

تعیین مختصات رنگ نمونه های شکر خام نیشکری وارداتی بوسیله اسپکتروفتورادیومتر و بررسی همبستگی آن ها با برخی خصوصیات کیفی

محمدعرفان بهرامی^۱، کیوان انصاری^{۲*}، مسعود هنرور^۳

۱- دانشجوی دکتری علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، گروه علوم و صنایع غذایی

۲- استادیار، گروه پژوهشی نمایش رنگ و پردازش تصویر، موسسه پژوهشی علوم و فناوری رنگ، تهران، ایران

۳- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، گروه علوم و صنایع غذایی

(تاریخ دریافت: ۹۳/۱۰/۱۶ تاریخ پذیرش: ۹۴/۶/۷)

چکیده

شکرخام نیشکری یکی از فراورده های مهم و پرمصرف در صنعت قند و شکر به شمار می رود. خصوصیات کیفی این محصول می تواند بارزترین تاثیر را در تهیه شکر سفید با بالاترین کیفیت داشته باشد. هدف از این تحقیق یافتن هر نوع همبستگی میان مختصات رنگ و خصوصیات کیفی مختلف نمونه های شکرخام نیشکری وارداتی موجود در بازار کشور بود. اطلاعات طیفی نمونه های شکرخام به کمک دستگاه اسپکتروفتورادیومتر در محدوده طول موجی ۳۸۰ الی ۷۸۰ نانومتر بدست آمده و تبدیل به مختصات رنگ گردیدند. سپس میزان همبستگی مختصات رنگ با برخی از خصوصیات کیفی نمونه های شکر خام از جمله میزان خاکستر، درصد ساکارز، درصد اینورت، شدت رنگ محلول، pH، مقدار نشاسته، غلظت دکستران، درصد رطوبت و میزان ضریب شکست تعیین گردید. نتایج نشان دهنده همبستگی در سطح بالای برخی از پارامترهای کیفی مانند نشاسته، خاکستر و رنگ محلول با برخی از مختصات رنگی همچون L^* ، a^* ، b^* ، C^* ، h ، X ، Y ، Z ، x ، y ، I ، Y بود.

کلید واژگان: شکرخام وارداتی، رنگ سنجی، مختصات رنگ، خصوصیات کیفی، اسپکتروفتورادیومتر

۱- مقدمه

شکرخام یکی از فرآورده های مهم تولیدی صنعت قند و شکر می باشد که از هر دو منبع نیشکر و چغندر قند قابل استحصال است. این محصول یکی از پرمصرف ترین مواد اولیه در تولید قند و شکر در جهان محسوب می شود [۱]. شکرخام یا شکری که تصفیه کامل نداشته، کریستال ساکارزی است که به وسیله لایه نازکی از شربت با درجه خلوص پایین محصور شده است. شکرخام در کارخانه تولید شکر از نیشکر، پس از یک تصفیه اولیه که بر روی شربت خام نیشکر انجام می شود، بواسطه تاثیر عملیات کریستالیزاسیون به دست می آید [۲].

پارامترهای مختلفی در کیفیت شکرخام تاثیرگذار هستند. این خصوصیات کیفی، تحت تاثیر عوامل شیمیایی، آنزیمی و میکروبی اثر گذار، بر گیاه نیشکر و یا در خلال فرآیند تولید محصول تغییر می کنند [۳]. از جمله این عوامل می توان به مقدار ساکارز، رنگ، حضور ترکیبات ناخالصی همچون قندهای احیاء کننده (اینورت^۱)، مواد آلی غیرقندی، درصد رطوبت و خاکستر اشاره نمود. در این رابطه، شکرهای خام حاوی ساکارز بالا و درصد ناخالصی پایین به منظور تصفیه بسیار مورد توجه می باشند [۵،۴].

۱-۱- توصیف برخی خصوصیات کیفی شکرخام:

قند اینورت: محصول اینورسیون ساکارز تحت شرایط اسیدی و حرارت و یا در حضور آنزیم اینورتاز است. اینورت، مخلوطی از گلوکز و فروکتوز با نسبت های مساوی است که بر خلاف ساکارز، قندی چپ گردان محسوب می شود [۶].

خاکستر: تمامی مواد معدنی موجود در شکر خام اعم از انواع محلول و غیر محلول را تحت عنوان خاکستر نامگذاری می کنند. درصد بالای خاکستر در شکرخام در زمان نگهداری این محصول تاثیر چندانی نخواهد داشت، اما به عنوان ترکیبات ملاس زا، از نقطه نظر تولید و تصفیه بسیار حائز اهمیت می باشد [۲].

رطوبت: رطوبت یکی از مهم ترین پارامترها در پایداری و ثبات حین فرآیند و انبارداری محصولات کشاورزی و فرآورده های غذایی می باشد. شکرخام با درصد رطوبت بالا را نمی توان ذخیره کرد، زیرا بسیار مستعد فساد میکروبی است، اما از

طرفی درصد بالای رطوبت موجب می شود تا شکرخام به سرعت در طی فرآیند آفیناسیون^۲ با شربت مخلوط گردد [۴].

ضریب شکست: ضریب شکست یک ماده عبارت است از نسبت سرعت عبور نور در هوا به سرعت عبور نور در ماده مورد نظر، که این عدد برای آب خالص در دمای ۲۰°C و در طول موج ۵۸۹ نانومتر، ۱/۳۳۳ و برای محلول ۱۰٪ ساکارز خالص در همین دما ۱/۳۴۸ است [۴].

ترکیبات آلی غیرقندی: حضور ترکیبات آلی غیرقندی در شکرخام به دلیل وزن مولکولی بالا و ایجاد مشکلات متعدد تکنولوژیکی، از اهمیت بسزایی برخوردار هستند: دکستران، نشاسته و ترکیبات کلئیدی جزو این دسته هستند [۷].

رنگ: رنگ یکی از پارامترهای مهم و اساسی در تعیین نوع و کیفیت شکرخام محسوب می شود. رنگ ظاهری شکرهای خام تولیدی از زرد روشن تا قهوه ای تیره متغیر بوده که متأثر از نوع و کیفیت فرآیند تولید آنها است [۲]. شکرهای خام با مقادیر رنگ کمتر، دارای تقاضای بالا و بسیار مورد توجه هستند، زیرا منجر به حذف مرحله آفیناسیون از فرآیند تولید و همچنین تولید شکر سفید با رنگ روشن تر می گردند [۸]. در یک تقسیم بندی کلی مواد رنگی موجود در گیاه نیشکر را به دو گروه با منشأ طبیعی و تشکیل شده در حین فرآیند تقسیم بندی می کنند [۹]. فلاونوئید ها، ملانین ها، کلروفیل ها، گزانتوفیل ها و کاروتن ها از انواع با منشأ طبیعی و ملانوئیدین ها، کارامل ها و هگزوزهای قلیایی ناشی از تجزیه محصولات از انواع تشکیل شده در حین فرآیند محسوب می گردند که در این بین رنگدانه های ملانینی با وزن مولکولی در حدود ۱۵۰ KDa، سنگین ترین رنگدانه طبیعی و ملانوئیدین ها با حدود ۵۰ KDa سنگین ترین رنگدانه تشکیل شده در حین فرآیند تولید را شامل هستند [۲،۹]. تمامی این رنگدانه ها، در صورت باقی ماندن در شربت می توانند منجر به افزایش رنگ محصول نهایی شوند.

