

تعیین میانگین مساحت چغندر قند با استفاده از روش پردازش تصویر دیجیتال و بررسی همبستگی آن با فاکتورهای کیفیت تکنولوژی

احمد بهادریگی^۱، مسعود هنرور^{۲*}، کیوان انصاری^۳، محمدعرفان بهرامی^۴

- ۱- دانشجوی دکتری علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران
۲- استادیار دانشکده علوم و مهندسی صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
* نویسنده مسئول (M-Honarvar@hotmail.com)
۳- استادیار گروه پژوهشی نمایش رنگ و پردازش تصویر، موسسه پژوهشی علوم و فناوری رنگ و پوشش، تهران، ایران
۴- دانشجوی دکتری علوم و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

چکیده

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۵/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۸/۰۶

واژه‌های کلیدی

چغندر قند
خصوصیات فیزیکیوشیمیایی
ضریب استحصال شکر
پردازش تصویر

چغندر قند به عنوان یک گیاه صنعتی و استراتژیک، یکی از اصلی‌ترین منابع تولید شکر در ایران و جهان محسوب می‌شود. تحقیق حاضر در طول یک دوره بهره‌برداری در سال ۱۳۹۲ بر روی چغندرهای قند ارسالی به کارخانه قند همدان صورت گرفت. تصاویری از سطح چغندرهای نمونه‌گیری شده با استفاده از یک دستگاه پوششگر رومیزی تهیه و به کمک الگوریتم طراحی شده در نرم‌افزار متلب مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مساحت سطح نمونه‌ها تعیین گردید. سپس آزمون‌های فیزیکیوشیمیایی به منظور اندازه‌گیری برخی فاکتورهای مرتبط با کیفیت محصول مانند درصد قند، نیتروژن مضر، سدیم و پتاسیم موجود در ریشه‌ها انجام شد. مساحت سطح چغندرهای قند با فاکتورهایی همچون درصد قند ناخالص ($R^2 = -0/696$)، درصد قند خالص ($R^2 = -0/724$)، ضریب استحصال شکر ($R^2 = -0/679$) و قند ملاس ($R^2 = 0/459$) دارای همبستگی معنی‌دار بود. با توجه به یافته‌های این تحقیق، می‌توان نتیجه گرفت که کاهش عیار و افزایش میزان ناخالصی‌ها در چغندرهای قند، متناسب با میانگین مساحت چغندر بوده و با افزایش اندازه و در نتیجه افزایش سطح چغندر قند، میزان عیار کاهش و ناخالصی‌های موجود افزایش می‌یابد.

مقدمه

و بنا بر شاخص‌های کیفی آن، از لحاظ اقتصادی در صنعت قند ارزشمند است. اهمیت چغندر قند در کشاورزی تنها محدود به امکان تولید شکر از آن نبوده و می‌توان از ریشه چغندر قند علاوه بر استحصال شکر، محصولات جانبی نیز تولید نمود که به عنوان غذای دام مورد استفاده قرار می‌گیرد. در حال حاضر، چغندر قند به عنوان یک محصول کشاورزی جهت تولید شکر، که یک فرآورده غذایی مهم در جهان

چغندر قند (بتا ولگاریس^۱) گیاهی جدید در دنیای زراعت شناخته می‌شود که حاصل تلاش منظم و فعالیت به‌نژادگران در طی تقریباً دو قرن گذشته است. چغندر قند در ایران نیز به عنوان یکی از اصلی‌ترین منابع تولید شکر، کاربردی صنعتی و استراتژیک داشته

¹ *Beta vulgaris L*

مساحت، محیط، مربعیت و توزیع اندازه ذرات نمونه‌های شکر خام را به دست آوردند. نتایج نشان داد که یک تکنیک ساده پردازش تصویر دیجیتال نسبت به روش‌های معمول از جمله استفاده از الگ و مشاهدات بصری نه تنها دقت بلکه صحت بالاتری نیز دارد.

تعیین خصوصیات ریخت‌شناسی کریستال‌های شکر با استفاده از سیستم پردازش تصویر توسط Faria و همکاران (۲۰۰۳)، مورد بررسی قرار گرفت. آنها دریافتند که به کمک پردازش تصویر می‌توان اطلاعات با ارزشی از اندازه و خصوصیات مرفولوژی کریستال‌های شکر به دست آورد، به طوری که با استفاده از دیگر تکنیک‌ها امکان دست‌یابی به آنها وجود ندارد. در این تحقیق همچنین اثر اضافه کردن ناخالصی‌هایی همچون دکستران، رافینوز، گلوکز و سدیم کربنات بر روند تشکیل و رشد کریستال‌های شکر بررسی شد.

Bovi و Spiering (۲۰۰۲)، اهمیت اندازه‌گیری مساحت سطحی میوه‌ها و دشواری تعیین آن به شیوه غیرمخرب را بیان نموده و از طریق یک رابطه آلومتریکی^۸، که ارتباطی میان یک خاصیت فیزیکی نظیر مساحت با دیگر ویژگی‌های حجم را نشان می‌دهد، جهت اندازه‌گیری مساحت سطحی میوه‌های هلو از روی حاصل‌ضرب طول در حداکثر پهنای آن اقدام کردند. آنها نتایج بدست‌آمده از طریق تکنیک پردازش تصویر را با روش مرسوم توزین در تعیین مساحت با یکدیگر مقایسه کردند. نتایج نشان داد که نه تنها سرعت کار با استفاده از روش پردازش تصویر دو برابر حالت مرسوم بود، بلکه منحنی برازنده شده بر متغیرهای مستقل و وابسته در روش پردازش تصویر نیز مناسب‌تر بودند. در روش مورد استفاده محققان، نمونه‌ها بسته به اندازه، سه تا پنج برش خورده، پس از تخلیه بافت گوشتی، پوسته‌ها بین دو صفحه شفاف قرار داده شده و با دقت ۳۰۰ دی پی آی^۹ اسکن شدند. سپس مساحت سطح با استفاده از نرم‌افزار Area2.1 محاسبه گردید.

