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

لاله مشرف بروجنی[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 شد، عصارهٔ آن پس از صاف کردن و تنظیم pH از ستون رزین آمبرلیت XAD-۷ عبور داده شد و محلول رنگ به کمک الکل اسیدی استخراج گردید. پس از تبخیر حلال توسط دستگاه خشک‌کن تصعیدی، 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 مرحلهٔ بعد کاربرد رنگ تولیدی در محصولات سرد مثل بستنی و شربت یخ‌زده مورد بررسی قرار گرفت. به منظور مقایسه کیفیت این رنگ با رنگ‌های مجاز مصنوعی، محصولاتی با استفاده از رنگ طبیعی حاصل، و رنگ مصنوعی کارموییزین 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. هم‌چنین، محصولات تولیدی با رنگ طبیعی از مطلوبیت بیشتری برخوردار بودند. از هر کیلوگرم چغندر قرمز ۲/۷ گرم پودر رنگ تولید شد. سهم هزینهٔ 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 آمبرلیت*

مقدمه

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

---

۱. عضو هیئت علمی، بخش صنایع غذایی، مرکز تحقیقات کشاورزی اصفهان
۲. استادیار صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

3. Appearance

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1379.4.4.8.2]

بنابراین، مشخصات ظاهری یک فراوردهٔ 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 می‌شوند. خصوصیات ظاهری محصول شامل مشخصاتی مانند رنگ، شکل، نوع بسته‌بندی، اندازه، یک‌نواختی و غیره است.

رنگ یکی از مهم‌ترین خواص کیفی ظاهری محصول است، که در بدو امر توسط مصرف کننده مشاهده می‌شود. رنگ عامل مؤثر در جلب نظر و انتخاب مادهٔ غذایی است، که از طریق احساس دریافت می‌گردد، و وجود آن در تشخیص سریع پذیرش نهایی هر فراوردهٔ غذایی مؤثر است، زیرا باعث جذابیت مادهٔ غذایی می‌گردد.

اگر چه ممکن است رابطهٔ علمی بین رنگ و عطر و طعم مواد غذایی از نظر نوع ترکیب در خصوصیات فیزیکوشیمیایی وجود نداشته باشد، ولی آزمایش‌های چشایی نشان داده است که در اکثر موارد رنگ مطلوب، بر احساس عطر و طعم مادهٔ غذایی اثر مثبت و قابل ملاحظه‌ای دارد. لذا پس از خرید و مصرف یک فراوردهٔ غذایی نیز رنگ از اهمیت خاصی برخوردار است. طبق تعریف اف. دی. ا[1]، اصطلاح رنگ غذا[2] عبارت است از:

«رنگیزه، رنگ مصنوعی یا سایر مواد ساخته شده توسط یک فرایند صنعتی، استخراج، جدا کردن و یا مشتقات مواد رنگی میوه‌ها، سبزی‌ها، حیوانات، مواد معدنی یا منابع دیگر، که به منظور ایجاد رنگ در مواد خوراکی، آشامیدنی و آرایشی، برای مصرف انسان به آنها اضافه می‌شود (۱۲). طبق این تعریف، رنگ‌های غذایی به دو دستهٔ رنگ‌های با مجوز مصرف[3] (یعنی برای مصرف نیاز به کسب مجوز می‌باشد) و رنگ‌های بدون مجوز مصرف[4] (یعنی برای مصرف نیاز به کسب مجوز نمی‌باشد) تقسیم می‌شوند (۱۲).

