاره 100 درجه سلسیوس تشخیص داده شد. این نتایج با گزارش‌های موجود در متون علمی [22] مبنی بر استفاده از حلال آب با نسبت 85 به 15 اتانل و اسیدی کردن مخلوط با اسید کلریدریک 1/5 نرمال برای بهترین بازده و یا مصرف حلال آب مقطر در حضور اسید سیتریک 2٪ با تاثیرکم‌تر تفاوت دارد.

مطابق شکل (4) اثر pH پالپ استخراجی و عصاره در مقادیر مختلف از آب تغییر معناداری را در بازده نشان نمی‌دهد. البته پایداری رنگدانه در pH پایین در حدود 1/5، 2 و 3 بهترین بوده است. pH نمونه‌ها پس از 7 روز در شرایط دمایی اتاق اندک تغییری را نشان می‌دهند. بیش‌ترین افزایش pH به نمونه نگه‌داری شده در دمای اتاق و قرار گرفته در معرض نور است، که از مقدار 5/25 در روز اول به 6/02 در روز 7 رسیده است. کم‌ترین تغییر برای نمونه‌هایی که در تاریکی و در دمای یخچال نگه‌داری شده‌اند که از pH 5/34 در روز اول به 5/4 در روز 7 رسیده است. در pH کم‌تر از 3/5 جذب آن‌ها به سمت طول موج کم‌تر و در pH بالای 7 به عکس می‌شود. میزان pH بهینه پایداری آن‌ها 5 تا 6 است. در pH قلیایی پیوند آلدیمین (Aldimine) هیدرولیز می‌شود و اگر دوباره اسیدی شود، بتالامیک اسید با گروه آمین واکنش تراکمی می‌دهد [15].

غلظت کلی بتالایین حاصل از چغندر قرمز نیز برای نمونه‌ای که در دمای یخچال نگه‌داری شده، تفاوت را نشان می‌دهد. در این نمونه مقدار بتالایین از 26/2 میلی‌گرم در لیتر در روز نخست به 94/78 میلی‌گرم در لیتر در روز 7 رسیده است. این تغییر می‌تواند ناشی از تغییر ساختاری، ترکیب مجدد و یا تجزیه باشد. زمانی که بتالایین در معرض عملیات حرارتی قرار می‌گیرد، تجزیه و تجمع آن بروز می‌کند. در این تغییرات ایزومریزاسیون، قندزدایی، کربوکسیل‌زدایی، هیدرولیز و فرایندهای دیگری رخ می‌دهد. در نتیجه بتانین با فام قرمز-ارغوانی و جذب در 538 نانومتر به ایزوبتانین با فام قرمز جگری تبدیل می‌شود [15]. پس از یک هفته نگه‌داری نمونه‌ها تراکم و بازتولید بتانین از مواد هیدرولیز شده، غلظت آن افزایش می‌یابد. زمانی‌که بتاسیانین توسط آب استخراج می‌شود به‌علت خروج از ماتریس نگه‌دارنده دچار تغییر فام می‌گردد. بنابراین رنگدانه به‌منظور حفظ پایداری خود، احتمال تنظیم مجدد ساختار و بازتولید چند برابری خود را در قبال حلال انجام می‌دهد. زمانی که pH بالا مثلا 6 باشد، با حضور ساختار پایه بتاسیانین و حلقه سیکلودوپا و کروموفور بتالامیک اسید، باز تولید بیش‌تر می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که بتاسیانین در

www.SID.ir

Archive of SID

شرایط نگه‌داری سخت و در برابر نور نیز توان بقاء دارد [15]. طیف‌های جذبی مواد استخراجی (شکل‌های 5 و 6) نشان می‌دهد که پیک حداکثر جذبی با حلال آب مقطر به‌ترتیب برای بتاسیانین، بتانین و بتازانتین در طول موج‌های 537، 538 و 478 نانومتر ظاهر شده است. اگر چه این طیف‌های جذبی با توجه با جدایش اجزاء و pH دچار اندک تغییراتی از قبیل طول موج و شدت جذب می‌شوند، بیش‌تر قدرت رنگی در pH 6/0 و طول موج 538 پدیدار شده است. این نتایج با گزارش‌های علمی دیگر همخوانی نسبی دارد [30].