است، توانسته تا به مقامی شایسته به عنوان یکی از اجزای کلیدی تشکیل دهنده اقتصاد کشاورزی ملی کشورها دست یابد (کوک و اسکات^۱، ۱۳۷۷).

پردازش تصویر^۲ و سیستم‌های بینایی کامپیوتری^۳ جزو روش‌های غیر مخرب، کارآمد و با ثبات به منظور تعیین خصوصیات مختلف مواد غذایی و محصولات کشاورزی در سال‌های اخیر بسیار رواج پیدا کرده‌اند (Wu & Sun, 2013). صنایع غذایی جزو ۱۰ صنعت مهمی است که از تکنیک‌های پردازش تصویر بهره می‌برد. این تکنیک‌ها قادرند تا خصوصیات پیچیده‌ای همچون اندازه، شکل، رنگ و حتی بافت مواد غذایی را به صورت کمی بیان کنند (Du & Sun, 2004). به طور کلی این روش بر اساس عکس‌برداری دیجیتال از محصول و سپس آنالیز تصاویر طبق الگوریتم‌های طراحی شده تعریف می‌گردد.

در شکل ۱ به ترتیب مراحل مختلف تجزیه و تحلیل مبتنی بر پردازش تصویر نشان داده شده است که ابتدا با اخذ تصویر^۴، فرم دیجیتالی شکل محصول بدست‌آمده و در مرحله^۵ پیش‌پردازش^۵، بهینه‌سازی تصویر دیجیتالی طبق نیاز الگوریتم انجام می‌شود. در مرحله^۶ قطعه‌بندی^۶ تصویر به مناطق گسسته‌ای که هم‌پوشانی ندارند، تقسیم می‌گردد. در مرحله^۷ اندازه‌گیری نیز، برخی از ویژگی‌های محصول، نظیر ابعاد، شکل و رنگ اندازه‌گیری شده و در مرحله^۸ آخر، خواص اندازه‌گیری شده محصول مورد نظر در گروه‌های جداگانه طبقه‌بندی می‌گردند (Du & Sun, 2004).

Honarvar و Bahrami (۲۰۱۵)، در تحقیقی با طراحی یک الگوریتم پردازش تصویر دیجیتال اعلام نمودند که می‌توانند نسبت به تعیین برخی خصوصیات مرفولوژیکی^۷ کریستال‌های شکر خام نیشکری از طریق تصاویر بدست‌آمده کریستال‌ها توسط یک پویشر اقدام نمایند. آنها در این تحقیق برخی فاکتورهای مربوط به ظاهر کریستال‌ها از جمله

¹ Cooke and Scott

² Image Processing

³ Computer Vision

⁴ Image acquisition

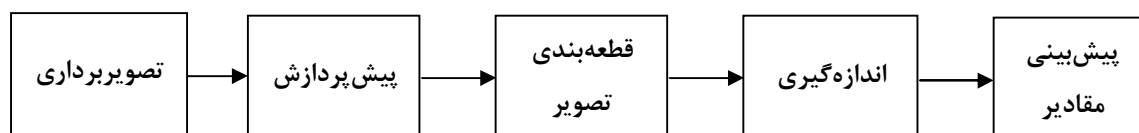
⁵ Preprocessing

⁶ Segmentation

⁷ Morphology

⁸ Relationship Allometric

⁹ dpi



شکل ۱- مراحل تجزیه و تحلیل مبتنی بر پردازش تصویر

تولید چغندر قند با کمترین اثرات مخرب زیست محیطی توسعه داد.

هدف از این پژوهش، استخراج یک فاکتور ظاهری با نام میانگین مساحت چغندر قند با استفاده از تکنیک پردازش تصویر و سپس بررسی همبستگی میان فاکتورهای مختلف فیزیکیوشیمیایی مانند میزان سدیم، پتاسیم، نیتروژن، کلیاتیت، درصد قند خالص و ناخالص و قند ملاس که تحت عنوان ارزش تکنولوژیکی چغندر قند مطرح هستند، و در نهایت یافتن همبستگی میان مساحت و خصوصیات فیزیکیوشیمیایی چغندر قند بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در طول دوره بهره‌برداری در سال ۹۲ بر روی چغندرهای قند کشت شده در ۶ منطقه مختلف استان همدان شامل اسدآباد، آذربایجان، فامنین، کنگاور، نهاوند و تویسرکان صورت پذیرفت. نمونه برداری در کل به تعداد ۱۰۰ نمونه و به صورت کاملاً تصادفی در طول ایام بهره‌برداری انجام شد. از هر محموله طبق روش متداول در واحد عیار سنج کارخانه نمونه برداری صورت گرفت. سپس از هر نمونه حدود ۱۵۰ گرم خمیر ریشه تهیه و تجزیه ریشه و اندازه‌گیری برخی عوامل کیفی در آن به وسیله دستگاه بتالایزر مدل D-3016 و فلیم‌فتمتر^۱ انجام گرفت. درصد قند ناخالص (SC) و ناخالصی‌های موجود در ریشه اعم از پتاسیم، سدیم و نیتروژن مضره آن، توسط دستگاه‌های مذکور اندازه‌گیری شد. قند قابل استحصال (WSC)^۲ و راندمان استخراج قند از ریشه، به طور غیرمستقیم و استفاده از معادلات تجربی موجود و اطلاعات حاصل از عوامل ذکر شده محاسبه گردید (Asadi, 2007).