در بین خصوصیات فیزیکی مواد غذایی و محصولات کشاورزی، ظاهر رنگی^۳ به عنوان یکی از مهم ترین ویژگی ها در درک کیفیت مطرح است. ظاهر رنگی شامل رنگ بعلاوه ویژگی های هندسی نور بر روی سطح ماده است. اسپکتروفتومترها و کالریمترها^۴ می توانند موقعیت هر رنگ را

2. Affination
3. Color Appearance
4. Colorimeters

1. Invert

h° یا زاویه فام، زاویه ای بین 0° الی 360° درجه را بیان می کند که در آن زوایای بین 0° - 90° نشانگر حضور رنگ در منطقه قرمز - زرد، زاویه 90° - 180° نشانگر حضور مختصات رنگ در منطقه زرد - سبز، زاویه 180° - 270° منطقه سبز - آبی و زاویه 270° - 360° نشانگر حضور رنگ در منطقه آبی - قرمز را مشخص می سازد.

مولفه C^* فاصله خلوص را از محور خاکستری مشخص کرده و مشخص می کند که رنگی با اشباعیت رنگ بالاتر و یا با شدت رنگی و خلوص بیشتر، مقدار C^* بیشتری نیز دارد. این مولفه از طریق فرمول ذیل قابل محاسبه است.

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

لازم به ذکر است که یکی از مزایای بیان رنگ ها در فضا رنگ های اشاره شده عدم وابستگی آنها به دستگاه^{۱۲} نسبت به فضا رنگ های RGB و HSI است که وابسته به دستگاه می باشند. یعنی به عبارتی یک مقدار یکسان RGB در دو نمایشگر مختلف بصورت متفاوتی از یکدیگر بخاطر خطاهای تولید و کیفیت های متفاوت نمایشگرها نمایش داده می شوند. شکل ۱ دو فضای رنگی $L^*a^*b^*$ و HSV را در نمایی سه بعدی نشان می دهد. در بیشتر پژوهش های مربوط به صنایع غذایی از فضا رنگ $L^*a^*b^*$ برای بیان رنگ مواد استفاده می شود [۱۱]. حضور بالاتر ترکیبات رنگی تیره و متمایل به قرمز همچون رنگدانه های با وزن مولکولی بالای ملانوئیدین تاثیر بسزایی در بالا رفتن مقادیر مولفه a^* در شکرها دارند. علاوه بر این نحوه فرآیند تصفیه و استفاده از رزین های تعویض یون به منظور رنگبری می تواند تا حد زیادی منجر به کاهش رنگ محصول نهایی شود [۱۲].

اسپکتروفوتورادیومتر^{۱۳} دستگاهی است که بوسیله آن می توان انعکاس طیفی مواد مختلف را در محدوده مرئی تعیین نمود. این دستگاه، قادر است با تبدیل انعکاس طیفی، که تحت عنوان اثر انگشت هر ماده نیز از آن نام برده می شود، به مختصات رنگ همچون روشنایی، خلوص و فام (تحت منابع نوری^{۱۴} و مشاهده گر استاندارد^{۱۵} تعریف شده) به بیان مختصات هر رنگ در فضا رنگ^{۱۶} هایی مثل $L^*a^*b^*$ و $L^*C^*h^\circ$ پردازد [۱۰]. استفاده از اسپکتروفوتومترها و در پی آن

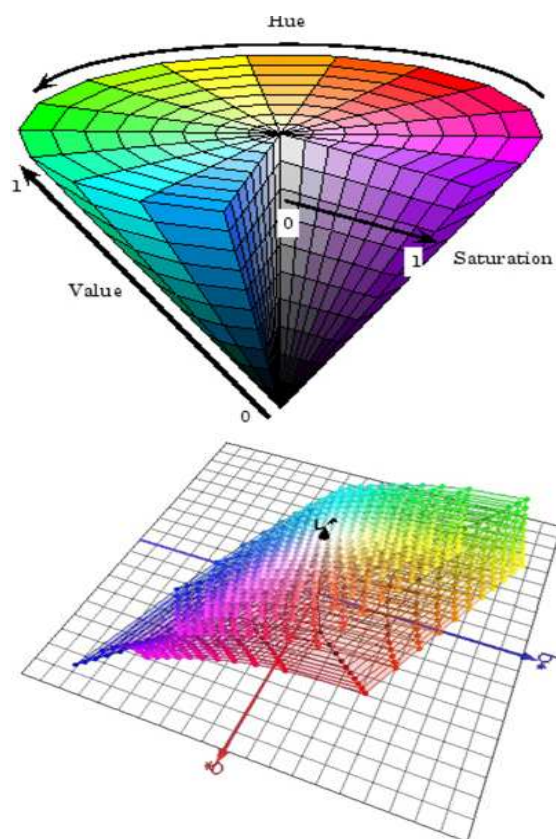
در یک فضا رنگ^{۱۷} سه بعدی مجازی تعریف شده به شکل مختصات رنگ ارائه دهند. از جمله این فضا رنگ ها، می توان به فضا رنگ معروف $L^*a^*b^*$ CIE که در سال ۱۹۷۶ ارائه گردید اشاره نمود. از اهداف ارائه فضا رنگ ها، می توان به ایجاد یک ساختار مجازی که از دسترس خطاهای انسانی در ایجاد فیزیکی آنها بدور بوده و نیز سعی در ایجاد یک ادراک بصری برابر بواسطه یک اختلاف رنگ مشخص در تمام فضا رنگ توسط مشاهده گر اشاره نمود. بدین صورت که اگر بطور مثال، مقدار اختلاف رنگ میان دو رنگ سبز در قسمتی از فضا رنگ چنان باشد که در نظر مشاهده گر انسانی برابر بصری به نظر آید، آنگاه همین مقدار اختلاف رنگ میان دو رنگ آبی که در قسمت دیگری از فضا رنگ واقع هستند، همچنان در محدوده برابر بصری ادراک گردد. از سوی دیگر، از آنجا که انسان دارای این توانایی ادراکی است که از هر رنگ سه عامل مختلف روشنایی^{۱۸}، خلوص^{۱۹} و فام^{۲۰} را درک کند، لذا در فضا رنگ دکارتی^{۲۱} $L^*a^*b^*$ CIE محور عمودی بعنوان محور روشنایی با علامت L^* ، از صفر به نشانه سیاه ایده آل تا ۱۰۰ که سفید مرجع است متغیر است، توصیف می گردد. همچنین با توجه به آن که انسان توانایی دیدن رنگ های سبز مایل به قرمز و برعکس و نیز رنگ های زرد مایل به آبی و برعکس را ندارد، لذا در این فضا رنگ از دو محور قرمز - سبز (a^*) و زرد - آبی (b^*) همچون یک محوره های مختصات استفاده شده است، که در آن a^* با مقادیر مثبت نشانگر مقدار قرمزی و مقادیر منفی a^* نشانگر سبزی است. همچنین محور b^* با مقادیر مثبت نشانگر مقدار زردی و با مقادیر منفی نشانگر آبی بودن رنگ است. از طرف دیگر با یک انتقال ساده از فضای دکارتی به فضای قطبی، فضا رنگ $L^*C^*h^\circ$ حاصل می شود که در آن C^* نشانگر فاصله خلوص^{۲۲} و h° نشانگر زاویه فام^{۲۳} است [۱۰].