اخیراً محدودیت بسیاری از جانب سازمان‌های بین‌المللی و انستیتوهای تحقیقاتی مانند انستیتو ملی سرطان[5] در مورد استفاده از رنگ‌های قرمز مصنوعی خوراکی بیان شده است. لذا مطالعه و جستجو برای یافتن رنگیزه‌های قرمز طبیعی مناسب به عنوان رنگ افزودنی آغاز گردیده است. این سازمان‌ها حتی راجع به سرطان‌زایی پارا- کرسیدین[6] (مادهٔ اصلی رنگ قرمز FD & C Red No. 40) در موش صحرایی و موش نیز گزارشی منتشر کرده‌اند (۱۴). این رنگ یکی از دو رنگی است (FD & C No. 3 و FD & C No. 40) که به عنوان رنگ قرمز خوراکی در لیست مواد کاملاً سالم[7] باقی مانده‌اند.

در ایران، در سال‌های اول دهه ۱۳۶۰، به دلیل استفاده از رنگ‌های غیرمجاز در اغلب فراورده‌های غذایی، ابتدا مصرف رنگ ممنوع اعلام گردید. ولی با توجه به لزوم استفادهٔ گسترده از بسیاری از رنگ‌ها در انواع فراورده‌های غذایی، این ممنوعیت مؤثر واقع نشد و مشکلات زیادی را به وجود آورد. در نتیجه چند نوع رنگ، از جمله کارموییزین (آزوروبین) به عنوان رنگ مجاز اعلام گردید (۱ و ۴).

اهمیت سلامت افزودنی‌های غذایی و مدارکی که مدعی مضر بودن بعضی از رنگ‌های مصنوعی برای سلامتی انسان هستند، لزوم توجه بیشتر به استفاده از رنگ‌دهنده‌های طبیعی را به جای رنگ‌های مصنوعی آشکار نموده است. ریبوه[8] در سال ۱۹۹۷ رنگ‌دانه‌های گیاهی مثل چغندر، انگور، نوعی رز[9] (*Hibiscus sabdariffa*)، نوعی تمشک[10] (*Vaccinum macrocarpon*) و غیره را به عنوان جانشین رنگ‌های غذایی معرفی کرد (۱۵).

از آن‌جا که اشتیاق مصرف‌کنندگان مواد غذایی به رنگ قرمز بیشتر بوده و مصرف آن بیش از سایر رنگ‌ها می‌باشد، لذا توجه به این رنگ و منابع آن همیشه بیش از بقیه رنگ‌ها بوده است. از منابع طبیعی سرشار از رنگ قرمز که برای تولید رنگ قرمز خوراکی استفاده می‌شود، می‌توان به چغندر قرمز

1. U. S. FDA (United States Food and Drug Administration), 1986
2. Colorant
3. Certified
4. Uncertified
5. National Cancer Institute
6. P-Cresidine
7. Generally Recognized As Safe (GRAS)
8. Riboh
9. Roselle
10. Cranberry

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1379.4.4.8.2]

(*Beta vulgaris* L.) اشاره کرد. چغندر قرمز گیاهی است از تیره اسفناج (*Chenopodiacea*) و از جنس *Beta* که گونهٔ 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 مقرون 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، دیفوزیونی، و یا تخمیر عصاره بوده است. استخراج رنگیزه‌ها از چغندر قرمز توسط سیستم‌های غشایی، در سال ۱۹۷۲ توسط وایلی[1] پیشنهاد شد. در سال ۱۹۷۴ فیلیپ[2] برای استخراج رنگ قرمز از چغندر قرمز، از روش‌های پرس کردن و سانتریفوژ کردن استفاده کرد. در سال ۱۹۷۸ وایلی و لی (۱۵) استخراج بتالئین از چغندر قرمز را توسط استخراج دیفوزیونی، با استفاده از حلال و دستگاه دیفوزیون با جریان متقابل و مداوم[3] انجام دادند. در سال ۱۹۷۶ و همین طور سال ۱۹۹۳ تخمیر عصارهٔ چغندر قرمز توسط میکروارگانیسم‌های تخمیر کننده تحت شرایط بی‌هوازی 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 مطالعهٔ 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.