Martinson و Williams (۲۰۰۳)، برای ایجاد رابطه رگرسیونی بین مساحت سطح برگ انگور و طول و پهنای برگ، سطح برگ را با استفاده از روش پردازش تصویر به دست آوردند و در نهایت دو رابطه رگرسیونی توانی مبتنی بر پهنای برگ برای تخمین سطح برگ را ارائه نمودند. البته در این تحقیق به خصوصیات سیستم پردازش تصویر مورد استفاده اشاره نشده بود.

احمدی مقدم و همکاران (۱۳۸۸) به کمک پردازش تصویر نسبت به تخمین آزمایشگاهی وضعیت نیتروژن برگ چغندر قند اقدام کردند. آنها برای اولین بار، از روش پردازش تصاویر رنگی برای تعیین وضعیت نیتروژن برگ‌های چغندر قند استفاده کردند. آزمایش‌ها در اتاق فیتوترون انجام و شش سطح مختلف کوددهی (۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ کیلوگرم بر هکتار) در پنج تکرار برای چغندر قند که در گلدان‌های پلاستیکی به قطر ۲۲ سانتیمتر کشت شده بودند، در نظر گرفته شد. سپس کلروفیل برگ توسط دستگاه کلروفیل‌سنج اندازه‌گیری گردید. اطلاعات پس از پردازش به دو فضای رنگی و یک فضای سطح خاکستری برای تخمین مقدار کلروفیل برگ بر اساس تصویر گرفته شده توسط دوربین دیجیتالی انتقال یافت. مدل سطح خاکستری رابطه خوبی با مقدار کلروفیل برگ نشان داد ($R^2 = 0.79$) و نیز زمان کمتری برای پردازش تصویر نیاز داشت (تقریباً نصف زمان پردازش تصویر در فضای رنگی) اما مدل 2R-B در فضای رنگی بیشترین همبستگی را برای تخمین مقدار کلروفیل برگ نشان داد ($R^2 = 0.93$) نتایج تحقیق نشان می‌دهد که از آنالیز تصاویر رنگی می‌توان مانند یک دستگاه کلروفیل‌سنج برای تشخیص کمبود ازت در برگ‌های چغندر قند استفاده کرد. با ترکیب این روش و استفاده از یک کودپاش با دبی متغیر می‌توان کاربرد کوددهی متغیر نیتروژن را به منظور

¹ Photometric Flame

² White Sugar Content (WSC)

اندازه‌گیری درصد قند ناخالص (SC)

درصد قند ناخالص یا همان عیار چغندر قند شامل درصد قند قابل استحصال به همراه درصد قند موجود در ملاس است. در این تحقیق مقدار ساکارز ریشه به روش پلاریمتری^۱ اندازه‌گیری شد. این روش براساس میزان انحراف نور پلاریزه استوار است. برای اندازه‌گیری پارامترهای کیفی در ریشه، خمیر ریشه و سواستات‌سرب به نسبت ۲۶ گرم خمیر و ۱۷۷/۷ سانتی‌متر مکعب سواستات‌سرب، به طور کامل و با استفاده از مخلوط‌کن‌های اتوماتیک با همدیگر مخلوط گردید، سپس با کاغذ صافی شماره ۴۲ صاف و عصاره آن جدا شد، آنگاه درصد قند موجود به روش پلاریمتری تعیین گردید (Asadi, 2007).

تعیین ناخالصی‌های پتاسیم، سدیم و ازت مضره

مقادیر پتاسیم و سدیم موجود در عصاره تهیه شده از خمیر ریشه، به وسیله دستگاه فلیم‌فتمتر که طیف نشری حاصل از نمونه را با طیف نشری گسترده حاصل از لیتیوم مقایسه می‌نماید، اندازه‌گیری و میزان آن بر حسب میلی‌اکی‌والان در یکصدگرم خمیر حاصل از ریشه محاسبه گردید. برای سنجش ترکیبات ازته (کلیه ترکیبات آلی ازت‌دار مثل اسیدهای آمینه) از روش عدد آبی استفاده شد. برای این منظور از دستگاه بتالایزر که با مخلوط نمودن عصاره صاف شده و معرف کوپر به نسبت مساوی تغییراتی در رنگ ایجاد می‌کند، استفاده گردید و سپس با استانداردهای موجود مقایسه شده و نتایج بر حسب میلی‌اکی‌والان در یکصدگرم خمیر حاصل از ریشه گزارش شد (کوک و اسکات، ۱۳۷۷).

محاسبه درصد قند خالص، راندمان استحصال شکر و میزان قند ملاس

در ارتباط با تعیین مقدار قند موجود در ملاس (Zm) و اثرات مواد ناخالصی در آن از رابطه (۱) رینوفلد^۲ استفاده می‌شود (Abdollahian-Noghabi, 1999):

$$Zm = 0.343(Na + K) + 0.094 N - 0.29$$

که در آن Zm نشان‌دهنده قند موجود در ملاس، Na سدیم، K پتاسیم و N میزان ازت کل است. از سوی دیگر درصد قند خالص یا درصد قند قابل استحصال (WSC) از طریق رابطه (۲) که تفاضل درصد قند ناخالص (Pol) و درصد قند ملاس (Zm) است به دست می‌آید.

رابطه (۲)

$$\%WSC = (\%SC - \%MS) - 0.6$$

در رابطه (۲) مقدار ۰/۶ ضریب افت استحصال در کارخانجات قند ایران است. راندمان استخراج قند از ریشه (ECS)، در واقع ساکارز قابل استحصال به کل ساکارز موجود در ریشه به صورت درصد است. همچنین راندمان استخراج قند از ریشه (ECS)، که در رابطه (۳) نشان داده شده است در واقع به صورت نسبت درصد ساکارز قابل استحصال به کل ساکارز موجود در ریشه به دست می‌آید (عبداللهمیان نوقابی و همکاران، ۱۳۸۴).