زاویه فام از طریق مولفه های a^* و b^* با توجه به رابطه ذیل محاسبه می شود.

$$h^\circ = \arctg \frac{b^*}{a^*}$$

5. Color Space
6. Value
7. Chroma
8. Hue
9. Cartesian coordinate
10. Chroma Distance
11. Hue Angle

12. Device Independent
13. Spectrophotometer
14. Standard Illuminants
15. Standard Observers
16. Color Space



شکل ۱ فضا رنگ الف) $L^*a^*b^*$ ب) HSV

در تحقیق حاضر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتورادیومتر و در محدوده طول موجی ۳۸۰ الی ۷۸۰ نانومتر نسبت به تعیین مختصات رنگ همچون $L^*, a^*, b^*, C^*, h, X, Y, Z, x$ و y نمونه های مختلف شکرخام نیشکری وارداتی اقدام شد و پس از آن بررسی میزان همبستگی آن ها با خصوصیات کیفی شکرهای خام از جمله میزان خاکستر، درصد ساکارز، درصد اینورت، شدت رنگ محلول، pH، مقدار نشاسته، غلظت دکستران، درصد رطوبت و میزان ضریب شکست انجام گرفت.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- مواد

نمونه های مختلف شکرخام وارداتی به تعداد ۶ نمونه و به شرح ذیل تهیه گردید:

نمونه شماره ۱ شکرخام هندی (H-A)، نمونه شماره ۲ شکرخام هندی (H-B)، نمونه شماره ۳ شکرخام برزیلی (B-A)، نمونه شماره ۴ شکرخام برزیلی (B-B)، نمونه شماره ۵ شکرخام برزیلی (B-C)، نمونه شماره ۶ شکرخام برزیلی (B-D).

اسپکتروفتورادیومترها که قادر به طیف سنجی و رنگ سنجی محصولات غذایی بدون تماس و از یک فاصله مناسب هستند، در سال های اخیر عمومیت یافته است [۱۳، ۱۲، ۱۴].

البته استفاده از روش های رنگ سنجی در تعیین خصوصیات محصولات کشاورزی و فرآورده های غذایی مدت ها است که مورد استفاده قرار می گیرد [۱۵]. رنگ سنجی به عنوان فاکتوری در تعیین میزان تازگی فرآورده های گوشتی توسط (لاراین و همکاران^{۱۷}) مورد بررسی قرار گرفت [۱۶]. در این تحقیق آنها به کمک مولفه های L^*, a^*, b^*, h و C^* توانایی تشخیص گوشت های تازه و فاسد را پیدا کردند. در تحقیقی دیگر نشان داده شد که رنگ حاصل از شربت هایی همچون شربت پرتقال می تواند در ارتباط با طعم، شیرینی و سایر خصوصیات کیفی مدنظر مصرف کننده آن باشد. در این خصوص (فرناندز- وازکوز و همکاران^{۱۸}) نشان دادند که روابط معناداری میان ویژگی های رنگ همچون روشنایی، خلوص و فام با خواص حسی شربت های پرتقال وجود دارد به طوری که ضریب همبستگی این خصوصیات حسی با روشنایی و فام به ترتیب $R=0.92$ و $R=0.96$ بود [۱۷]. در یک تحقیق دیگر مشخص گردید که عامل رنگ نهایی در تولید چیپس سیب زمینی، باید بعنوان یکی از مهم ترین پارامترهای کیفی مورد سنجش قرار گیرد [۱۸]. در پژوهشی که توسط (سگینی و همکاران^{۱۹}) انجام گرفت، آنها توانستند با استفاده از یک روش ساده و ارزان به تشخیص رنگ حاصله از انواع چیپس های سیب زمینی بپردازند. آن ها مشخص نمودند که بین مختصات رنگ L^*, a^*, b^* و سنجش بصری، روابط آشکاری وجود دارد [۱۹]. سگینی و همکاران در تحقیقی دیگر نشان دادند که رابطه بالایی ($R=0.79$) میان L^* متوسط و سوختگی سطحی چیپس سیب زمینی وجود دارد [۲۰]. همچنین در یک تحقیق دیگر بر روی ارتباط مختصات رنگ بدست آمده از طریق اسپکتروفتومتر انتقالی برای ۱۳ نوع عسل ایرانی با ارزیابی بصری کیفیت آن ها انجام گرفت، تلاش بر این بود که بیان کیفیت عسل را بتوان از طریق داده های رنگ جایگزین نمود [۲۱].

17. Larrain et al.

18. Fernandez-Vazquez et al.

19. Segnini et al.

انگلستان بود. از نمونه‌های شکرخام محلول‌های ۴۰٪ تهیه شده [۲۲] و به منظور اندازه‌گیری هر چه دقیق تر، دمای تمامی محلول‌ها در 20°C تنظیم گردید. رطوبت نمونه‌های شکرخام نیز بر طبق استاندارد ایکومسا، تعیین رطوبت به روش خشک کردن اندازه‌گیری شدند [۲۲].

سنجش نشاسته نمونه‌های شکرخام وارداتی با استفاده از روش استاندارد BSES به شماره GS1-16 انجام شد [۲۲]. مواد و محلول‌های مورد استفاده اعم از اسید استیک، نشاسته سیب‌زمینی، یدید پتاسیم، یدات پتاسیم و ساکارز خالص همگی متعلق به شرکت مرک آلمان بودند. برای قرائت جذب نمونه‌ها در ۷۰۰ نانومتر از دستگاه اسپکتروفتومتر JENWAY مدل 6320D ساخت کشور انگلستان استفاده گردید.

به منظور تعیین غلظت دکستران نمونه‌های شکرخام از روش هیز^{۲۴} یا کدورت سنجی استفاده شد [۲۲]. دکستران استاندارد مورد استفاده از نوع DE0040 متعلق به شرکت اسکارلا^{۲۵} اسپانیا، تری کلرو استیک اسید، الکل مطلق تقلیبی و ساکارز استاندارد از شرکت مرک آلمان تهیه گردیدند. به منظور قرائت جذب نمونه‌ها از دستگاه اسپکتروفتومتر HACH مدل DR5000 ساخت کشور آمریکا استفاده شد.