افزایش دمای ورودی و خروجی خشک‌کن پاششی باعث کاهش مقدار کل پودر رنگی گردیده است. مالتودکسترین (نشاسته هیدرولیز شده) یک عامل پوشینه کردن مؤثر برای رنگ و طعم‌های حساس به عوامل محیطی است حامل‌های مختلفی برای پوشش‌دهی به‌کار می‌روند که ضخامت‌های متفاوتی را دور پیگمنت ایجاد می‌کنند[10-7].

افزایش مالتودکسترین و نشاسته به‌طور قابل ملاحظه‌ای به‌علت پوشش مناسب و جلوگیری از ورود هوا است، رطوبت‌گیری را کاهش و در نتیجه پایداری آن را افزایش می‌دهد. به‌همین نحو افزایش آنتی‌اکسیدان‌ها از جمله اسکوربیک اسید از تجزیه محصول جلوگیری می‌کند.

هرچه دمای خشک کردن افزایش یابد، دانسیته پودر کاهش می‌یابد. سرعت بالای خشک‌کن نیز احتمالا به‌دلیل افزایش نسبت سطح به حجم در خشک‌کن پاششی افزایش می‌یابد. هرچه دانسیته کم‌تر باشد، به علت محبوس شدن هوا در پودر و درنتیجه حضور بیش‌تر اکسیژن، احتمالا تجزیه بیش‌تر و زمان نگه‌داری کم‌تر است. هرچه محتوای جامد و مقدار حامل نیز افزایش یابد، دانسیته بیش‌تر می‌گردد. چون بتاسیانین گروه‌های آبدوست زیادی دارد، رطوبت‌گیری آن مشهود است. با توجه به گزارش‌های علمی نرخ رطوبت‌گیری بتاسیانین با محتوای مختلف حامل مالتودکسترین از 45/5 گرم بر 100 گرم تا 49/2 گرم بر 100 گرم متغیر است. مالتودکسترین عامل مفیدی برای پوشش‌دهی و جلوگیری از رطوبت‌گیری و اکسایش است. در این بررسی نسبت عامل پوشش‌دهنده به ماده رنگی (3:1) بوده و در نتیجه میزان رطوبت‌پذیری مجدد بسیار کاهش یافته است [33].

هرچه وزن مولکولی حامل (نشاسته معمولی و یا هیدرولیز شده یا همان مالتودکسترین) کم‌تر باشد، جذب رطوبت نمونه بیش‌تر می‌شود، زیرا حامل سبک‌تر، زنجیره کوتاه‌تری دارد و در نتیجه عوامل آب‌دوست آن بیش‌تر است. هرچه مقدار حامل افزایش یابد بقای بتاسیانین نیز افزایش می‌یابد.

میزان غلظت بتالایین پس از پوشش دادن و خشک کردن از 26/2 میلی‌گرم در لیتر در عصاره به 23/4 میلی‌گرم رسیده، یعنی تقریباً 89٪ آن باقی‌مانده است. میزان رطوبت پودر نیز در دو نمونه 5-3٪ مشاهده گردید. ارزش رنگی یا ارزش قرمزی (a) پودر و عصاره تفاوت محسوسی را نشان می‌دهد، به‌گونه‌ای که نمونه خشک شده با خشک‌کن پاششی با کاهش قرمزی روبه‌رو است [34].

تصویرهای SEM (شکل‌های 9-الف و 9-ب) اندازه ذرات پودر بتاسیانین را در دامنه‌ای از 5 میکرومتر تا 40 میکرومتر و به‌نوعی تجمع یافته نشان می‌دهد. ترک‌های مشاهده شده در تصویر 9-ب مربوط به رنگدانه حاصل از کاکتوس قرمز، می‌تواند ناشی از مالتودکسترین به‌کار رفته باشد. هرچه دمای خشک کردن افزایش یابد یا محتوای جامد کم‌تر باشد، اندازه ذرات بیش‌تر کاهش می‌یابد. زمانی که مقدار مالتودکسترین کم باشد، نواقصی در دیواره پوشش پدیدار می‌شود که پایداری نیز کاهش می‌یابد. اگر مقدار پوشش افزایش یابد ذرات بیش‌تر حالت کروی پیدا می‌کنند.