رابطه (۳)

$$\text{Purity [Yield]} = \text{WSC} / \text{SC} \times 100$$

تهیه تصاویر

تصاویر دیجیتالی از سطح خارجی نمونه‌های چغندر قند سالم انتخاب شده در شرایط محیطی آزمایشگاهی، با استفاده از یک دستگاه پوشگر رومیزی (Genius ColorPage-Vivid 3XE) با تفکیک پذیری ۸۰۰ دی پی‌آی به کمک نرم‌افزار Page Manager تهیه شدند. به منظور پوشش کامل سطح خارجی نمونه‌ها، هر چغندر در جهت‌های مختلف اما با شرایط تقریباً یکسان بر روی پوشگر قرار داده شد. عمق میدان در این گونه پوشگرها حدود ۲ اینچ است. سپس با استفاده از نرم‌افزار فتوشاپ تصاویر در کنار یکدیگر قرار داده شده و با تفکیک پذیری ۸۰۰ دی پی‌آی در قالب جی‌پی‌جی^۳ ذخیره شدند تا در مراحل بعد بتوان اطلاعات تصویری را از آنها استخراج نمود (Gonzalez & Wood, 2002). همچنین پیش از هر تصویربرداری برای ایجاد شرایط یکسان و کاهش نویز و اثرات نور محیطی، یک پارچه مخملی مشکی به

^۱ Polarimetric

^۲ Rinofeld

^۳ jpg

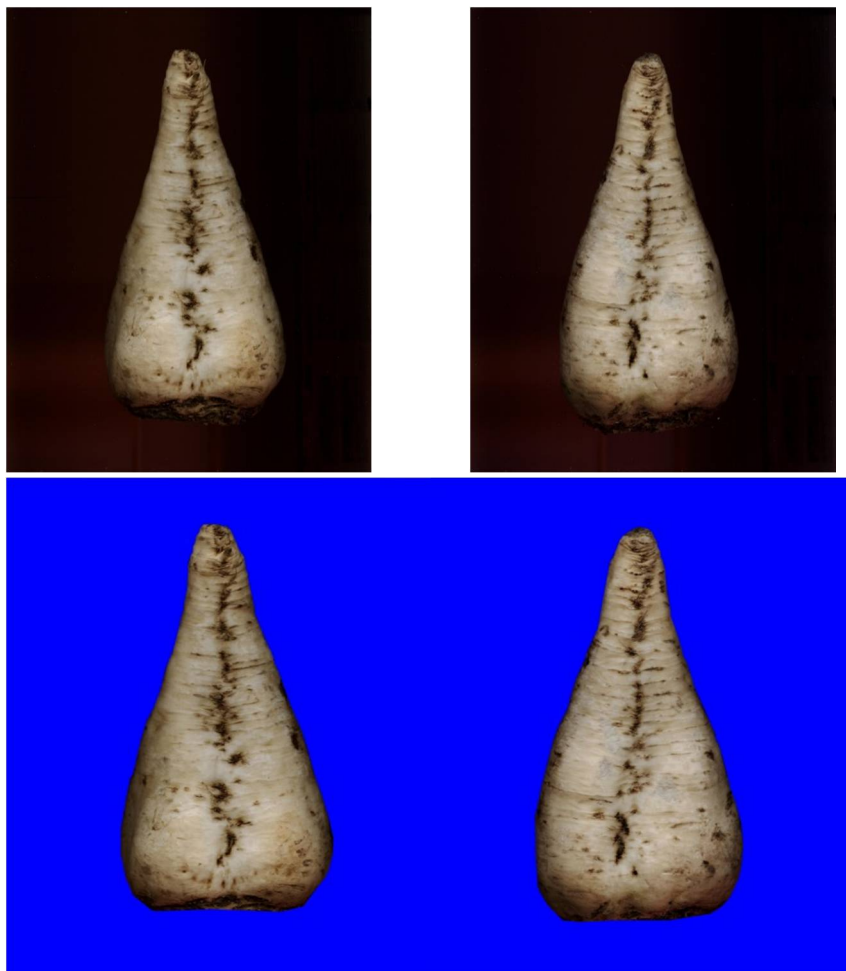
(شکل ۱).

با توجه به اینکه تصاویر اسکن شده در واقع تصویر سطح مقطع (تصویر مسطح شده) هستند بنابراین انحرافی از سطح واقعی خواهند داشت. در مورد چغندرها این مطلب به این صورت است که تصاویر چغندر به صورت یک مثلث در آمده ولی واقعیت این است که این مثلث در حقیقت تصویر مسطح شده‌ی نیمی از یک مخروط می‌باشد به همین دلیل فاکتور تصحیحی به منظور محاسبه این اختلاف استخراج شد. سطوح بدست‌آمده در این فاکتور تصحیح (که با اندکی اغماض چغندر را یک مخروط کامل در نظر گرفته است) ضرب شده و نتایج نهایی توسط نرم‌افزار گزارش شد.

عنوان پس زمینه نمونه‌ها قرار داده شد. جهت اجرای الگوریتم و پردازش تصاویر و استخراج ویژگی‌های مختلف چغندرها، از نرم‌افزار MATLAB (ver.7) استفاده گردید.

پردازش تصاویر

ابتدا با استفاده از نرم‌افزار فتوشاپ تصویر تهیه شده از سطح خارجی نمونه‌های چغندر قند در کنار یکدیگر قرار گرفتند. سپس به منظور یکسان سازی رنگ پس زمینه‌های تصاویر، یک رنگ ثابت، که در این تحقیق آبی انتخاب گردید، با استفاده از امکانات نرم‌افزار فتوشاپ به عنوان پس زمینه کلیه عکس‌ها اعمال شد. در مرحله بعد، اجرای الگوریتم اندازه‌گیری سطح کل هر چغندر قند در نرم‌افزار متلب صورت گرفت



شکل ۱- تصاویر چغندر قند قبل و بعد از پردازش تصاویر الف) تصاویر خام اسکن شده ، ب) قرارگیری تصاویر یک نمونه در کنار هم و اصلاح پس زمینه

تجزیه و تحلیل آماری

در این پژوهش به منظور آنالیز داده‌ها از طرح بلوک کاملاً تصادفی استفاده گردید. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS17 و Minitab مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. همبستگی هر یک از متغیرها نیز به کمک ضریب همبستگی پیرسون محاسبه و کلیه نمودارها توسط نرم‌افزار Excel رسم شد.

