

بررسی تولید رنگ خوراکی قرمز از چغندر قرمز و پایداری آن طی فرایندهای غذایی

لاله مشرف بروجتی^۱ و جواد کرامت^۲

چکیده

محدودیت مصرف رنگ‌های قرمز مصنوعی در مواد غذایی، سبب توجه بیشتر به تولید رنگ‌های طبیعی به عنوان افزودنی‌های مجاز گردیده است. یکی از منابع مهم تولید این گونه رنگ‌ها چغندر قرمز (*Beta vulgaris* L.) است، که رنگ حاصل از آن به صورت پودر یا کنسانتره در فراورده‌های غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این تحقیق نمونه‌های چغندر قرمز پس از عملیات آماده‌سازی، آنزیم‌بری شده، عصاره آن پس از صاف کردن و تنظیم pH از ستون رزین آمبریلت-XAD-7 عبور داده شد و محلول رنگ به کمک الکل اسیدی استخراج گردید. پس از تبخیر حلال توسط دستگاه خشک‌کن تصفیه‌ی، رنگ جامد به صورت پودر تولید شد. سپس ویژگی‌های رنگ تولیدی شامل خاکستر، قند، طول موج حداکثر جذب، میزان خلوص و پایداری رنگ تحت شرایط مختلف همچون pH، دما و نور تعیین گردید. در مرحله بعد کاربرد رنگ تولیدی در محصولات سرد مثل بستنی و شربت بخزده مورد بررسی قرار گرفت. به منظور مقایسه کیفیت این رنگ با رنگ‌های مجاز مصنوعی، محصولاتی با استفاده از رنگ طبیعی حاصل، و رنگ مصنوعی کارموزیزین ساخته شده در سطح آزمایشگاه، تولید شد و آزمایش‌های حسی بر روی آنها انجام گرفت.

نتایج نشان داد که رنگ تولیدی بتاسیانین خالص بوده و در دمای چهار درجه سانتی‌گراد، در تاریکی و pH برابر پنج بیشترین پایداری را دارد. هم‌چنان، محصولات تولیدی با رنگ طبیعی از مطلوبیت بیشتری برخوردار بودند. از هر کیلوگرم چغندر قرمز ۰/۷ گرم پودر رنگ تولید شد. سهم هزینه رنگ در مواد مصرفی تولید فراورده‌های یاد شده بسیار اندک، و هزینه رنگ در تولید بستنی کمتر از یک درصد کل هزینه‌های مواد مصرفی بود.

واژه‌های کلیدی: رنگ قرمز، چغندر قرمز، تولید رنگ، رزین آمبریلت

مقدمه

اولین ویژگی‌های کیفی ماده غذایی که توسط مصرف کننده مورد توجه قرار می‌گیرد، خصوصیات ظاهری^۳ آن است. در از قبیل طعم یا بو داشته باشد، به ظاهر خوراک توجه می‌نماید.

۱. عضو هیئت علمی، بخش صنایع غذایی، مرکز تحقیقات کشاورزی اصفهان

3. Appearance

۲. استادیار صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

اخيراً محدوديت بسياري از جانب سازمان هاي بين الملل و انتيتوهای تحقیقاتی مانند انتيتو ملی سرطان^۵ در مورد استفاده از رنگ های قرمز مصنوعی خوارکی بيان شده است. لذا مطالعه و جستجو برای یافتن رنگیزه های قرمز طبیعی مناسب به عنوان رنگ افزودنی آغاز گردیده است. این سازمان ها حتی راجع به سرطان زایی پارا-کرسیدین^۶ (مادة اصلی رنگ قرمز FD & C Red No. 40) در موش صحرایی و موش نیز گزارشی منتشر کرده اند (۱۴). این رنگ یکی از دو رنگی است که در بدو امر توسط مصرف کننده مشاهده می شود. رنگ عامل مؤثر در جلب نظر و انتخاب ماده غذایی است، که از طریق احساس دریافت می گردد، و وجود آن در تشخیص سریع پذیرش نهایی هر فراورده غذایی مؤثر است، زیرا باعث چذابیت ماده غذایی می گردد.

اگرچه ممکن است رابطه علمی بین رنگ و عطر و طعم مواد غذایی از نظر نوع ترکیب در خصوصیات فیزیکوشیمیایی وجود نداشته باشد، ولی آزمایش های چشایی نشان داده است که در اکثر موارد رنگ مطلوب، بر احساس عطر و طعم ماده غذایی اثر مثبت و قابل ملاحظه ای دارد. لذا پس از خرید و مصرف یک فراورده غذایی نیز رنگ از اهمیت خاصی برخوردار است. طبق تعریف اف. دی. ۱۱، اصطلاح رنگ غذا^۲ عبارت است از:

«رنگیزه»، رنگ مصنوعی یا سایر مواد ساخته شده توسط یک فرایند صنعتی، استخراج، جدا کردن و یا مشتقات مواد رنگی میوه ها، سبزی ها، حیوانات، مواد معدنی یا منابع دیگر، که به منظور ایجاد رنگ در مواد خوارکی، آشامیدنی و آرایشی، برای مصرف انسان به آنها اضافه می شود (۱۲). طبق این تعریف، رنگ های غذایی به دو دسته رنگ های با معجوز مصرف^۳ (یعنی برای مصرف نیاز به کسب معجوز می باشد) و رنگ های بدون معجوز مصرف^۴ (یعنی برای مصرف نیاز به کسب معجوز نمی باشد) تقسیم می شوند (۱۲).