مواد و روش‌ها

نمونه‌های چغندر قرمز در ایران مخلوطی از واریته‌های مختلف بوده، و غالباً از واریتهٔ دیترویت قرمز پررنگ[4] می‌باشند. 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 عمدهٔ این نوع رزین با رزین‌های تعویض یونی، نداشتن گروه‌های یونی است. با نداشتن این گونه جایگاه‌های فعال، رزین خاصیت جذب را از مجموع تخلخل‌های مشبک بزرگ[5]، توزیع اندازه تخلخل، و سطح تماس زیاد ساختمانی با ماهیت آلیفاتیک[6] 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 اتانلی 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 تهیهٔ عصاره صورت پذیرفت.

1. Whiley 2. Philip 3. Continuous counter current 4. Dark Red Detroit
5. Macroreticular 6. Aliphatic

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1379.4.4.8.2]

در نهایت، عملیات استخراج، تغلیظ عصاره و تولید پودر رنگ انجام، و نیز رنگ در تولید چند محصول به کار برده شد. علمیات فوق به شرح زیر صورت گرفت:

سیستم رزینی مورد نظر شامل دو قیف جداکننده[1] با حجم‌های یک و دو لیتر، یک ستون رزین و یک سه راهی قابل تنظیم بود. قیف‌های جداکننده، که یکی برای فرستادن عصارهٔ چغندر (یک لیتری) و دیگری برای فرستادن حلال و شست‌وشوی 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 آمبرلیت 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 شست‌وشو در جهت عکس از پایین به طرف بالا[2]، 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 شست‌وشوی از پایین به بالا، سرعت جریان آب به گونه‌ای تنظیم شد که افزایش حجم در ستون حدود ۵۰ درصد باشد. درضمن، 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 ۱±۱۰ میلی‌لیتر در دقیقه از طریق یک لولهٔ 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.

عصارهٔ 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، آنزیم‌بری، تهیهٔ 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 روش استخراج سرد، پس از آنزیم‌بری نمونه‌ها، عملیات عصاره‌گیری انجام شد. اما در روش استخراج گرم، چغندرها ابتدا توسط دستگاه خلال‌کن به صورت خلال‌های نسبتاً درشتی درآمد و بلافاصله 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 مرحلهٔ 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، عصارهٔ چغندر قرمز موجود در قیف جداکننده یک لیتری، با استفاده از اختلاف سطح به ستون رزین وارد شد. دبی خروجی از ستون ۱±۱۰ میلی‌لیتر 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 جداکنندهٔ دیگری ریخته شد، و با دبی ورودی ۱±۶ میلی‌لیتر در دقیقه عملیات شست‌شو در جهت عکس انجام گرفت.

۳. تغلیظ یا جداسازی حلال از محلول استخراج شده

به کمک دستگاه تبخیر دوار و تحت خلأ[3]، حلال در دمای ۳۰-۳۵ درجه سانتی‌گراد 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[4] استفاده شد.

۵. تعیین ویژگی‌های رنگ تولیدی

ویژگی‌های رنگ تولیدی، شامل خاکستر به روش خاکستر

1. Separating Funnel 2. Back washing 3. Vaccum Rotary Evaporator
4. Freeze Dryer

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1379.4.4.8.2]

خشک (۲ و ۳)، قند نمونه به روش سوموگی- نلسون (۹)، درجه خلوص نمونه با استفاده از کروماتوگرافی صفحه‌ای نازک[1] (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 pH های 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[2] استفاده شد. به این ترتیب که در هر زمان فقط یک نمونه به هر داور[3] داده شد، و او در شرایط خیلی راحت و طبیعی نمونهٔ 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 عصارهٔ چغندر قرمز، بسیار اندک بود. وجود مقدار بسیار کم قند (کمتر از ۰/۰۰۲ درصد) در پودر رنگ تولید شده، نشان دهندهٔ 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 رنگ تولید شده به طول زمان نگهداری آن کمک کرده و شرایط نگهداری آن را تسهیل می‌کند.