تکنولوژیکی چغندرهای قند نواحی مختلف در جدول ۱ نمایش داده شده است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که به جز در نمونه تویسرکان، در باقی نمونه‌ها تفاوت معنی‌داری از لحاظ درصد قند ناخالص یافت نشد (شکل ۲). با توجه به جدول ۱ و نتایج به دست‌آمده مشخص گردید که مناطق اسداباد با ۱۶/۹٪ و تویسرکان با ۱۳/۹٪ به ترتیب بیشترین و کمترین میانگین درصد قند ناخالص را داشتند.

نتایج

یافته‌های حاصل از میزان و درصد هر یک از خصوصیات

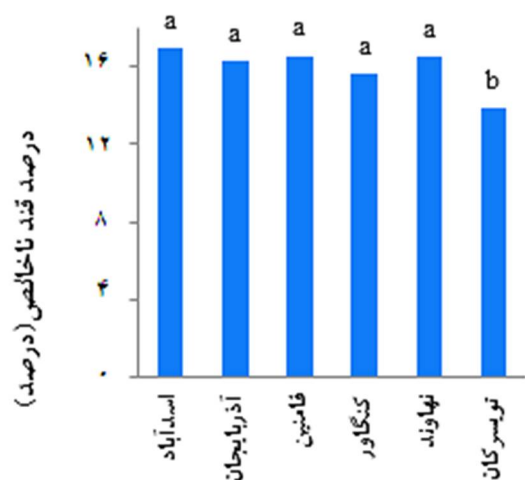
جدول ۱- مقایسه و نتایج میانگین مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی و ظاهری چغندرهای مناطق مختلف

مناطق	بزرگترین قطر ریشه	درصد قند ناخالص Sugar Content (%)	سدیم Na (%)	پتاسیم K (%)	نیترژن N (%)	قلیائیت Alc (%)	درصد قند خالص White Sugar Content (%)	ضریب استحصال شکر Esc (%)	قند ملاس Mollases (%)	مساحت سطح (cm ²)
اسداباد	۹/۵۳ ^B	۱۶/۹۰ ^A	۱/۷۲ ^C	۴/۰۷ ^{CD}	۱/۹۵ ^{AB}	۲/۹۷ ^C	۱۴/۴۳ ^B	۸۵/۳۰ ^A	۱/۸۶ ^C	۳۶۷/۷۶ ^A
آذربایجان	۱۱/۵۷ ^B	۱۶/۲۶ ^A	۲/۰۴ ^{BC}	۴/۸۵ ^{AB}	۱/۳۵ ^B	۶/۰۴ ^A	۱۳/۴۷ ^B	۸۲/۷۴ ^{AB}	۲/۱۸ ^{BC}	۳۹۸/۶۸ ^A
فامنین	۱۰/۷۹ ^{AB}	۱۶/۵۵ ^A	۳/۰۴ ^B	۵/۴۱ ^A	۱/۸۱ ^{AB}	۵/۱۰ ^{AB}	۱۳/۱۸ ^B	۷۹/۵۲ ^B	۲/۷۶ ^A	۴۲۱/۳۴ ^A
کنگاور	۱۱/۶۶ ^A	۱۵/۵۹ ^A	۱/۹۶ ^C	۳/۹۲ ^D	۱/۶۷ ^{AB}	۳/۸۵ ^{BC}	۱۳/۱۲ ^B	۸۳/۸۸ ^{AB}	۱/۸۶ ^C	۴۲۱/۰۳ ^A
نهاد	۱۱/۴۳ ^A	۱۶/۴۷ ^A	۲/۱۳ ^{AB}	۲/۲۴ ^{BCD}	۱/۹۳ ^{AB}	۳/۴۴ ^{BC}	۱۳/۸۱ ^B	۸۳/۷۳ ^{AB}	۲/۰۶ ^C	۴۰۸/۵۵ ^A
تویسرکان	۱۱/۳۶ ^A	۱۳/۸۷ ^B	۳/۲۰ ^A	۴/۷۶ ^{ABC}	۲/۱۴ ^A	۳/۶۷ ^{BC}	۱۰/۶۵ ^B	۷۴/۸۶ ^C	۲/۶۲ ^{AB}	۳۷۶/۲۵ ^A

داشتن حروف مشابه به معنی عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح $P \leq 0.05$ می‌باشد.

سدیم یکی دیگر از ناخالصی‌های موجود در چغندر قند است که بازده و میزان استحصال شکر را کاهش می‌دهد. همچنین سدیم از جمله ترکیبات غیرقندی است که می‌تواند باعث کاهش درجه خلوص شربت و افزایش ضایعات قندی به صورت ملاس شود (Asadi, 2007). در ارتباط با میزان سدیم نمونه‌های مختلف، همان‌طور که در نمودار شکل ۳ مشخص است و نیز نتایج تجزیه واریانس بدست‌آمده نشان می‌دهد بین نمونه‌ها اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ وجود دارد. در این میان تویسرکان با ۳/۹ میلی‌اکی‌واحد در یکصد گرم دارای بیشترین میزان سدیم و کنگاور با ۱/۹۶ میلی‌اکی‌واحد در یکصد گرم دارای میزان سدیم در بین نمونه‌ها بود.