برای تعیین انعکاس طیفی نمونه‌ها از اسپکتروفتورادیومتر مدل Konika C-2000 WI-EQ-CI1-10 ساخت کمپانی Minolta کشور ژاپن استفاده شد که توانایی طیف سنجی در نواحی ۳۸۰ nm الی ۷۸۰ در محدوده مرئی را داشت. به منظور تامین روشنایی بر روی نمونه‌ها، از دو لامپ التهابی که می‌تواند توزیع انرژی طیفی^{۲۶} پیوسته ای را بوجود آورد، استفاده شد. دو منبع نوری با زاویه $45 \pm 0.5^{\circ}$ نسبت به سطح نمونه، با روش پیشنهادی CIE طبق آن چه در شکل ۲ نشان داده شده است تعبیه شد و به مقداری از نمونه شکر که بتواند ایجاد پشت پوشی^{۲۷} کند، تابانده شدند. همچنین دلیل استفاده از دو منبع نوری متقاطع، ایجاد یکنواختی نور در تمامی قسمت‌های نمونه بود. مختصات رنگ نمونه‌ها تحت نور استاندارد D65 با درجه حرارت رنگ 2850°K که یکی از استانداردهای روشنایی پیشنهاد شده از سوی کمیسیون بین المللی روشنایی^{۲۹}

از هر شش نوع شکر خام وارداتی سه نمونه آماری تهیه شد و پس از انجام آزمون‌ها، متوسط اندازه‌گیری‌ها لحاظ گردید. تمامی نمونه‌های وارداتی مربوط به سال کاری ۲۰۱۲-۲۰۱۳ بوده و پس از تحویل در بسته‌های تیره رنگ دور از نور خورشید و هوا تا روز آزمایش نگهداری شدند.

۲-۲- روش‌ها

جهت تعیین میزان خاکستر نمونه‌ها از دستگاه کنداکتومتر^{۲۰} مدل (WTW LF196) ساخت کشور آلمان استفاده شد. به منظور کالیبراسیون دستگاه از یک محلول کالیبراسیون کنداکتومتر متعلق به شرکت هانا^{۲۱} ساخت کشور رومانی استفاده شد. این آزمون بر اساس استاندارد ایکومسا^{۲۲} به شماره GS1-10 انجام گرفت [۲۲].

رنگ محلول در انواع شکرهای مختلف بر اساس واحد IU بیان می‌شود و به منظور سنجش رنگ محلول نمونه‌ها از دستگاه اسپکتروفتومتر جنوای^{۲۳} مدل 6320D ساخت کشور انگلستان استفاده شد. استاندارد این آزمون به شماره GS1-7 ایکومسا بود [۲۲].

به منظور تعیین پلاریزاسیون نمونه‌های شکرخام پس از آماده‌سازی محلول‌ها، از دستگاه ساکارومتر (Anton Paar) مدل MCP200 با طول سل ۲۰۰ میلی‌متر ساخت کشور آلمان استفاده گردید. این آزمون بر اساس ایکومسا به شماره GS1/2/3-1 انجام شد.

به منظور اندازه‌گیری قندهای احیاء کننده در نمونه‌های شکرخام از روش انستیتو برلین استفاده شد. اساس این آزمایش واکنش قندهای احیاء کننده با مس دو ظرفیتی (محلول مولر) و احیاء آن به مس یک ظرفیتی است. محلول مولر طبق استاندارد حاوی ۳۵ گرم سولفات مس است که در ۴۰۰ سانتی‌مترمکعب آب مقطر حل شده باشد [۲۲].

برای تعیین ضریب شکست نمونه‌ها، محلول‌های ۱۰٪ شکر خام تهیه گردید و توسط دستگاه رفراکتومتر مدل ATR W متعلق به کمپانی (SCHMIDT+HAENSCH) ساخت کشور آلمان اندازه‌گیری ضریب شکست نمونه‌ها انجام شد.

دستگاه pH متر مورد استفاده به منظور سنجش pH محلول‌های شکرخام، مدل (JENWAY 3510) ساخت کشور

24. Haze

25. Scharlau

26. Spectral Power Distribution

27. Opacity

28. Color Temperature

29. International Commission on Illumination (CIE)

20. Conductometer (Microprocessor conductivity Meter)

21. Hanna

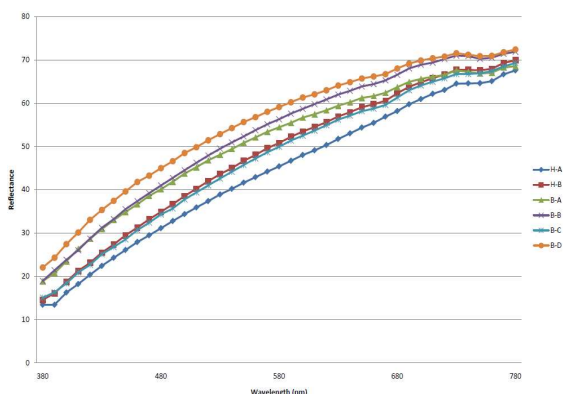
22. ICUMSA

23. JENWAY

۲-۳- نتایج سنجش خصوصیات رنگی شکرهای

خام

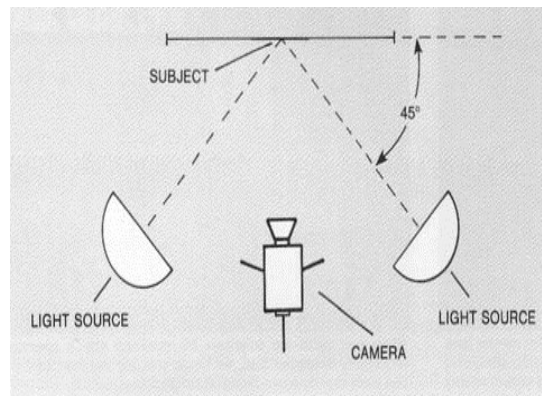
در جدول شماره ۲ مختصات رنگ حاصل از آزمون رنگ سنجی توسط اسپکتروفوتورادیومتر به نمایش در آمده است. در این پژوهش، تعدادی از خصوصیات رنگی نمونه ها از جمله ویژه گی های L^* ، a^* ، b^* ، C^* ، h ، X ، Y ، Z ، x و y و $Y.I^{32}$ توسط اسپکتروفوتورادیومتر مورد سنجش قرار گرفت. همچنین در شکل شماره ۳ انعکاس طیفی نمونه های شکرخام در محدوده مرئی (۳۸۰ الی ۷۸۰ نانومتر) که توسط اسپکتروفوتورادیومتری اندازه گیری گردیده نشان داده شده است (شکل ۳). منحنی های انعکاسی نشان دهنده کاهش مقادیر انعکاس کلیه نمونه ها در ناحیه طول موج های کوتاه است که باعث می شود تحت نور سفید کلیه نمونه ها به زردی گرایش داشته باشند. در میان نمونه ها بالاترین سطح انعکاس طیفی در کلیه طول موج ها مربوط به نمونه برزیلی (B-D) و کمترین سطح انعکاس در میان نمونه ها مربوط به نمونه هندی (H-A) بود. تمامی نمونه ها از یک روند یکسان پیروی نموده ولی از نظر شباهت انعکاس طیفی می توان گفت که نمونه (H-B) و (B-C) به یکدیگر شبیه بودند.