با تهیه طیف‌های جذبی[4] عصارهٔ چغندر، رنگ تولید شده و پودر رنگ، نشان داده شد که طول موج ماکزیمم جذب برای عصارهٔ چغندر دارای دو طول موج ماکزیمم جذب و برای بقیه دارای یک طول موج ماکزیمم جذب به شرح زیر است:

λmax(عصارهٔ چغندر)= ۴۷۸ و ۵۳۰nm

λmax(رنگ تولید شده) =۵۲۰ nm

λmax(پودر) =۵۳۰ nm

در مورد عصارهٔ 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 تولیدی بتاسیانین خالص بوده و فاقد رنگیزهٔ بتازانتین می‌باشد. در حالی که کروماتوگرافی صفحهٔ نازک عصارهٔ چغندر قرمز، دقیقاً وجود دو رنگیزه بتاسیانین و بتازانتین را نشان داد. بنابراین، 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 وسیلهٔ پرس ویلمز[5] حدود ۴۵ تا ۵۰ درصد و بازده استخراج بتالئین توسط این پرس حدود ۸۰ درصد است (۱۵). در روش استخراج دیفوزیونی با استفاده از دستگاه دیفوزیون با جریان متقابل و مداوم، بازده استخراج بتالئین در استخراج دو ستونی[6] حدود ۷۳% و در استخراج چهار ستونی[7] 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

1. Thin Layer Chromatography (TLC)
2. Single Stimulus
3. Panelist
4. Scanning
5. Willmes
6. Multiple 2 Columns
7. Multiple 4 Columns

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1379.4.4.8.2]

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 pH های مختلف بر پایداری رنگ تولید شده، شکل ۳ مبین تغییر شدت جذب در pH های مختلف است و نشان می‌دهد که بیشترین شدت جذب در محدودهٔ pH برابر با ۵ می‌باشد.

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

مجموع داورها = ۱۱+۱۱=۲۲

جمع ستون‌های چهارم و هفتم $=\Sigma X$ =۱۹+۱۲=۳۱

جمع کل مربعات $=\Sigma X^2$=۱۸+۳۵=۵۳

فاکتور تصحیح $= C.F.=\frac{(\Sigma X)^2}{n}=\frac{(۳۱^2)}{۲۲}$=۴۳/۶۸

واریانس کل $=\Sigma X^2-\frac{(\Sigma X)^2}{n}$=۵۳-۴۳/۶۸=۹/۳۲

واریانس فرمول $=\frac{(\Sigma X)^2}{nN}+\frac{(\Sigma X)^2}{ns}-\frac{(\Sigma X)^2}{n}$=۲/۳۰

واریانس باقی مانده =

واریانس کل = واریانس فرمول - واریانس باقی مانده

=۹/۳۲-۲/۳۰=۷/۰۲

نسبت واریانس $= F=\frac{۲/۳۰}{۰/۳۵}$=۶/۵۵

با توجه به این که F=۴/۳۵ بود، با ۹۵ درصد اطمینان قضاوت می‌کنیم که بین این دو فرمول اختلاف معنی‌داری وجود دارد، در نتیجه:

$$L.S.D.=t\sqrt{\frac{۲\times(\text{واریانس میانگین})}{\text{تعداد فرمول/تعداد مشاهدات}}}=۲\sqrt{\frac{۲\times۰/۳۵}{۱۱}}=۰/۵۰$$

فرمول	SX	امتیاز میانگین
N	۱۹	۱/۷۲
S	۱۲	۱/۰۹
LSD		۰/۵۰

با انجام مقایسه‌های لازم، امتیاز میانگین نمونهٔ طبیعی بیشتر از نمونهٔ 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 نمونهٔ 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 شربت 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 بازارپسندی شربت یخ زده تأثیر منفی نداشته و می‌توان رنگ طبیعی را به جای رنگ مصنوعی به کار برد.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1379.4.4.8.2]