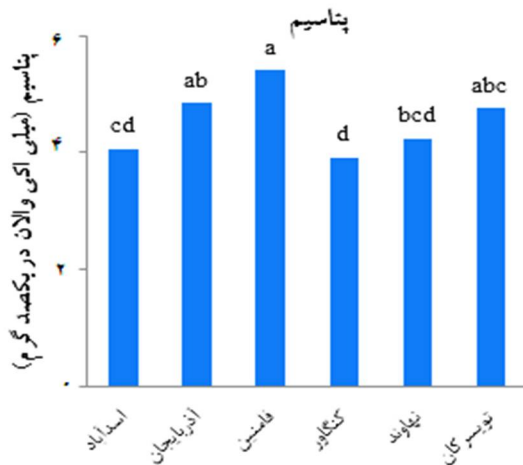
درصد قند ناخالص (SC)



شکل ۲- مقایسه میانگین درصد قند ناخالص مناطق مختلف

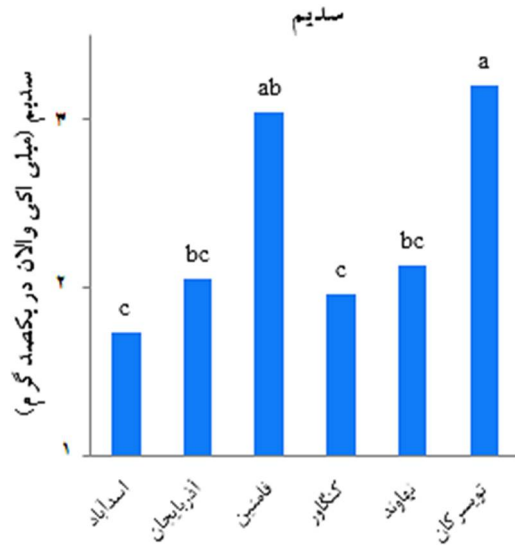
و تفاوت معنی‌داری را با منطقه آذربایجان که حاوی ۱/۳۵ میلی اکی والان در یکصدگرم، که کمترین مقدار نیتروژن در ریشه چغندرهای در بین مناطق مختلف بود، داشت (شکل ۴).

در ارتباط با میزان پتاسیم نمونه‌ها، بین مناطق مختلف تفاوت معنی‌داری در سطح ۱٪ مشاهده شد (شکل ۵). یافته‌ها نشان دادند که چغندرهای منطقه فامنین دارای بیشترین میزان پتاسیم (۵/۴۱۳ میلی اکی والان در صدگرم) و منطقه کنگاور دارای کمترین مقدار پتاسیم (۳/۹۲۳ میلی اکی والان در صدگرم) بودند. نکته‌ای که در صنعت تولید شکر حائز اهمیت است، تأثیر ناخالصی‌ها در افزایش حلالیت ساکارز می‌باشد که در مرحله طبخ به عنوان مانعی در روند کریستالیزاسیون و جداسازی کریستال‌های شکر عمل می‌کنند. از جمله عواملی که موجب افزایش ورود قند به ملاس می‌شوند می‌توان به ترکیبات پتاسیم، سدیم و اسیدهای آمینه اشاره نمود. نتایج حاصل از بررسی مقادیر سایر فاکتورهای تکنولوژیکی چغندرهای قند در جدول ۱ آورده شده است.



شکل ۵- مقایسه میانگین میزان پتاسیم مناطق مختلف

در رابطه با بررسی میزان مساحت سطح چغندرهای قند با استفاده از پردازش تصویر (شکل ۶)، نتایج نشان داد که بیشترین میانگین سطح مربوط به چغندرهای منطقه فامنین با ۴۲۱/۲۴ سانتی‌متر مربع و کمترین میزان متعلق به منطقه اسدآباد با ۳۶۷/۷۶ سانتی‌متر مربع بود. همچنین



شکل ۳- مقایسه میانگین میزان سدیم مناطق مختلف

ترکیبات ازت‌دار به خصوص اسیدهای آمینه نیز نقش عمده‌ای در ملاس‌زایی دارند، به همین علت به آنها ازت مضره گفته می‌شود. مهم‌ترین ترکیبات ازت مضره، اسیدهای آمینه، بتائین و بازهای پورین و پیریمیدین هستند که در مراحل تصفیه جدا نشده و در نهایت وارد ملاس می‌شوند (Cuddihy et al, 2001). نتایج حاکی از تفاوت معنی‌دار نمونه‌ها با یکدیگر در میزان نیتروژن در سطح ۵٪ بود (شکل ۴).



شکل ۴- مقایسه میانگین میزان نیتروژن مناطق مختلف

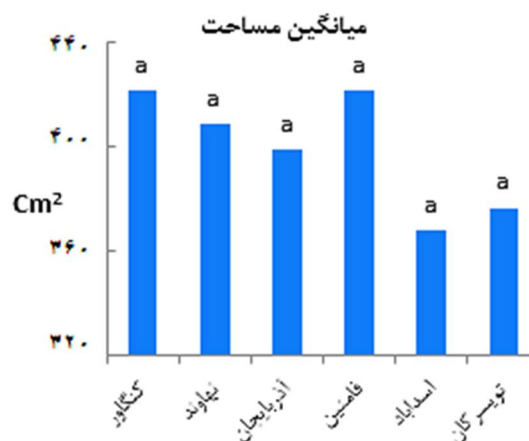
مقایسه میانگین مناطق مختلف نشان داد که تویسرکان با ۲/۱۴۵ میلی اکی والان در یکصدگرم نسبت به میانگین دارای بیشترین میزان نیتروژن بوده

داد و با قند ملاس همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح ۱٪ داشت. ضرایب همبستگی ارتباط بین مؤلفه‌های مختلف در جدول ۲ نشان داده شده است. بررسی همبستگی میان مساحت محاسبه شده سطح چغندر که با روش‌های پردازش تصویر بدست آمده بود با درصد قند خالص و ضریب استحصال شکر نشانگر یک همبستگی منفی و معنی‌دار در سطح آماری ۱٪ و با درصد قند ناخالص نشانگر یک همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح آماری ۵٪ بود.