شکل ۳-انعکاس طیفی نمونه های شکر خام در محدوده مرئی (۳۸۰-۷۸۰)

بررسی مولفه L^* یا سطح روشنایی نمونه ها نیز نشان می دهد که بیشترین میزان روشنایی مربوط به نمونه برزیلی (B-D) و کمترین میزان L^* مربوط به نمونه هندی (H-A) است. از سوی دیگر میانگین مولفه روشنایی برای نمونه ها عدد ۷۵ محاسبه شد که مشخص کننده آن است که در کل، نمونه های شکر خام بررسی شده از سطح روشنایی بالایی برخوردار نیستند.

و تداعی گر روشنایی آسمان هنگام ظهر در شمال و غرب اروپا است و نیز مشاهده گر استاندارد 2° یا استاندارد توابع رنگ همانند 30° ۱۹۳۱ محاسبه شدند. همچنین اندازه دریچه^{۳۱} ورودی نور به دستگاه روی یک میلیمتر مربع تنظیم گردید. دستگاه اسپکتروفوتورادیومتر نیز با زاویه 90° نسبت به نمونه قرار گرفت [۱۰].



شکل ۲ نحوه قرارگیری دو منبع نوری نسبت به نمونه

۲-۳-آزمون آماری

تمامی آزمون های شیمیایی در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام گرفتند. برای مقایسه میانگین ها از آزمون تجزیه واریانس در سطح یک درصد و پنج درصد استفاده شد. جهت انجام تجزیه واریانس و مقایسه میانگین ها از SPSS_{v19} و جهت رسم نمودارها از نرم افزار Excel بهره گرفته شد. به منظور تعیین بررسی روابط میان مولفه های مختلف نیز از رگرسیون های خطی و غیر خطی استفاده شد.

۳-نتایج و بحث

۳-۱-نتایج آزمون های کیفی

نتایج حاصل از بررسی پارامترهای کیفی شکرهای خام نیشکری مختلف در جدول شماره ۱ نشان داده شده است. میانگین غلظت دکستران و نشاسته که از فاکتورهای مهم در عملیات تصفیه شکرخام محسوب می شوند به ترتیب ppm ۲۶۹/۷ و ppm ۱۱۱/۱ بود. نتایج بدست آمده از بررسی خصوصیات کیفی شکرهای خام مختلف مشابه با نظر دیگر محققین بود [۲۳،۲۴].

جدول ۱ خصوصیات کیفی نمونه های شکرخام

شماره نمونه	دکستران (ppm)	نشاسته (ppm)	خاکستر (%)	ساکارز (%)	اینورت (%)	رنگ محلول (IU)	pH	ضریب شکست	رطوبت (%)
۱- (H-A)	۵۷۰/۵	۱۲۲	۰/۱۶۸	۹۲/۸۲	۰/۱۸	۷۸۰/۷۵	۶/۶۷	۱/۳۴۷۷	۰/۱۵۲
۲- (H-B)	۲۰۲/۳۴	۱۴۲/۵	۰/۱۱۸	۹۹/۱۸	۰/۱۳	۹۳۰/۷۸	۶/۷۵	۱/۳۵۶۸	۰/۰۷۲
۳- (B-A)	۱۴۳/۳۴	۹۴/۵	۰/۰۹۱	۹۹/۲۲	۰/۱۷	۴۷۶/۷۴	۶/۷۵	۱/۳۴۹۹	۰/۰۶۹
۴- (B-B)	۱۶۹/۲۴	۸۷	۰/۰۹۴	۹۹/۱۱	۰/۱۸	۵۲۹/۰۱	۶/۵۲	۱/۳۴۷۲	۰/۰۵۴
۵- (B-C)	۲۹۲/۲۴	۱۲۷/۵	۰/۱۴۹	۹۹/۰۲	۰/۱۶	۹۴۵/۰۳	۶/۴۹	۱/۳۵۰۲	۰/۰۶۸
۶- (B-D)	۲۴۰/۴۵	۹۳	۰/۰۹۵	۹۸/۹۳	۰/۱۲	۵۱۸/۲۱	۶/۸	۱/۳۵۷۰	۰/۰۷۱

جدول ۲ مختصات رنگ نمونه های مختلف شکرخام

Y.I	مختصات رنگ در فضا رنگ XYZ					مختصات رنگ در فضا رنگ CIE L*a*b* و CIE L*h°						شماره نمونه
	h°	C*	b*	a*	L*	X	Y	Z	x	y		
۱- (H-A)	۷۹/۶۴	۲۱/۲۲	۲۰/۸۷	۳/۸۲	۷۰/۴۵	۴۰/۴۷	۴۱/۴۰	۲۸/۲۷	۰/۳۶۸	۰/۳۷۶	۴۶/۶۱	
۲- (H-B)	۸۰/۷۰	۲۱/۵۲	۲۱/۲۴	۳/۴۷	۷۳/۷	۴۵/۰۳	۴۶/۲۴	۳۱/۸۶	۰/۳۶۶	۰/۳۷۶	۴۵/۴۴	
۳- (B-A)	۸۲/۳۷	۱۸/۱۳	۱۷/۹۷	۲/۴۱	۷۶/۲۸	۴۸/۶۰	۵۰/۳۵	۳۷/۷۲	۰/۳۵۶	۰/۳۶۸	۳۷/۵۹	
۴- (B-B)	۸۱/۵۲	۱۹/۱	۱۸/۸۹	۲/۸۲	۷۷/۲۳	۵۰/۲۷	۵۱/۹۲	۳۸/۲۹	۰/۳۵۸	۰/۳۷۰	۳۹/۲۹	
۵- (B-C)	۸۰/۰۹	۲۱/۵۱	۲۱/۱۹	۳/۷۰	۷۳/۱۵	۴۴/۲۹	۴۵/۳۹	۳۱/۲۱	۰/۳۶۶	۰/۳۷۵	۴۵/۸۹	
۶- (B-D)	۸۲/۸۲	۱۷/۰۱	۱۶/۸۸	۲/۱۲	۷۹/۰۹	۵۳/۰۴	۵۵/۰۸	۴۲/۶۷	۰/۳۵۲	۰/۳۶۵	۳۴/۲۳	