1. U. S. FDA (United States Food and Drug Administration), 1986
 4. Uncertified 5. National Cancer Institute 6. P-Cresidine
 8. Riboh 9. Roselle 10. Cranberry

بنابراین، مشخصات ظاهری یک فراورده غذایی عامل مهمی است که مخصوصاً در اولین برخورد خریدار نقش اساسی و تعیین کننده دارد. سایر خصوصیات کیفی مانند عطر، بافت و غیره معیارهایی هستند که پس از مصرف محصول غذایی، و احیاناً پس از یک بار خرید و تجربه کردن آن مورد توجه واقع می شوند. خصوصیات ظاهری محصول شامل مشخصاتی مانند رنگ، شکل، نوع بسته بندی، اندازه، یکنواختی و غیره است.

رنگ یکی از مهم ترین خواص کیفی ظاهری محصول است، که در بدو امر توسط مصرف کننده مشاهده می شود. رنگ عامل مؤثر در جلب نظر و انتخاب ماده غذایی است، که از طریق احساس دریافت می گردد، و وجود آن در تشخیص سریع پذیرش نهایی هر فراورده غذایی مؤثر است، زیرا باعث چذابیت ماده غذایی می گردد.

اگرچه ممکن است رابطه علمی بین رنگ و عطر و طعم مواد غذایی از نظر نوع ترکیب در خصوصیات فیزیکوشیمیایی وجود نداشته باشد، ولی آزمایش های چشایی نشان داده است که در اکثر موارد رنگ مطلوب، بر احساس عطر و طعم ماده غذایی اثر مثبت و قابل ملاحظه ای دارد. لذا پس از خرید و مصرف یک فراورده غذایی نیز رنگ از اهمیت خاصی برخوردار است. طبق تعریف اف. دی. ۱۱، اصطلاح رنگ غذا^۲ عبارت است از:

«رنگیزه»، رنگ مصنوعی یا سایر مواد ساخته شده توسط یک فرایند صنعتی، استخراج، جدا کردن و یا مشتقات مواد رنگی میوه ها، سبزی ها، حیوانات، مواد معدنی یا منابع دیگر، که به منظور ایجاد رنگ در مواد خوارکی، آشامیدنی و آرایشی، برای مصرف انسان به آنها اضافه می شود (۱۲). طبق این تعریف، رنگ های غذایی به دو دسته رنگ های با معجوز مصرف^۳ (یعنی برای مصرف نیاز به کسب معجوز می باشد) و رنگ های بدون معجوز مصرف^۴ (یعنی برای مصرف نیاز به کسب معجوز نمی باشد) تقسیم می شوند (۱۲).

2. Colorant 3. Certified
 7. Generally Recognized As Safe (GRAS)

مواد و روش‌ها

نمونه‌های چغندر قرمز در ایران مخلوطی از واریته‌های مختلف بوده، و غالباً از واریته دیترویت قرمز پررنگ^۴ می‌باشد. نمونه‌های آزمایشی که از نظر نوع واریته و فصل کشت یکسان بودند از مزارع اطراف اصفهان خریداری گردیدند. غده‌های چغندر در اندازه‌های کوچک (با قطر کمتر از ۳/۷ سانتی‌متر)، متوسط (با قطر ۳/۷ تا ۶/۳ سانتی‌متر) و بزرگ (با قطر بیش از ۶/۳ سانتی‌متر) انتخاب شدند. نمونه‌های انتخابی در دما و رطوبت یخچال (حدود ۸۰ تا ۹۰ درصد رطوبت و دمای صفر تا ۴ درجه سانتی‌گراد) نگهداری شدند، و برای هر آزمایش، از هر اندازه به طور تصادفی نمونه‌برداری انجام گرفت.

آمبرلیت XAD-۷ پلیمری است که به صورت ذرات متخلخل نامحلول، مواد محلول قطبی را از سیستم آلی جذب می‌کند، و هم‌چنین می‌تواند بعضی از مواد محلول قطبی را از حلال‌های غیرقطبی جذب نماید^(۸). تفاوت عمدۀ این نوع رزین با رزین‌های تعویض یونی، نداشتن گروه‌های یونی است. رزین با نداشتن این گونه جایگاه‌های فعال، رزین خاصیت جذب را از مجموع تخلخل‌های مشبك بزرگ^۵، توزیع اندازه تخلخل، و سطح تماس زیاد ساختمانی با ماهیت آلیفاتیک^۶ به دست می‌آورد. آمبرلیت XAD-۷ یک پلیمر آلیفاتیک با پیوندهای عرضی است که دارای ذرات متخلخل با مش ۲۰ تا ۶۰ و عمر فیزیکی بسیار خوبی بوده، و برای مصارف بسیار متعدد، احیا شده و مورد استفاده قرار می‌گیرد^(۸).

انتخاب حلال مناسب برای بازیافت ترکیبات جذب شده از رزین، بستگی به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی حلال و ماده جذب شده توسط رزین (رنگ) دارد. در این تحقیق حلال مورد استفاده در جداسازی رنگ از رزین آمبرلیت انتخاب شد، که اثانلی اسیدی شده است. برای انجام عملیات تولید رنگ ابتدا طراحی ستون‌های رزینی و سپس آماده‌سازی رزین انجام گرفت. پس از آن آنزیم‌بری و آماده‌سازی نمونه‌ها و تهیه عصاره صورت پذیرفت.