بحث

با توجه به تجزیه و تحلیل یافته‌های حاصل از همبستگی خصوصیات مختلف (جدول ۲) می‌توان نتیجه گرفت که کمترین میزان سدیم، پتاسیم و ازت مضره متعلق به چغندره‌های ریز یا چغندرهایی با سطح کمتر و بیشترین مقدار ناخالصی‌ها متعلق به چغندره‌های درشت با سطح بیشتر بوده است. در بررسی تأثیر سطح چغندره‌های قند بر ویژگی‌های تکنولوژیکی آنها، کمترین میزان عیار (درصد قند ناخالص) متعلق به چغندره‌های با سطح بیشتر می‌باشد. با توجه به معنی‌دار بودن اثر اندازه روی کاهش درصد قند ناخالص و افزایش ناخالصی‌ها (سدیم، پتاسیم و ازت مضره) و با توجه به جدول همبستگی خصوصیات مختلف ظاهری و کیفی، کاهش عیار و افزایش میزان ناخالصی‌ها در چغندره‌های قند، متناسب با میانگین مساحت چغندر است و با افزایش اندازه چغندرقند و در نتیجه افزایش سطح چغندر، میزان عیار آن کاهش و ناخالصی‌ها افزایش می‌یابد و بالعکس. البته توجه به این نکته حائز اهمیت است که طبق تحقیقات صورت گرفته تغییرات فیزیکوشیمیایی در چغندره‌های ریز در مقایسه با چغندره‌های درشت بیشتر بوده و لذا باید از نگهداری و ذخیره‌سازی چغندره‌های ریز اجتناب کرد. طبق گزارش بهزاد و همکاران (۱۳۸۹)، در بررسی عملکرد اندازه چغندره‌های قند ذخیره‌سازی شده در سیلو روی تغییرات سدیم و پتاسیم، کمترین افزایش سدیم متعلق به چغندره‌های درشت و بیشترین افزایش متعلق به چغندره‌های ریز بوده است.

یافته‌ها حاکی از عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین گروه‌های مختلف بود.



شکل ۶- نتایج حاصل از بررسی مساحت سطح چغندره‌های مناطق مختلف

بررسی میزان و شدت همبستگی میان خصوصیات مختلف فیزیکوشیمیایی و میانگین مساحت چغندره‌های قند که توسط عملیات پردازش تصویر به دست آمده‌اند، در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که درصد قند ناخالص دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۱٪ با قند خالص و نیز ضریب استحصال شکر بوده و همبستگی منفی و معنی‌داری را نیز در سطح ۱٪ با سدیم و نیتروژن نشان می‌دهد.

از سوی دیگر، درصد سدیم همبستگی مثبت و معنی‌داری را در سطح ۱٪، با درصد نیتروژن و همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح آماری ۵٪ با درصد پتاسیم و درصد قلیائیت و همچنین همبستگی منفی و معنی‌داری را در سطح آماری ۱٪ با درصد قند خالص و ضریب استحصال شکر نشان می‌دهد. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین نیتروژن و قند ملاس در سطح ۱٪ و همبستگی منفی و معنی‌داری سطح ۱٪ بین نیتروژن با ضریب قلیائیت و ضریب استحصال شکر مشاهده شد. درصد پتاسیم همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۱٪ با قند ملاس و همبستگی منفی و معنی‌داری را در سطح ۱٪ با درصد قند خالص و ضریب استحصال شکر نشان داد. در درصد شکر قابل استحصال همبستگی مثبت و معنی‌داری با ضریب استحصال شکر نشان

چغندر کاهش می‌یابد به طوری که چغندره‌های درشت‌تر حاوی ضایعات کمتری هستند و ضایعات وزنی که نتیجه ضایعات قندی و آبی می‌باشد در چغندره‌های درشت به حداقل ممکن می‌رسد. این مقایسه نشان می‌دهد که چون ضایعات آبی در چغندره‌های ریز بیشتر است بنابراین عصاره چغندر تغلیظ شده به طوری که مقدار سدیم در چغندره‌های ریز ذخیره شده نسبت به چغندره‌های درشت افزایش یافته است.

با توجه به اینکه سدیم ساخته و یا هیدرولیز نمی‌شود بنابراین علت افزایش سدیم را می‌توان به ضایعات آبی چغندر که باعث تغلیظ عصاره چغندر گردیده است، نسبت داد (kenter & Haffmann, 2006). گزارش Tschernjawskaia و Chelemski (۱۹۹۳) نیز حاکی از آن است که مقادیر سدیم و پتاسیم در حین نگهداری و انبارمانی تغییر نکرده و ثابت باقی می‌ماند. نتایج نشان داد که ضایعات وزنی چغندره‌های ریز دارای بیشترین مقدار و این نسبت با افزایش اندازه