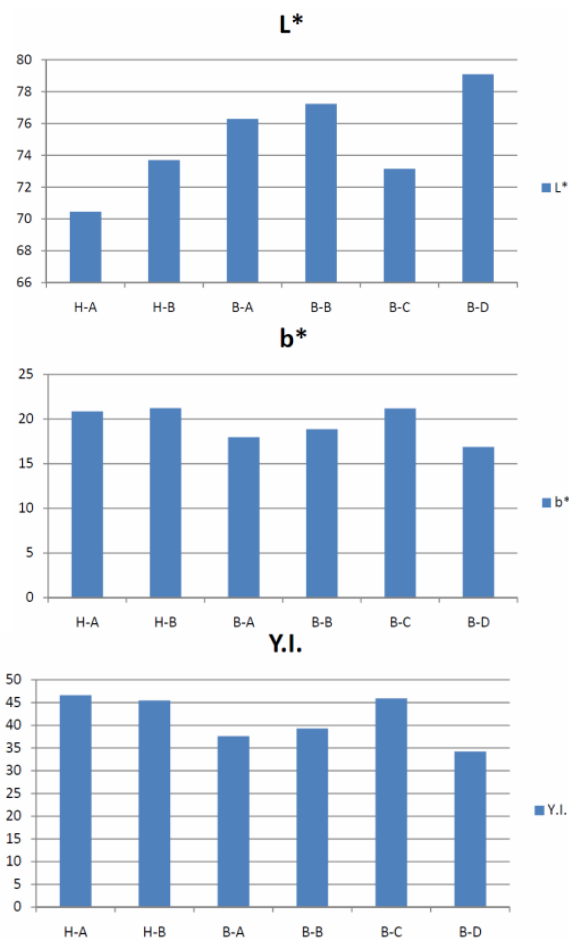
این دسته شکرهای خام را به منظور کاهش هزینه های تولید و در نتیجه افزایش بازدهی و راندمان کارخانه نشان می دهد. همچنین بررسی زاویه فام h° نمونه ها مشخص می کند که میانگین زاویه های محاسبه شده $۸۲/۲$ درجه بود. نمونه (B-D) نزدیکترین زاویه ($۸۲/۸۲$) و نمونه (H-A) دورترین زاویه ($۷۹/۶۴$) نسبت به محور b^* را نشان می دهد. چنین زاویه ای نشانگر نزدیک شدن به محور زردی می باشد. از سوی دیگر، میانگین فاصله خلوص یا C^* برای نمونه ها $۱۹/۷۵$ محاسبه و بیشترین این مقدار مربوط به نمونه (H-B) و کمترین آن مربوط به نمونه (B-D) بود. بررسی شاخص مهم دیگر یعنی مقیاس زردی نشان می دهد که بیشترین مقدار زردی مربوط به نمونه (H-A) با مقدار $۴۶/۶$ و کمترین آن مربوط به نمونه (B-D) با مقدار $۳۴/۲$ بود. شکل ۴ مقایسه ای میان برخی مختصات رنگ سنجی ۶ نمونه شکرخام وارداتی را نشان می دهد.

همچنین متوسط مولفه a^* برای نمونه های شکرخام $۳/۰۶$ محاسبه شد که با بررسی مقادیر هر نمونه (که همگی دارای مقادیر اندک ولی مثبت بودند) مشخص شد که تقریباً تفاوت معناداری میان نمونه ها با یکدیگر وجود ندارد. همچنین با توجه به مقادیر کوچک a^* برای کلیه نمونه ها و مقادیر مثبت b^* بنظر می رسد که تحت نور سفید کلیه نمونه ها به سمت منطقه زرد فضا رنگ گرایش داشته باشند (با متوسط b^* برابر با ۱۹) که کمترین مقدار b^* مربوط به نمونه برزیلی (B-D) و بیشترین مقدار آن مربوط به نمونه هندی (H-B) بود. پایین بودن هرچه بیشتر مولفه های رنگی همچون a^* و b^* یکی از امتیازات نمونه های شکرخام است زیرا منجر به حذف مرحله آفیناسیون، که مربوط به حل کردن شکرهای خام با شربت است، می شود [۴]. همچنین این نوع شکرهای خام با رنگ پایین درحین عملیات رنگبری طی مدت زمان کوتاهی این مرحله را سپری می کنند [۲۵] و این نکته، اهمیت استفاده از

منفی بر عملکرد فیلترهای تصفیه، موجب اشکال در مرحله رنگبری می شوند [۲۵]. بنابراین انتظار می رود در حضور مقادیر بیشتر نشاسته در نمونه ها رنگ تیره تری نیز در آن ها مشاهده گردد.

همچنین با کمتر از سطح خطا $\alpha = 0.05$ رابطه معناداری بین پارامتر خاکستر و بعضی از مختصات رنگ وجود داشت که میزان این ارتباط بترتیب با a^* (۸۹٪ و مثبت)، X (۹۱٪ و منفی)، Y (۹۱٪ و منفی)، x (۹۰٪ و مثبت)، y (۸۳٪ و مثبت)، $Y.I$ (۸۵٪ و مثبت) می باشد. همچنین با کمتر از سطح خطا $\alpha = 0.01$ این رابطه معنادار با میزان ارتباط به ترتیب با L^* (۹۲٪ و منفی)، h^0 (۹۲٪ و منفی)، Z (۹۵٪ و منفی) مشاهده می شود. افزایش خاکستر به دلایلی همچون اثر منفی ترکیبات سولفات بر رنگبرها و تاثیر حضور آهن فرو در ایجاد رنگدانه ها منجر به تیرگی بیشتر رنگ فرآورده نهایی می شود [۲۶، ۲۷]. در این حالت مولفه L^* که میزان سفیدی و سیاهی محصول را نشان می دهد، با کدورت و تیرگی حاصله رابطه معکوس خواهد داشت [۲۵].

با سطح خطای کمتر از $\alpha = 0.05$ رابطه معناداری بین پارامتر رنگ محلول و بعضی از مختصات رنگ بدست آمد که میزان این ارتباط بترتیب با Z (۸۲٪ و منفی)، X (۸۹٪ و مثبت)، y (۹۰٪ و مثبت)، $Y.I$ (۸۹٪ و مثبت) می باشد. همچنین با کمتر از سطح خطای $\alpha = 0.01$ این رابطه معنادار با میزان ارتباط به ترتیب با a^* (۸۸٪ و مثبت)، b^* (۹۲٪ و مثبت)، C^* (۹۲٪ و مثبت)، h^0 (۸۲٪ و منفی) مشاهده می شود. از سوی دیگر بین سایر پارامترهای کیفی اندازه گیری شده همچون دکستران، ساکاروز، قند اینورت، pH، ضریب شکست و رطوبت با مختصات رنگ همبستگی معناداری مشاهده نگردید. نتایج این بررسی موید آن است که فاکتورهای کیفی دخیل در تغییر رنگ شربت های قندی و در نهایت شکرخام، بر مولفه L^* اثر گذار هستند. یعنی به هر میزان فاکتوری در جهت افزایش تیرگی رنگ شکرخام اثرگذار باشد، در جهت عکس آن بر پارامتر L^* تاثیر دارد، که وجود علامت منفی در بررسی همبستگی این خصوصیت رنگی با میزان خاکستر موید این نکته است. همبستگی بالای پارامتر رنگ محلول با تعداد زیادی از مختصات رنگ نیز بسیار قابل توجه بوده و نشان دهنده ارتباط خطی بین این پارامتر با مولفه های رنگی مختلف می باشد. همچنین بیشترین میزان همبستگی میان پارامتر خاکستر با Z (با میزان ۰/۹۵ و علامت منفی) بدست آمد.