(Beta vulgaris L.) اشاره کرد. چغندر قرمز گیاهی است از تیره اسفناج (Chenopodiaceae) و از جنس *Beta* که گونه آن *vulgaris* می‌باشد. چغندرهای گروه *vulgaris* در کناره‌های دریای آتلانتیک و مدیترانه وجود دارند و یکی از مهم‌ترین آنها *Beta vulgaris* L. است^(۵).

در این تحقیق از چغندر قرمز به دلیل غنی بودن آن از رنگیزه‌های قرمز و این که محصول مورد نظر در ایران به راحتی قابل دسترس بوده و از نظر اقتصادی مفروض به صرفه است، به عنوان ماده اولیه تولید رنگ قرمز خوراکی استفاده شد.

روش‌های صنعتی استخراج رنگیزه‌های چغندر قرمز، غالباً استفاده از روش‌های پرس، سانتریفوژ، غشایی، دیفوژیونی، و یا تخمیر عصاره بوده است. استخراج رنگیزه‌ها از چغندر قرمز توسط سیستم‌های غشایی، در سال ۱۹۷۲ توسط وایلی^۱ پیشنهاد شد. در سال ۱۹۷۴ فیلیپ^۲ برای استخراج رنگ قرمز از چغندر قرمز، از روش‌های پرس کردن و سانتریفوژ کردن استفاده کرد. در سال ۱۹۷۸ وایلی و لی^(۱۵) استخراج بتائین از چغندر قرمز را توسط استخراج دیفوژیونی، با استفاده از حلال و دستگاه دیفوژیون با جریان متقابل و مداوم^۳ انجام دادند. در سال ۱۹۷۶ و همین طور سال ۱۹۹۳ تخمیر عصاره چغندر قرمز توسط میکروارگانیسم‌های تخمیر کننده تحت شرایط بی‌هوایی توسط آدامز پیشنهاد شد^(۶، ۷، ۱۰ و ۱۵).

در این بررسی سعی شده است با استفاده از یک سیستم رزینی، رنگ قرمز طبیعی خوراکی برای مصارف انسانی استخراج و تولید شود. در ضمن، بهترین شرایط استخراج رنگ و مطالعه پایداری آن در شرایط مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. هم‌چنین، به منظور بررسی امکان مصرف این رنگ در صنایع غذایی و پیشنهاد به صنایع برای تولید رنگ به صورت صنعتی، فراوری چند محصول با استفاده از رنگ قرمز تولیدی انجام شده است.

1. Whiley 2. Philip

5. Macroreticular 6. Aliphatic

3. Continuous counter current

4. Dark Red Detroit

روش استخراج سرد، پس از آنزیم بری نمونه‌ها، عملیات عصاره‌گیری انجام شد. اما در روش استخراج گرم، چغندرها ابتدا توسط دستگاه خلال‌کن به صورت خلال‌های نسبتاً درشتی درآمد و بلا فاصله به آب در حال جوش انتقال یافت. پس از گذشت حدود ۳۰ الی ۴۰ دقیقه که رنگ موجود در بافت چغندر قرمز خارج شد، مخلوط خلال‌های چغندر و آب به روی صافی انتقال داده شد تا آب حاوی رنگ از تفاله‌های چغندر جدا گردد. پس از آن مرحله تنظیم pH و صاف کردن مطابق آنچه که در مورد استخراج سرد انجام شد، در مورد این عصاره نیز انجام گرفت.

عملیات بعدی به شرح زیر بر روی آن انجام شد:

۱. جذب رنگ از عصاره چغندر قرمز

به منظور جذب رنگ عصاره توسط رزین، عصاره چغندر قرمز موجود در قیف جداکننده یک لیتری، با استفاده از اختلاف سطح به ستون رزین وارد شد. دبی خروجی از ستون 1 ± 10 میلی لیتر در دقیقه تنظیم گردید. عملیات جذب تا اشباع شدن ستون از رنگ ادامه یافت.

۲. استخراج رنگ از ستون رزین

برای جداسازی و استخراج رنگ جذب شده از ستون رزین، حلال در قیف جداکننده دیگری ریخته شد، و با دبی ورودی 1 ± 6 میلی لیتر در دقیقه عملیات شستشو در جهت عکس انجام گرفت.

۳. تغليظ يا جداسازی حلال از محلول استخراج شده

به کمک دستگاه تبخیر دور و تحت خلا، حلال در دمای $35-30$ درجه سانتی گراد از محلول رنگ جدا گشت.

۴. خشک کردن تصعیدی و تولید پودر رنگ

به منظور تولید پودر رنگ و خشک کردن محلول رنگی به دست آمده، از دستگاه خشک‌کن تصعیدی^۴ استفاده شد.

۵. تعیین ویژگی‌های رنگ تولیدی

ویژگی‌های رنگ تولیدی، شامل خاکستر به روش خاکستر

در نهایت، عملیات استخراج، تغليظ عصاره و تولید پودر رنگ انجام، و نیز رنگ در تولید چند محصول به کار برد شد.