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

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

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

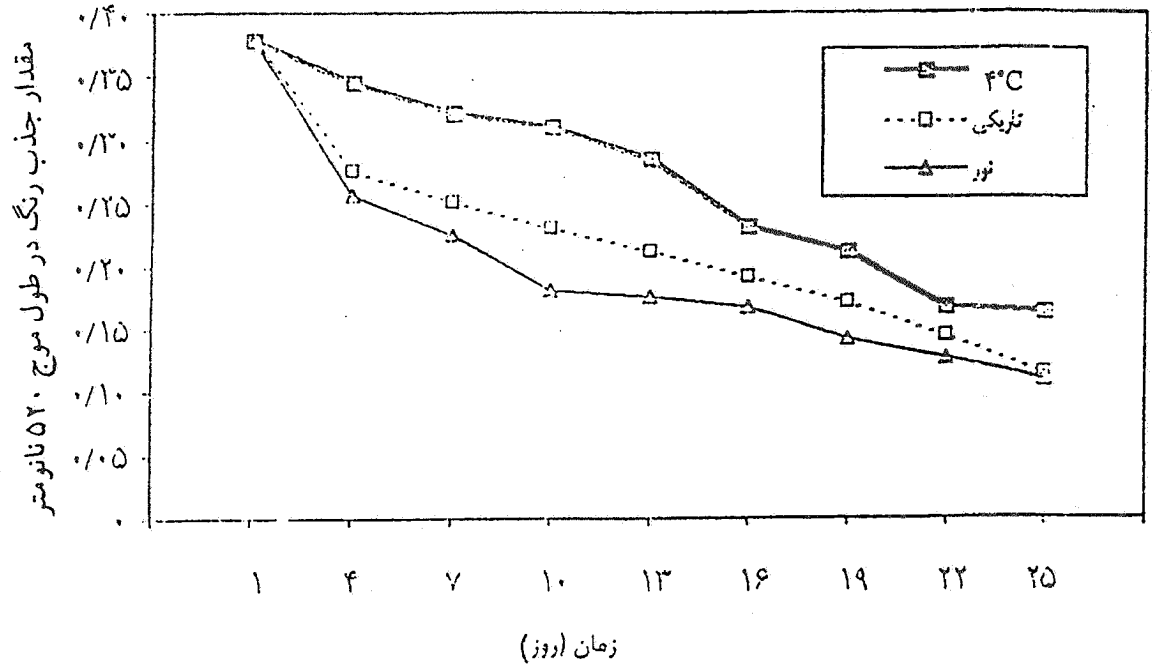
روز	مقدار جذب نمونهٔ رنگ تولیدی		
	۴ درجه سانتی‌گراد	تاریکی، حرارت محیط	نور، حرارت محیط
۱	۰/۳۵۰	۰/۳۵۰	۰/۳۵
۴	۰/۳۲۰	۰/۲۸۵	۰/۲۶۸
۷	۰/۲۹۷	۰/۲۴۰	۰/۲۳۹
۱۰	۰/۲۶۸	۰/۲۱۶	۰/۲۰۷
۱۳	۰/۲۱۹	۰/۱۷۹	۰/۱۷۴
۱۶	۰/۲۰۶	۰/۱۷۱	۰/۱۵۶
۱۹	۰/۱۸۹	۰/۱۵۲	۰/۱۳۲
۲۲	۰/۱۷۹	۰/۱۳۷	۰/۱۲۵
۲۵	۰/۱۷۷	۰/۱۱۸	۰/۱۱۲