شکل ۴ مقایسه مختصات L^* , b^* , $Y.I$ حاصل از رنگ سنجی نمونه های شکرخام

۳-۳- بررسی همبستگی بین خصوصیات کیفی و خصوصیات رنگی شکرهای خام

گام بعدی بررسی همبستگی میان مختصات رنگ و خصوصیات کیفی اندازه گیری شده در شکرهای خام بود. تجزیه و تحلیل نتایج، وجود روابط در سطح و شدت بالا میان برخی از مختصات رنگ با پارامترهای کیفی را نشان داد. نتایج جدول شماره ۳، آزمون ضریب همبستگی پیرسون، نشان می دهد که چون مقدار سطح معنی داری آزمون بین پارامتر نشاسته با برخی از مختصات رنگ کمتر از سطح خطا $\alpha = 0.05$ یا $p < 0.05$ است، بنابراین رابطه معناداری وجود داشته که میزان این ارتباط بترتیب برای a^* (۸۲٪)، b^* (۸۸٪)، C^* (۸۸٪)، Z (۸۲٪)، x (۸۶٪)، y (۸۸٪)، $Y.I$ (۸۵٪) و همگی مثبت می باشد. به عبارتی هرچه غلظت نشاسته در نمونه ها بیشتر باشد این مختصات رنگ نیز افزایش می یابند. تحقیقات نیز نشان داده است که حضور برخی ناخالصی های کلوئیدی در شربت های قندی، همچون نشاسته، علاوه بر تاثیر

جدول ۳ همبستگی میان نتایج حاصل از مختصات رنگ سنجی و پارامترهای کیفی شش نوع شکرخام وارداتی

پارامترهای کیفی									مختصات رنگ
دکستران	نشاسته	خاکستر	ساکارز	اینورت	رنگ محلول	pH	ضریب شکست	رطوبت	
۰/۷۵	۰/۷۶	۰/۹۲**	۰/۳۳	۰/۳۹	۰/۷۵	۰/۲۶	۰/۳۵	۰/۷۳	L* همبستگی
۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۰۱	۰/۵	۰/۴	۰/۰۸	۰/۶	۰/۵	۰/۱۱	معناداری
۰/۶۳	۰/۸۲*	۰/۸۹*	۰/۲۸	۰/۳۱	۰/۸۸**	۰/۴۸	۰/۳۰	۰/۵۲	a* همبستگی
۰/۱۸	۰/۰۴	۰/۰۱۷	۰/۶	۰/۵۴	۰/۰۰	۰/۳۴	۰/۵	۰/۲	معناداری
۰/۴۶	۰/۸۸*	۰/۷۸	۰/۰۶	۰/۲۲	۰/۹۲**	۰/۴۴	۰/۱۸	۰/۳۷	b* همبستگی
۰/۳	۰/۰۲	۰/۰۶	۰/۸۸	۰/۶	۰/۰۰۹	۰/۳	۰/۷	۰/۴	معناداری
۰/۴۷	۰/۸۸*	۰/۷۹	۰/۰۹	۰/۲۲	۰/۹۲**	۰/۴۵	۰/۱۹	۰/۳۸	C* همبستگی
۰/۳	۰/۰۲	۰/۰۶	۰/۸۵	۰/۶	۰/۰۰۹	۰/۳	۰/۷	۰/۴	معناداری
۰/۷۰	۰/۷۵	۰/۹۲**	۰/۳۶	۰/۳۹	۰/۸۲*	۰/۵۱	۰/۳۸	۰/۵۶	h° همبستگی
۰/۱۲	۰/۰۸	۰/۰۱	۰/۴۸	۰/۴	۰/۰۴	۰/۳	۰/۴۶	۰/۲	معناداری
۰/۷۳	۰/۷۶	۰/۹۱*	۰/۳۱	۰/۳۹	۰/۷۴	۰/۲۵	۰/۳۵	۰/۷۲	X همبستگی
۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۰۱۳	۰/۵۵	۰/۴	۰/۰۸	۰/۶	۰/۵	۰/۱	معناداری
۰/۷۳	۰/۷۷	۰/۹۱*	۰/۳۱	۰/۳۹	۰/۷۶	۰/۲۷	۰/۳۵	۰/۷۱	Y همبستگی
۰/۱	۰/۰۷	۰/۰۱۲	۰/۵۶	۰/۴	۰/۰۸	۰/۶	۰/۵	۰/۱۰۲	معناداری
۰/۶۶	۰/۸۲*	۰/۹۵۰**	۰/۲۴	۰/۳۶	۰/۸۲*	۰/۳۳	۰/۳۲	۰/۶۳	Z همبستگی
۰/۱	۰/۰۵	۰/۰۰	۰/۶۴	۰/۴۸	۰/۰۴	۰/۵	۰/۵	۰/۱۸	معناداری
۰/۵۷	۰/۸۶*	۰/۸۹۹*	۰/۲۱	۰/۲۸	۰/۸۹*	۰/۴۱	۰/۲۵	۰/۵۱	x همبستگی
۰/۲	۰/۰۳	۰/۰۱۸	۰/۷	۰/۶	۰/۰۱۶	۰/۴	۰/۶	۰/۳	معناداری
۰/۵۴	۰/۸۸*	۰/۸۳*	۰/۱۴	۰/۲۶	۰/۹۰*	۰/۳۹	۰/۲۱	۰/۴۷	y همبستگی
۰/۲	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۸	۰/۶	۰/۰۱۴	۰/۴	۰/۶	۰/۳	معناداری
۰/۵۶	۰/۸۵*	۰/۸۵*	۰/۱۸	۰/۲۸	۰/۸۹*	۰/۴۱	۰/۲۵	۰/۴۹	Y.I همبستگی
۰/۲۴	۰/۰۳	۰/۰۳۱	۰/۷	۰/۵۸	۰/۰۱۷	۰/۴۱	۰/۶	۰/۳	معناداری

** به معنی همبستگی در سطح معنادار ۰/۰۱

* به معنی همبستگی در سطح معنادار ۰/۰۵

مختصات رنگ L*, X, Y با فقط درصد خاکستر همبستگی معنا دار داشتند. همچنین میان پارامترهای کیفی دکستران، ساکاروز، قند اینورت، pH، ضریب شکست و رطوبت با مختصات رنگ همبستگی معناداری مشاهده نگردید.

۵- منابع

[1] Engida, E. Bultosa, G. Bussa, N. (2013). Physicochemical quality of Ethiopian plantation white sugar from three sugar factories. International Journal of Scientific and Research Publications, Volume 3, Issue 7, 1 ISSN 2250-3153.