عملیات فوق به شرح زیر صورت گرفت:

سیستم رزینی مورد نظر شامل دو قیف جداکننده^۱ با حجم‌های یک و دو لیتر، یک ستون رزین و یک سه راهی قابل تنظیم بود. قیف‌های جداکننده، که یکی برای فرستادن عصاره چغندر (یک لیتری) و دیگری برای فرستادن حلال و شستشوی ستون (دو لیتری) مورد استفاده قرار گرفت، بالاتر از ستون نصب گردیدند. اختلاف ارتفاع باعث شد که بدون استفاده از پمپ، انتقال محلول رنگ و حلال به داخل ستون انجام شود. رزین آمبریلت در ستون حاوی آب قرار داده شد و جریان آب در جهت عکس از پایین به بالا وارد ستون گردید تا رزین در ستون به میزان لازم افزایش حجم یابد. عمل شستشو در جهت عکس از پایین به طرف بالا، به طبقه‌بندی رزین بر مبنای اندازه ذرات، و در نتیجه به عبور یکنواخت جریان حلال در رزین در طی عملیات بعدی کمک می‌کند. در عمل شستشوی از پایین به بالا، سرعت جریان آب به گونه‌ای تنظیم شد که افزایش حجم در ستون حدود ۵۰ درصد باشد. در ضمن، ذرات بسیار ریز رزین نیز از ستون خارج گردید.

در این سیستم، با باز کردن شیر قیف جداکننده و تنظیم آن، عصاره چغندر با دبی 1 ± 10 میلی لیتر در دقیقه از طریق یک لوله شیشه‌ای، که از وسط یک چوب پنبه در بالای ستون عبور کرده بود، به ستون رزین وارد می‌شد، تا سطح مایع بالای رزین همواره در طول مرحله جذب، ثابت باشد.

عصاره چغندر قرمز آماده برای فرستادن روی ستون رزینی، به دو روش استخراج سرد و گرم مهیا شد. در این روش‌ها، آماده‌سازی نمونه شامل پنج مرحله به ترتیب: انتخاب نمونه، آنزیم بری، تهیه عصاره از نمونه، تنظیم pH، و صاف کردن بود. پس از شست و شوی چغندرهای قرمز، جداسازی سر و ته، خشک کردن و در نهایت توزین آنها انجام گرفت. سپس، در

1. Separating Funnel

4. Freeze Dryer

2. Back washing

3. Vacumm Rotary Evaporator

رنگ تولید شده به طول زمان نگهداری آن کمک کرده و شرایط نگهداری آن را تسهیل می‌کند.

با تهیه طیف‌های جذبی^۴ عصاره چغندر، رنگ تولید شده و پودر رنگ، نشان داده شد که طول موج ماکزیمم جذب برای عصاره چغندر دارای دو طول موج ماکزیمم جذب و برای بقیه دارای یک طول موج ماکزیمم جذب به شرح زیر است:

$$\lambda_{\text{max}} = 478 \text{ nm} \quad (\text{عصاره چغندر})$$

$$\lambda_{\text{max}} = 520 \text{ nm} \quad (\text{رنگ تولید شده})$$

$$\lambda_{\text{max}} = 530 \text{ nm} \quad (\text{پودر})$$

در مورد عصاره چغندر، طول موج ماکزیمم جذب ۴۷۸ نانومتر مربوط به بتازانتین و طول موج ماکزیمم جذب ۵۳۰ نانومتر مربوط به بتاسیانین بود.

پس از آزمایش تعیین خلوص نمونه با استفاده از کروماتوگرافی صفحه نازک، ثابت شد که رنگ تولید بتاسیانین خالص بوده و فاقد رنگیزه بتازانتین می‌باشد. در حالی که کروماتوگرافی صفحه نازک عصاره چغندر قرمز، دقیقاً وجود دو رنگیزه بتاسیانین و بتازانتین را نشان داد. بتاپراین، بتازانتین در طی استخراج رنگ توسط سیستم رزینی جذب نشده است. براساس مطالعات انجام گرفته، از بین روش‌های استخراج رنگ از چغندر قرمز، بازده بتانین در روش استخراج به وسیله پرس ویلمز^۵ حدود ۴۵ تا ۵۰ درصد و بازده استخراج بتانین توسط این پرس حدود ۸۰ درصد است (۱۵). در روش استخراج دیفوژیونی با استفاده از دستگاه دیفوژیون با جریان متقابل و مداوم، بازده استخراج بتانین در استخراج دوستونی^۶ حدود ۷۳٪ و در استخراج چهارستونی^۷ حدود ۶۲٪ گزارش شده است (۶). در تحقیق انجام گرفته به روش استخراج با سیستم رزینی، رنگ تولیدی دارای خلوص حدود ۱۰۰٪ بتاسیانین بوده، و نسبت به سایر روش‌ها از خلوص بیشتری برخوردار است.

به منظور تعیین روش استخراج رنگ از غده چغندر، با دو

خشک (۲ و ۳)، قند نمونه به روش سوموگی - نلسون (۹)،

درجه خلوص نمونه با استفاده از کروماتوگرافی صفحه‌ای نازک^۱ (۱۱) و طول موج حداکثر جذب با روش اسپکتروفتومتری تعیین گردید.

۶. تعیین پایداری رنگ تولیدی آزمایش‌های بررسی اثر دما، نور و زمان نگهداری، و نیز اثر pH‌های مختلف بر پایداری صورت پذیرفت.