تعیین بازده و هزینه تولید رنگ از چغندر قرمز

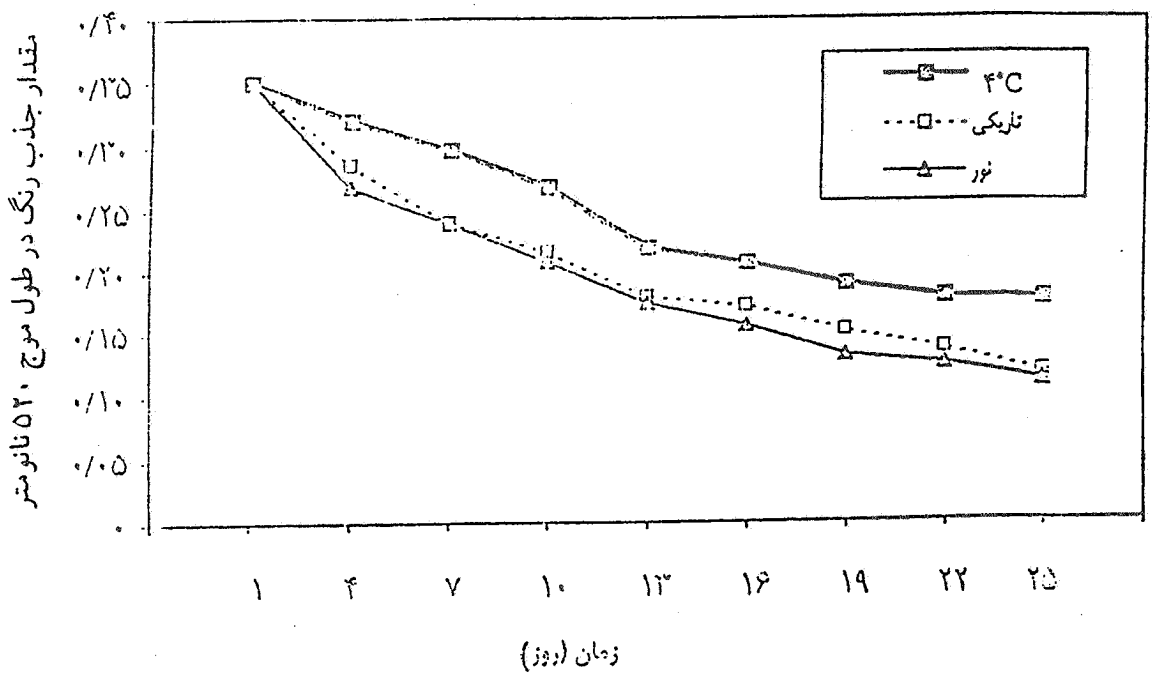
با مصرف ۱۴۲۵/۵ گرم چغندر قرمز، حدود ۳/۹ گرم پودر رنگ تولید گردید. به این ترتیب، از هر کیلو چغندر قرمز می‌توان حدود ۲/۷ گرم پودر رنگ تولید نمود. شدت رنگ حاصل از پودر رنگ تولید شده برابر است با ۱۰/۱۱ واحد جذب در طول موج ۵۳۰ نانومتر به ازای یک گرم پودر درصد میلی‌لیتر محلول، که سهم رنگ در هزینه‌های تولیدی محصولاتی مثل بستنی و شربت یخ زده مطابق محاسبات انجام شده کمتر از یک درصد می‌باشد. بنابراین، تولید و مصرف این رنگ کاملاً اقتصادی خواهد بود.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1379.4.4.8.2]