4- نتیجه گیری

در این مطالعه یک فرایند قابل انجام و مقرون به‌صرفه اقتصادی برای استخراج، فرمولاسیون و پوشینه کردن بتالایین از میوه کاکتوس و چغندر قرمز به‌صورت پودر بهینه‌سازی شد. افزودن اسکوربیک اسید به‌عنوان آنتی‌اکسیدان و استفاده از مالتودکسترین برای ریزپوشانی پودر رنگی بتالایین، موجب حفظ اجزاء فعال آن در برابر عوامل محیطی مانند نور، اکسیژن، رطوبت و حرارت شده است. پودر نهایی قدرت رنگی و ماندگاری مطلوبی را نشان می‌دهد. برخلاف بتالایین حاصل از چغندر که به‌علت محتوای دو ماده جئوسمین (geosmin) و پایرازین (pyrazines) اندکی بوی خاکی دارد، بتالایین حاصل از کاکتوس این طعم را ندارد. مزیت بتالایین حاصل از چغندر

www.SID.ir

Archive of SID

بر ماده حاصل از کاکتوس در بازده محصول است که به نوعی به‌علت حضور مواد قندی بیش‌تر می‌باشد. از نظر پارامترهای رنگی تفاوت معناداری بین رنگدانه حاصل از چغندر قرمز و کاکتوس مشاهده نمی‌شود. تنها از نظر ماندگاری مشاهده شد که رنگدانه کاکتوس پس از استخراج و حتی ریزپوشانی ماندگاری نسبتاً کم‌تری دارد و از بین رفتن رنگ سرعت بیش‌تری دارد. این امر می‌تواند به دلیل پوشش پذیری کم‌تر آن باشد، که ناشی از ساختار ژله‌ای و لعاب‌داری عصاره و pH بالاتر میوه کاکتوس (0/6) درمقایسه با چغندر قرمز (4/5) است. بدین ترتیب، می‌توان گفت که چغندر قرمز و میوه کاکتوس می‌توانند به عنوان منابعی مطمئن برای رنگ خوراکی طبیعی قرمز بتالایین مورد استفاده بیش‌تری قرار گیرند.

منابع

[1] Meggos, H. (1995). Food colours: an international perspective, *MfG. Confectioner*, 75, 59-65.

[2] Frick, D. (2003). The Coloration of food, *Rev. Prog. Color.*, 33, 15-32.

[3] Downham, A., Collins, P. (2000). Colouring our foods in the last and next millennium. *Int. J. Food Sci. Technol*., 35, 5-22.

[4] Mortensen, A. (2006). Carotenoids and other pigments as natural colorants, *Pure Appl. Chem*., 78, 8, 1477-1491.

[5] International Food Information Council, (2010). Food Ingredients and Colors, http://www.foodinsight.org

[6] MacDonald, M. (2000), Project Profile on Natural Food Colors, Marigold, Annatto, https://gaic.gujarat.gov.in.

[7] Henriette, M. C. (2009). Betalains: properties, sources, applications, and stability. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 44, 2365-2376.

[8] Shivapriya, M., Kotamballi, N., Chidambara, M., Shruthi, N., (2013), stability of betalain in pigments of red beet, in *Red Beet Biotechnology*, Ed. Bhagyalakshmi, N., Neelwarne, B., Springer, pp. 55-74.

[9] Dubravko, P., Marijana, K., (2011). Complex Biochemistry and Biotechnological Production of Betalains, *Food Technol. Biotechnol*., 49, 145–155.

[10] McMurray, I. (2008). Colour me beautiful, *Int. Food Ingred*., 6, 23-27.

[11] Food Standard Agency, (2011). Guidelines on approaches to the replacement of Tarterazine, Alluera Red, Ponceae 4R, Quinoline Yellow, Sunset Yellow and Carmoisine in food and beverages, https://www.food.gov.uk.

[12] Pszczola, D.E., (1998). Natural colors: pigments of imagination, *J. Food Tech.*, 52, 70–76.

[13] Sapers, G.M., Hornstein, J.S. (1979). Varietal differences in colorant properties and stability of red beet pigments, *J. Food Sci*., 44, 1245–1248.

[14] Castellar, M.R., Obón, J.M., Fernández-López, J.A. (2006). The isolation and properties of a concentrated red-purple betacyanin food colourant from Opuntia stricta fruits, *J. Sci. Food Agr*., 86, 122-128,

[15] Herbach, K.M., Stintzing, F.C., Carle, R. (2006). Betalain stability and degradation-structural and chromatic aspects, *J. Food Sci*., 71, R41-R50.

[16] Henry, B.S. (1996). *Natural Food Colours*, in Natural Food Colorants, Ed. Hendry, G. A. F. and Houghton J.D, Blackie Publishing, pp. 40-79.