۷. بررسی کاربرد رنگ تولیدی در صنایع غذایی برای بررسی کاربرد رنگ تولیدی در صنایع غذایی، چندین محصول صنعتی (سوسیس آلمانی، بستنی و شربت یخ‌زده) با رنگ تولید شده و رنگ مصنوعی موجود در بازار (کارموییزین) تهیه گردید. در طی حرارت پخت، رنگ افزوده شده به سوسیس آلمانی تجزیه و ناپدید شد. لذا چون این رنگ قابلیت استفاده در این گونه فراورده‌ها را ندارد، فقط بستنی و شربت یخ‌زده مورد آزمون حسی قرار گرفت.

در آزمون‌های حسی هم رنگ و هم طعم نمونه‌ها مورد مقایسه قرار گرفت. در آزمون طعم، با آن که فرمول نمونه‌های تهیه شده و شاهد یکسان بود، اما اثر متقابل رنگ بر روی طعم هم بررسی گردید. برای انتخاب بهترین نمونه، از روش آماری سینگل استیمولس^۲ استفاده شد. به این ترتیب که در هر زمان فقط یک نمونه به هر داور^۳ داده شد، و او در شرایط خیلی راحت و طبیعی نمونه مورد نظر را ارزیابی کرد (۱۳).

نتایج و بحث

مقدار خاکستر و قند رنگ تولیدی از استخراج گرم و سرد، در مقایسه با مقدار خاکستر و قند و عصاره چغندر قرمز، بسیار اندک بود. وجود مقدار بسیار کم قند (کمتر از ۰/۰۰۲ درصد) در پودر رنگ تولید شده، نشان دهنده این است که قند توسط ستون جذب نشده، و پودر رنگ تولید شده از این نظر از خلوص و پایداری خوبی برخوردار است. پایین بودن میزان قند در پودر

1. Thin Layer Chromatography (TLC)

5. Willmes

2. Single Stimulus

6. Multiple 2 Columns

3. Panelist

7. Multiple 4 Columns

4. Scanning

$$L.S.D. = t \sqrt{\frac{2 \times 0}{\text{تعداد مشاهدات}}} = \sqrt{\frac{2 \times 0}{35}} = \sqrt{\frac{2 \times 0}{35}} = 0.50$$

فرمول	SX	امتیاز میانگین
N	19	1/72
S	12	1/09
LSD		0.50

با انجام مقایسه‌های لازم، امتیاز میانگین نمونه طبیعی بیشتر از نمونه مصنوعی به دست آمد، و چون اختلاف امتیازات میانگین این دو فرمول از L.S.D. محاسبه شده نیز بیشتر است، بنابراین با ۹۵ درصد اطمینان می‌توان گفت که نمونه تهیه شده با رنگ طبیعی نسبت به نمونه تهیه شده با رنگ مصنوعی از نظر طعم در نزد مصرف کنندگان از مطلوبیت بیشتری برخوردار بوده است.

بنابراین، با توجه به آزمایش‌های انجام شده، هم از نظر مطلوبیت طعم و هم مطلوبیت رنگ در این محصولات، رنگ طبیعی را می‌توان جایگزین رنگ مصنوعی کرد.

در نتایج به دست آمده از آزمون‌های حسی طعم و رنگ شریت یخ زده، اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌های تهیه شده با رنگ طبیعی و رنگ مصنوعی از نظر مطلوبیت رنگ در نزد مصرف کنندگان مشاهده نشد. بنابراین، جایگزین کردن رنگ مصنوعی توسط رنگ طبیعی بر بازار پستندی شریت یخ زده تأثیر منفی نداشته و می‌توان رنگ طبیعی را به جای رنگ مصنوعی به کار برد.

روش سرد و گرم عصاره‌گیری شد، و نتایج حاصل نشان داد که روش استخراج سرد از نظر بازده تولید رنگ مناسب‌تر است.

نتایج بررسی اثر دما، نور و زمان نگهداری بر پایداری رنگ تولید شده از استخراج گرم و سرد در زمان‌های متفاوت و در طول موج ۵۲۰ نانومتر، مطابق جداول ۱ و ۲ و شکل‌های ۱ و ۲، نشان می‌دهد که رنگ تولیدی از هر دو روش، در شرایط تاریکی و دمای چهار درجه سانتی‌گراد، از بیشترین پایداری برخوردار است.

در مورد مقایسه اثر pH‌های مختلف بر پایداری رنگ تولید شده، شکل ۳ مبین تغییر شدت جذب در pH‌های مختلف است و نشان می‌دهد که بیشترین شدت جذب در محدوده pH برابر با ۵ می‌باشد.

نتایج آزمون‌های حسی برای رنگ بستنی در جداول ۳ و ۴ نشان داده شده است.

$$11+11=22 = \text{مجموع داورها}$$

$$\Sigma X = 19+12=31 = \text{جمع ستون‌های چهارم و هفتم}$$

$$\Sigma X^2 = 18+35=53 = \text{جمع کل مربعات}$$

$$C.F. = \frac{(\Sigma X)^2}{n} = \frac{(31)^2}{22} = 43/68 = 43/68$$

$$\Sigma X^2 - \frac{(\Sigma X)^2}{n} = 53 - 43/68 = 9/32 = \text{واریانس کل}$$

$$\frac{(\Sigma X)^2}{nN} + \frac{(\Sigma X)^2}{ns} - \frac{(\Sigma X)^2}{n} = 2/30 = \text{واریانس فرمول}$$