۴- نتیجه گیری

بدست آمدن همبستگی معنادار میان خصوصیات کیفی شکرخام با مختصات رنگ راهگشای علمی خوبی برای تحقیق در خصوص پیشگویی خصوصیات کیفی از طریق مشخصه های رنگ است. در این تحقیق مشخص گردید که مختصات رنگ a^* , x , y و Z و Y.I حاصل از داده های اسپکتروفتورادیومتری شش نوع شکرخام وارداتی با خصوصیات کیفی همچون غلظت نشاسته، خاکستر و شدت رنگ محلول همبستگی معنادار داشته و مختصات رنگ b^* , C^* با نشاسته و رنگ محلول و h° با خاکستر و رنگ محلول و

- estimate CIE color coordinates of beef. Food Research International, 41: 380-385.
- [17] Fernandez-Vazquez, R., Stinco, C. M., Melendez-Martinez, A. J., Heredia, F. J., & Vicario, I. M. (2011). Visual and instrumental evaluation of orange juice color: a consumers' preference study. Journal of Sensory Studies, 26:436-444.
- [18] Pedreschi, F., Bunger, A., Skurtys, O., Allen, P., & Rojas, X. (2012). Grading of potato chips according to their sensory quality determined by color. Food and Bioprocess Technology, 5: 2401-2408.
- [19] Segnini, S., Dejmek, P., & Oste, R. (1999). A low cost video technique for colour measurement of potato chips. Food Science and Technology e Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie, 32:216-222.
- [20] Segnini, S., Dejmek, P., & Oste, R. (1999). Relationship between instrumental and sensory analysis of texture and color of potato chips. Journal of Texture Studies, 30: 677-690.
- [21] Zanganeh M., Safi M., Ansari K., (2014) Instrumental and visual evaluation of color change in iranian honey samples under different illuminants, International Food Research Journal, 08; 21(1):407-411.
- [22] ICUMSA (International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis).(2005): ICUMSA Methods: GS1/2/3-1, pp. 1-6; GS1-7, pp. 1-2;GS1-10; GS1/2/3/47/8-23, pp. 1-2, GS1/3/7-3, pp. 1-4; GS2-33, pp. 1-3, GS2/3-17, pp. 1-2, GS2/1/3-15, pp. 1-2; GS1-15, pp.1-4 "GS1-16,pp. 1-4, Berlin, Germany.
- [23] El-Syiad.S.I. (2000). Egyptian raw cane sugar quality in relation to refining requirements. Food Chemistry 68: 253-257.
- [24] Shaikh.J.G, Bhatti.M.B, Rashid.Kh, Khalid.M. (2011).To introduce the raw sugar refinery, its operational concept and quality perspectives in Pakistan. Life Science International Journal, Issue-1, 2053-2062.
- [25] Baunsgaard.D.(2000). Analysis of color impurities in sugar processing using fluorescence spectroscopy and chemometrics. . Ph.D Thesis. The Royal Veterinary and Agricultural University Department of Dairy and Food Science Chemometrics Group, Food Technology Denmark.
- [26] Saranin, A. P. (1972). Technology of Phos-floatation of Sugar Melt. Sugar Tech. Rev., 02: 1-72.
- [27] Bardwell, D. J., J. R. Croker and N. H. Paton (1985). Recent application of colour fractionation in CSR refineries. Proc. Sug. Ind. Tehnol. 44: 32-52.
- [2] Chou.Ch.c .(2000). Handbook of sugar refining;A manual for the design and operation of sugar refining facilities. John Wiley & sons.
- [3] Irvine, J. E. (1993). Sugarcane. In J. C. P., Chen and C. C., Chou, (eds.). Cane Sugar Handbook (12th ed. pp. 1-20). New York: John Wiley & sons.
- [4] Asadi, M.(2007). Beet sugar handbook. John Wiley and Sons,Inc.,USA
- [5] Mersad A, Lewandowski R, Heyd B and Decloux M, (2003). Colorants in the sugar industry. Int. Sugar Jnl. Vol. 105, No. 1254: 269-281.
- [6] deMan,J.M.(1990). Principles of food chemistry.2nd edn. Van Nostrand Reinhold,New York.
- [7] Kulkarni.D.P. (2009). Cane sugar manufacturing in India. Vol 1. The sugar technologist association of India.
- [8] Davis.S.B. (2001). The chemistry of color removal: A processing perspective, Sugar Milling Research Institute, University of Natal, Durban, 4041, South Africa.
- [9] Godshall, M. A. (1996). Recent progress in sugar colorants. In Proceedings of the 1996 Conference on Sugar Processing Research, New Orleans, LA, 262-305.
- [10] Ansari K.,Mahmodi A., (2012). Color management in displays, Publisher naghshe bayan, 61 Pages (in Persian).
- [11] Wu.D and Sun.D.W (2012).Colour measurements by computer vision for food quality control.Trends in food science & technology.
- [12] Wu, D., He, Y., & Feng, S. (2008). Short-wave near-infrared spectroscopy analysis of major compounds in milk powder and wavelength assignment. Analytica Chimica Acta, 610:232-242.
- [13] Wu, D., Chen, X. J., Shi, P. Y., Wang, S. H., Feng, F. Q., & He, Y. (2009). Determination of alpha-linolenic acid and linoleic acid in edible oils using near-infrared spectroscopy improved by wavelet transform and uninformative variable elimination. Analytica Chimica Acta, 634: 166-171.
- [14] Wu, D., He, Y., Nie, P. C., Cao, F., & Bao, Y. D. (2010). Hybrid variable selection in visible and near-infrared spectral analysis for non-invasive quality determination of grape juice. Analytica Chimica Acta, 659:229-237.
- [15] Du.Ch.J and Sun.D.W (2004). Recent development in the applications of image processing techniques for food quality evaluation.Trends in food science & technology.
- [16] Larrain, R. E., Schaefer, D. M., & Reed, J. D. (2008). Use of digital images to

CIE color coordinates measurement of imported raw cane sugar samples using spectrophotoradiometer and correlation with their certain quality parameters

Bahrami, M. E.¹, Ansari, K.^{2*}, Honarvar, M.³

1. Ph.D Student of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Science and Research Branch of Tehran, Iran
2. Assistant Professor, Department of Color Imaging and Color Image Processing, Institute for Color Science and Technology, Tehran, Iran
3. Assistant Professor of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Science and Research Branch of Tehran, Iran

(Received: 93/10/16 Accepted: 94/6/7)

Raw cane sugar is the one of the most important products in sugar industry. Quality characteristics of raw sugar are the main influence factor in type and quality of refined sugars. The purpose of this research was to find agreement between the CIE color coordinates and certain quality parameters of various imported raw cane sugar samples. The spectral reflectance of such raw sugar samples were determined with the aid of a spectrophotoradiometer in the range 380 to 780 nm and were then converted to their corresponding CIE color coordinates. The correlation between such color coordinate values and certain quality parameters of samples such as; ash content, sucrose, invert sugar, color solution, pH, starch, dextran content, moisture and refractive index were determined. Results show good to very good correlations between some quality parameters such as starch content, ash content and color solution and various CIE color coordinates values such as L^* , a^* , b^* , C^* , h , X , Y , Z , x , y and $Y.I$.

Key word: Raw Cane Sugar, Color Measurement, Color Coordinate Values, Quality Parameter, Spectrophotoradiometer

* Corresponding Author E-Mail Address: kansari@icrc.ac.ir