[17] Sturzoiu, A., Stroescu, M., Anicuța, S., Tănase, D. (2011). Betanine extraction from ROM Beta Vul-

www.SID.ir

Archive of SID

[26] Gandia-Herrero, F., Garcia-Carmona F. (2013). Biosynthesis of betalains: yellow and violet plant pigments, *Trends Plant Sci*., 18, 334-343.

[27] Díaz Medina, E.M., Rodríguez Rodríguez, E.M., Díaz Romero, C. (2007) Chemical characterization of Opuntia dillenii and Opuntia ficus indica fruits, *Food Chem.*, 103, 38-45.

[28] Sanchez-Gonzalez, N., Jaime-Fonseca, M.R., San Martin-Martinez, E., Zepeda L.G. (2013). Extraction, Stability, and Separation of Betalains from Opuntia joconostle cv. Using Response Surface Methodology, J. Agric. *Food Chem*., 61, 11995-12004.

[29] Nilsson, T. (1970). Studies into the pigments in beetroot (Beta vulgaris L. ssp. *Vulgaris var. rubra* L.). *Lantbrukhogskolans Annaler*, 36, 179-219.

[30] Stintzing, F.C., Schieber, A., Carle R. (2003). Evaluation of color properties and chemical quality parameters of cactus juices, *Eur. Food Res. Technol.*, 216, 303-311.

[31] Singer, J.W., Von Elbe, J.H. (1980). Degradation rates of vulgaxanthine I. *J. Food Sci.*, 45, 489-491.

[32] Gasztonyi, M.N., Daood, H., Taka´cs Ha´jos, M., Biacs P. (2001). Comparison of red beet (Beta vulgaris var conditiva) varieties on the basis of their pigment, *J. Sci. Food Agr.*, 81, 932.

[33] Wagner, L.A., Warthesen, J.J. (1995). Stability of spray-dried encapsulated carrot carotenes, *J. Food Sci.*, 60, 1048-1053.

[34] Pasch, J.H., Von Elbe J.H. (1975). Betanine degradation as influenced by water activity, *J. Food Sci.*, 40: 1145-1146.

garis –experimental research add statistical modeling, *U.P.B. Sci. Bull. Ser. B*, 73, 1, 145-156.

[18] Castellainos-Santiago, E., Elhadi M.Y. (2008). Identification and Quantification of Betalains from the Fruits of 10 Mexican Prickly Pear Cultivars by High-Performance Liquid Chromatography and Electrospray Ionization Mass Spectrometry, *J. Agric. Food Chem.*, 56, 5758–5764.

[19] Nemzer, B., Pietrzkowski, Z., Sporna, A., Stalica, P., Thresher, W., Michałowski, T., Wybraniec, S. (2011). Betalainic and nutritional profiles of pigment-enriched red beet root (Beta vulgaris L.) dried extracts, *Food Chem.*, 127, 42–53.

[20] Pitalua, E., Jimenez, M., Vernon-Carter E.J., Beristain, C.I. (2010). Antioxidative activity of microcapsules with beetroot juice, *Food Bio. Proc.*, 8, 253–258.

[21] Peter, C., Wootton-Beard, Lisa R. (2011). beet root juice shot is a significant and convenient source of bioaccessible antioxidants, *J. Funct. Foods*, 3, 329 –334.

[22] Cai, Y.Z., Corke, H. (2000). Production and Properties of Spray-dried Amaranthus Betacyanin Pigments, *J. Food Sci*., 65, 1248-1252.

[23] Stintzing, F.C., Trichterborn, J., Carle, R. (2006). Characterisation of anthocyanin-betalain mixtures for food colouring by chromatic and HPLC-DAD-MS analyses. *Food Chem.*, 94, 296-309.

[24] Ravichandran K., Thaw Saw, N.M.M., Mohdaly, A.A.A., Gabr, A.M.M., Kastell, A., Reidel, H., Cai, Z., Knorr, D., Smetanska, I. (2013). Impact of processing of red beet on betalain content and antioxidant activity, *Food Res. Int*., 50, 670-675.

[25] Venkatasubramanian, Sivakumar., Lakshmi Anna, J., Vijayeeswarri, J., Swaminathan, G. (2011). Effective natural dye extraction from different plant materials using ultrasound, *Ind. Crops Prod*. 33 116–122.

www.SID.ir