= واریانس باقی مانده

$$9/32 - 2/30 = 7/02 = \text{واریانس فرمول} - \text{واریانس کل}$$

$$F = \frac{2/30}{0/35} = 6/55 = \text{نسبت واریانس}$$

با توجه به این که $F=4/35$ بود، با ۹۵ درصد اطمینان قضاوت می‌کنیم که بین این دو فرمول اختلاف معنی‌داری وجود دارد، در نتیجه:

بررسی تولید رنگ خوارکی قرمز از چغندر قرمز و پایداری آن طی فرایندهای غذایی

جدول ۱. اثر دما، نور و زمان نگهداری بر پایداری رنگ تولیدی از استخراج سرد

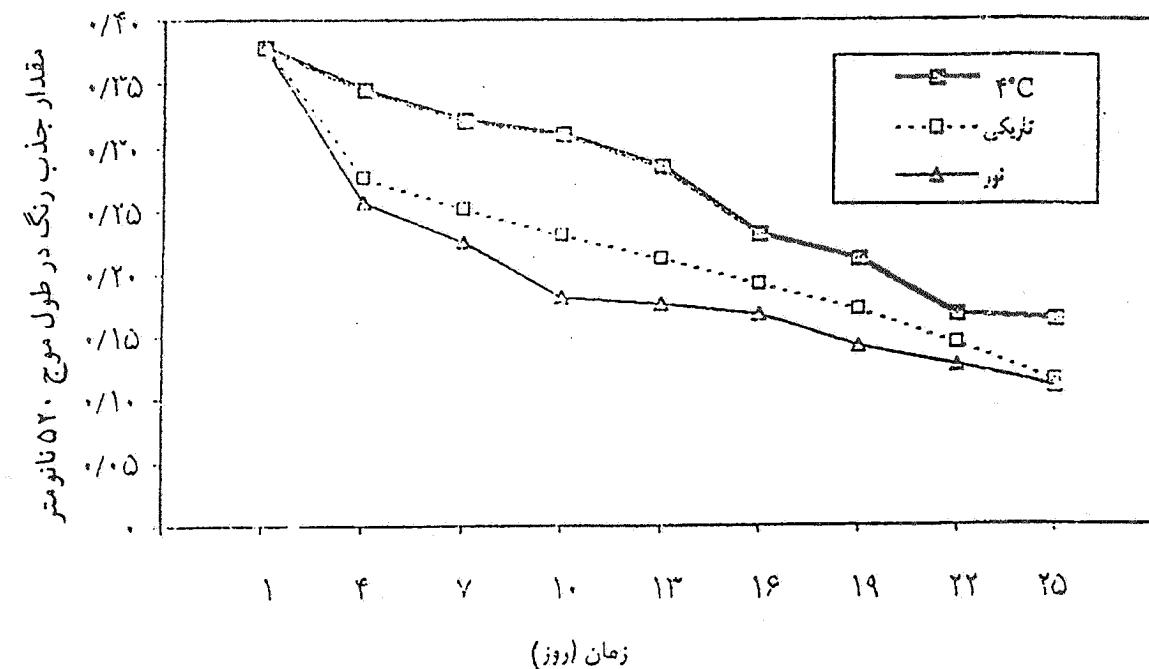
مقدار جذب نمونه رنگ تولیدی				
نور، حرارت محیط	تاریکی، حرارت محیط	درجہ سانتی گراد	روز	
۰/۳۷۹	۰/۳۷۹	۰/۳۷۹	۱	
۰/۲۵۷	۰/۲۷۷	۰/۳۴۵	۴	
۰/۲۲۵	۰/۲۵۲	۰/۳۲۱	۷	
۰/۱۸۱	۰/۲۳۱	۰/۳۱۱	۱۰	
۰/۱۷۶	۰/۲۱۲	۰/۲۸۶	۱۳	
۰/۱۶۷	۰/۱۹۲	۰/۲۳۲	۱۶	
۰/۱۴۱	۰/۱۷۱	۰/۲۱۲	۱۹	
۰/۱۲۶	۰/۱۴۴	۰/۱۶۷	۲۲	
۰/۱۰۹	۰/۱۱۳	۰/۱۶۳	۲۵	