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



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

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

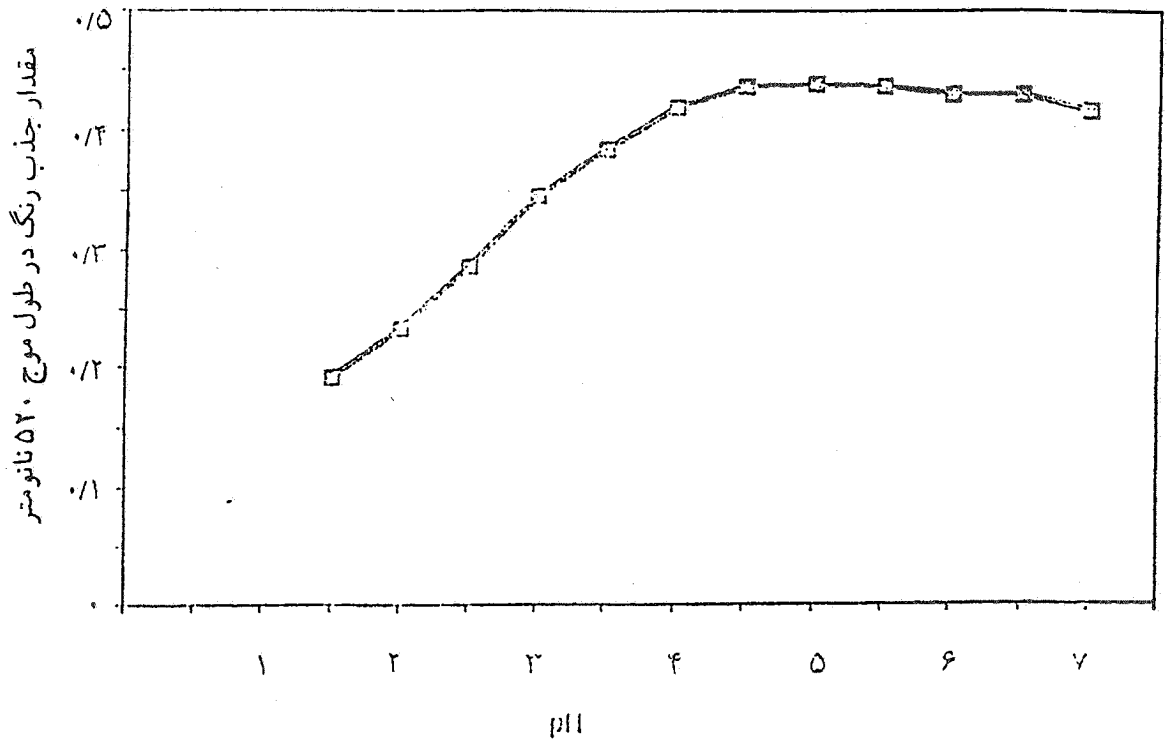
[DOR: 20.1001.1.22518517.1379.4.4.8.2]

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

Hedonic Scale	ارزش عددی	نمونهٔ با رنگ طبیعی (N)			نمونهٔ با رنگ مصنوعی (S)		
	(N.V.)	F	S	S×N.V.	F	S	S×N.V.
خیلی دوست دارم	۲	۸	۱۶	۳۲	۳	۶	۱۲
دوست دارم	۱	۳	۳	۳	۶	۶	۶
بی‌تفاوت	۰	۰	۰	۰	۲	۰	۰
دوست ندارم	-۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اصلاً 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 بستنی

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



شکل ۳. تأثیر pH بر شدت رنگ تولیدی

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1379.4.4.8.2]

بررسی بهداشتی رنگ تولیدی

رنگ چغندر قرمز تولیدی مانند سایر رنگ‌های طبیعی و مصنوعی از نظر ایمنی غذایی[1] قابل بررسی می‌باشد. استفاده از رنگ چغندر قرمز از ده‌ها سال پیش به عنوان یک مادهٔ افزودنی سالم و بی‌ضرر شناخته شده است. به این منظور، مقداری از رنگ تولیدی برای انجام آزمایش‌های بهداشتی به ادارهٔ کل نظارت بر مواد غذایی و بهداشتی استان اصفهان ارائه، و مجوز مصرف توسط این اداره صادر گردید.

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. مجموعهٔ مقالات هفتمین کنگره ملی صنایع غذایی ایران، دانشگاه تهران، ص ۵۷۹-۶۰۲.

۵. ناصری، م. ت. و ع. تهرانی‌فر. 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-exrtraction procedure. J. Food Sci. 43: 1056-1058.

1. Food Safety

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1379.4.4.8.2]