جدول ۲. اثر دما، نور و زمان نگهداری بر پایداری رنگ تولیدی از استخراج گرم

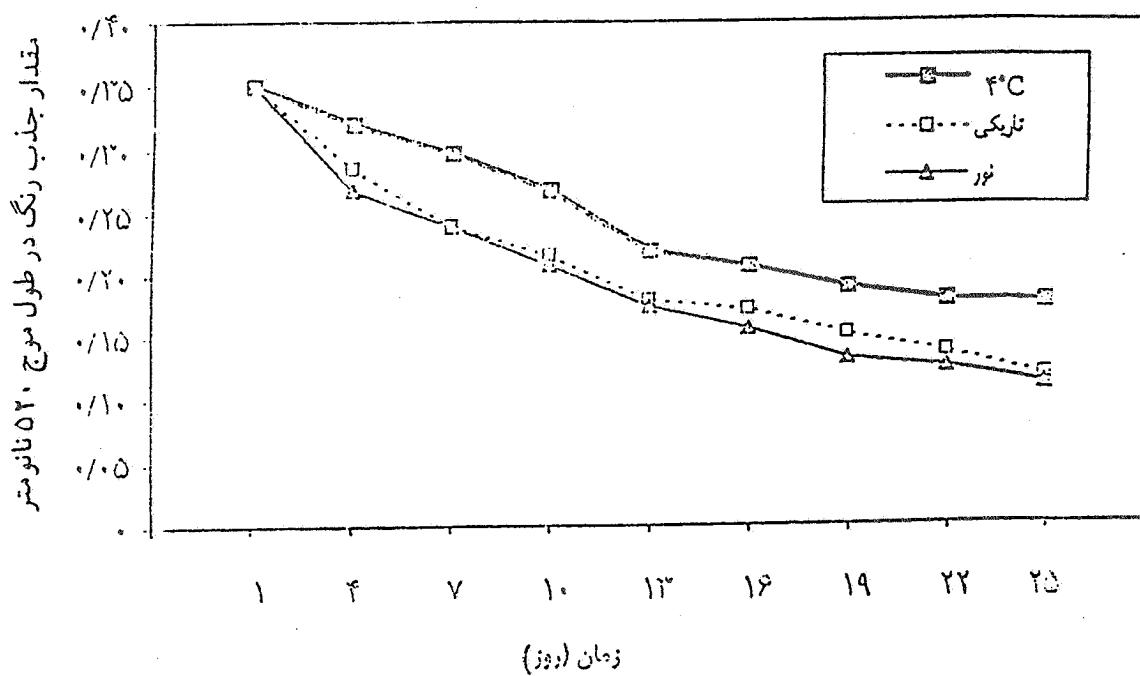
مقدار جذب نمونه رنگ تولیدی				
نور، حرارت محیط	تاریکی، حرارت محیط	درجہ سانتی گراد	روز	
۰/۳۵	۰/۳۵۰	۰/۳۵۰	۱	
۰/۲۶۸	۰/۲۸۵	۰/۳۲۰	۴	
۰/۲۳۹	۰/۲۴۰	۰/۲۹۷	۷	
۰/۲۰۷	۰/۲۱۶	۰/۲۶۸	۱۰	
۰/۱۷۴	۰/۱۷۹	۰/۲۱۹	۱۳	
۰/۱۵۶	۰/۱۷۱	۰/۲۰۶	۱۶	
۰/۱۳۲	۰/۱۰۲	۰/۱۸۹	۱۹	
۰/۱۲۵	۰/۱۳۷	۰/۱۷۹	۲۲	
۰/۱۱۲	۰/۱۱۸	۰/۱۷۷	۲۵	

که سهم رنگ در هزینه‌های تولیدی محصولاتی مثل بستنی و شربت بین زده مطابق محاسبات انجام شده کمتر از یک درصد می‌باشد. بنابراین، تولید و مصرف این رنگ کاملاً اقتصادی خواهد بود.

تعیین بازده و هزینه تولید رنگ از چغندر قرمز با مصرف ۱۴۲۵/۵ گرم چغندر قرمز، حدود ۳/۹ گرم پودر رنگ تولید گردید. به این ترتیب، از هر کیلو چغندر قرمز می‌توان حدود ۲/۷ گرم پودر رنگ تولید نمود. شدت رنگ حاصل از پودر رنگ تولید شده برابر است با ۱۰/۱۱ واحد جذب در طول موج ۵۳۰ نانومتر به ازای یک گرم پودر درصد میلی لیتر محلول،



شکل ۱. تأثیر نور و درجه حرارت بر پایداری رنگ تولیدی (استخراج سرد)



شکل ۲. تأثیر نور و درجه حرارت بر پایداری رنگ تولیدی (استخراج گرم)

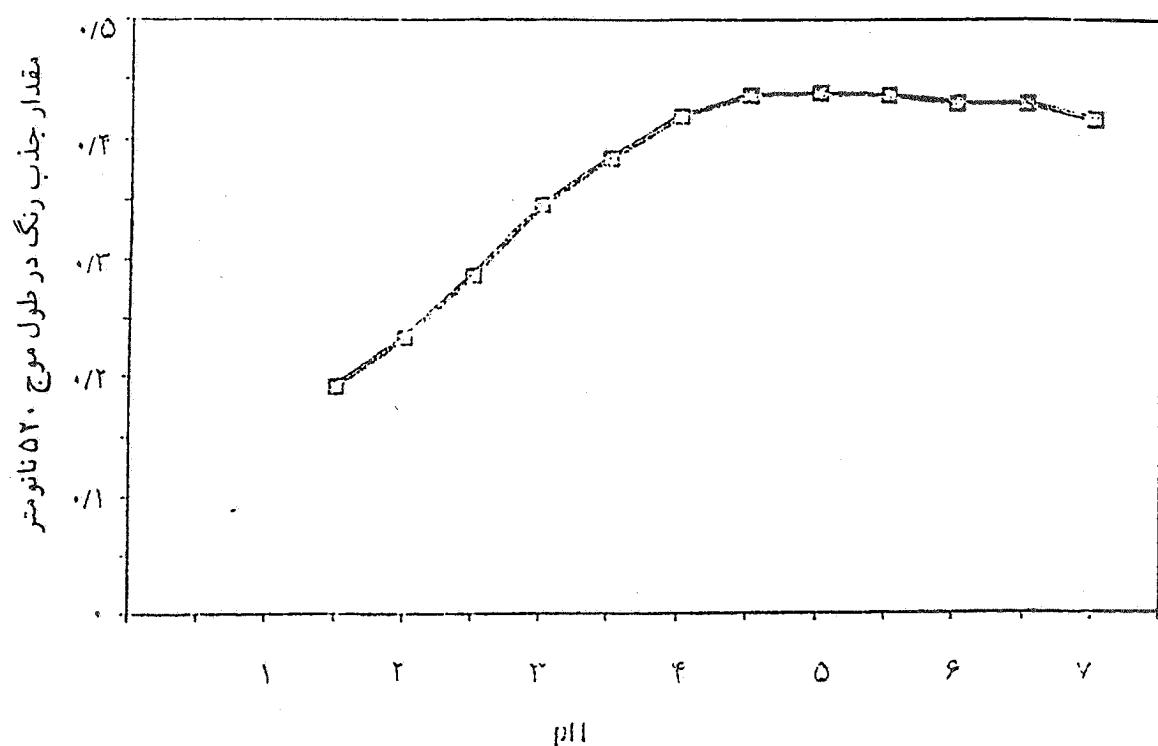
بررسی تولید رنگ خوراکی قرمز از چغندر قرمز و پایداری آن طی فرایندهای غذایی

جدول ۳. بیست و دو پاسخ در مورد قابلیت قبول دو رنگ بسته

Hedonic Scale	ارزش عددی (N.V.)	نمونه با رنگ طبیعی (N)			نمونه با رنگ مصنوعی (S)		
		F	S	SxN.V.	F	S	SxN.V.
خیلی دوست دارم	۲	۸	۱۶	۳۲	۳	۶	۱۲
دوست دارم	۱	۳	۳	۳	۶	۶	۶
بی تفاوت	۰	۰	۰	۰	۲	۰	۰
دوست ندارم	-۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اصلًاً دوست ندارم	-۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰
جمع		۱۱	۱۹	۳۵	۱۱	۱۲	۱۸

جدول ۴. آنالیز واریانس ۲۲ داور برای دو نمونه بسته

سطح واریانس	درجه آزادی	واریانس	واریانس میانگین
کل	۲۱	۹/۳۲	$\frac{۲/۳۰}{۱} = ۲/۳۰$
فرمول	۱	۲/۳۰	
باقي مانده	۲۰	۷/۰۲	$\frac{۷/۰۲}{۲۰} = ۰/۳۵$



شکل ۳. تأثیر pH بر شدت رنگ تولیدی

سالم و بی ضرر شناخته شده است. به این منظور، مقداری از رنگ تولیدی برای انجام آزمایش‌های بهداشتی به اداره کل نظارت بر مواد غذایی و بهداشتی استان اصفهان ارائه، و مجوز مصرف توسط این اداره صادر گردید.

بررسی بهداشتی رنگ تولیدی رنگ چغندر قرمز تولیدی مانند سایر رنگ‌های طبیعی و مصنوعی از نظر ایمنی غذایی^۱ قابل بررسی می‌باشد. استفاده از رنگ چغندر قرمز از ده‌ها سال پیش به عنوان یک ماده افزودنی

منابع مورد استفاده

۱. استاندارد شماره ۷۴۰. ۱۳۷۴. رنگ‌های مجاز خوراکی. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران.
۲. پروانه، و. ۱۳۷۱. کنترل کیفی و آزمایش‌های شیمیایی مواد غذایی. انتشارات دانشگاه تهران.
۳. حسینی، ز. ۱۳۶۹. روش‌های متداول در تجزیه مواد غذایی. انتشارات دانشگاه شیراز.
۴. صباح، س. ۱۳۷۳. بررسی رنگ‌های قرمز مصنوعی خوراکی. مجموعه مقالات هفتینین کنگره ملی صنایع غذایی ایران، دانشگاه تهران، ص ۵۷۹-۶۰۲.
۵. ناصری، م. ت. و ع. تهرانی فر. ۱۳۷۴. تولید بذر سبزیجات (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
6. Abeysekere, M., S. R. Sampathu and M. L. Shankaranarayana. 1990. Studies on different methods of extraction of betalaines from red beet (*Beta vulgaris*). *J. Food Sci. and Technol.* 27(5): 336-339.
7. Adams, J. P., J. H. Von Elbe and C. H. Amundson. 1976. Production of a betacyanine concentrate by fermentation of red beet juice with *Candida utilis*. *J. Food Sci.* 41(1): 78-81.
8. Amberlite XAD-7. 1981. Fluid process, chemical, technical bulletin. Rohm and Haas, Philadelphia, Patent: 19103.
9. A. O. A. C. 1975. Official Methods of Analysis, 12th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
10. Bayindirli, A, F. Yildiz and M. Ozilgen. 1988. Modeling of sequential batch ultrafiltration of red beet extract. *J. Food Sci.* 53(5): 1418-1422.
11. Bilyk, A. 1981. Thin-layer chromatographic separation of beet pigments. *J. Food Sci.* 46: 298-299.
12. Dziezak, J. D. 1987. Applications of food colorants. *Food Technol.* 41(4): 78-88.
13. Keramer, A and B. A. Twigg. 1966. Fundamentals of Quality Control for the Food Industry. The AVI Publishing Co. INC., Westport, USA.
14. Saguy, I. 1979. Thermostability of red beet pigments: Influence of pH and temperature. *J. Food Sci.* 44: 1554-1555.
15. Willey, R. C. and Y. Lee. 1978. Recovery of betalaines from red beets by a diffusion-extraction procedure. *J. Food Sci.* 43: 1056-1058.

1. Food Safety