جدول ۲- همبستگی بین خصوصیات مختلف چغندر قند

میانگین سطح چغندر قند (Cm ²)	قند ملاس Mollases(%)	ضرب استحصالی شکر Esc(%)	درصد قند خالص		قلیائیت Alc(%)	نیتروژن N(%)	پتاسیم K(%)	سدیم Na(%)	درصد قند ناخالص Sugar Content (%)
			White Sugar Content (%)	ضرب					
۱	۰/۴۵۹ *	۰/۶۷۹ **	۰/۷۲۴ **	۰/۱۵۴	۰/۲۹۷	۰/۳۳۶ *	۰/۳۸۵ *	۰/۶۹۶ *	۰/۶۹۶ *
۱	۰/۸۹۷ **	۰/۶۱۰ **	۰/۱۳۶	۰/۵۰۳ **	۰/۷۷۸ **	۰/۸۲۶ **	۰/۲۹۶	۰/۲۹۶	۰/۲۹۶
۱	۰/۸۷۹ **	۰/۲۳۶ *	۰/۵۵۴ **	۰/۶۵۱ **	۰/۷۶۵ **	۰/۷۴۰ **	۰/۷۴۰ **	۰/۷۴۰ **	۰/۷۴۰ **
۱	۰/۷۸۶ **	۰/۱۷۸ *	۰/۳۱۴ *	۰/۱۷۸ *	۰/۲۵۵	۰/۳۸۶ **	۰/۴۶۹ **	۰/۴۶۹ **	۰/۴۶۹ **
۱	۰/۳۸۶ **	۰/۳۸۶ **	۰/۳۸۶ **	۰/۳۸۶ **	۰/۳۸۶ **	۰/۳۸۶ **	۰/۳۸۶ **	۰/۳۸۶ **	۰/۳۸۶ **
۱	۰/۳۸۶ **	۰/۳۸۶ **	۰/۳۸۶ **	۰/۳۸۶ **	۰/۳۸۶ **	۰/۳۸۶ **	۰/۳۸۶ **	۰/۳۸۶ **	۰/۳۸۶ **
۱	۰/۳۸۶ **	۰/۳۸۶ **	۰/۳۸۶ **	۰/۳۸۶ **	۰/۳۸۶ **	۰/۳۸۶ **	۰/۳۸۶ **	۰/۳۸۶ **	۰/۳۸۶ **
۱	۰/۳۸۶ **	۰/۳۸۶ **	۰/۳۸۶ **	۰/۳۸۶ **	۰/۳۸۶ **	۰/۳۸۶ **	۰/۳۸۶ **	۰/۳۸۶ **	۰/۳۸۶ **
۱	۰/۳۸۶ **	۰/۳۸۶ **	۰/۳۸۶ **	۰/۳۸۶ **	۰/۳۸۶ **	۰/۳۸۶ **	۰/۳۸۶ **	۰/۳۸۶ **	۰/۳۸۶ **

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و اعداد بدون علامت، فاقد اختلاف معنی‌دار

معکوس دارد. یافته‌ها نشان می‌دهد که ضایعات وزنی که در نتیجه ضایعات آبی است در چغندره‌های ریز بیشتر از چغندره‌های درشت است. این ضایعات آبی باعث افزایش غلظت عصاره چغندر شده و در نتیجه مقدار پتاسیم افزایش یافته که هم راستا با تحقیقات Tschernjawskaia و Chelemski (۱۹۹۳) و kenter و Haffmann (۲۰۰۶) است. با توجه به معنی‌دار بودن اثر اندازه روی افزایش سدیم و پتاسیم و براساس آزمون مقایسه میانگین‌ها در سطح $(P \leq 0/05)$ ، افزایش سدیم و پتاسیم در چغندره‌های ذخیره شده،

در خصوص توازن جرمی محاسباتی به وسیله، Hein و همکاران (۱۹۹۵) انجام پذیرفت لیکن نتیجه مطلوبی حاصل نگردید (Hein et al, 1995). با توجه به موارد فوق و براساس آزمون مقایسه میانگین‌ها در سطح $(P \leq 0/05)$ ، افزایش سدیم به دلیل ضایعات آبی و افزایش غلظت عصاره چغندر می‌باشد. علاوه بر این نتایج حاکی از آن است که بالاترین افزایش پتاسیم متعلق به چغندره‌های ریز و کمترین افزایش پتاسیم متعلق به چغندره‌های درشت بوده است. در سایر فاکتورها نیز افزایش این روند با اندازه چغندر نسبت

تکنولوژیکی چغندرهای قند مختلف، بتوان ارتباط و همبستگی بین مساحت بدست آمده از پردازش تصویر نمونه‌ها و ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی محاسبه شده به دست آورد. نتایج نشان داد که متوسط مساحت چغندرها با خصوصیات هم چون درصد قند ناخالص، درصد قند خالص و درصد قند ملاس ارتباط معنی‌داری دارد که شدت این روابط به ترتیب $(R^2 = -0.1696)$ ، $(R^2 = -0.1724)$ و $(R^2 = -0.1679)$ به دست آمد. همچنین در بین خصوصیات کیفی، بالاترین همبستگی بین درصد قند قابل استحصال با فاکتور درصد قند ناخالص $(R^2 = 0.1969)$ و با ضریب استحصال شکر $(R^2 = 0.174)$ مشاهده شد. همبستگی معنی‌داری بین مقادیر سدیم ریشه با ضریب استحصال شکر $(R^2 = -0.1765)$ و با میزان قند ملاس $(R^2 = 0.1826)$ نیز به دست آمد.

متناسب با سطح چغندر بوده و هر چه چغندر ریزتر باشد، تغییرات سدیم و پتاسیم نیز بیشتر خواهد بود. تحقیقات بهزاد و همکاران (۱۳۸۵)، نشان می‌دهد که تغییرات فیزیکی‌شیمیایی در چغندرهای ریز در مقایسه با چغندرهای درشت بیشتر است و لذا باید از نگهداری و ذخیره‌سازی چغندرهای ریز اجتناب نمود.

نتیجه‌گیری

با افزایش آگاهی و تقاضای مصرف‌کنندگان، کاربرد روش‌های نوین کنترل کیفی در صنایع غذایی اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. اخیراً سیستم‌های ارزیابی خودکار، عمدتاً بر مبنای تکنولوژی‌های رایانه‌ای به منظور ارزیابی‌های کیفی، کمی و حسی محصولات کشاورزی و فرآورده‌های غذایی مورد استفاده قرار گرفته است که اساس آنها را پردازش تصویر تشکیل می‌دهد. در این تحقیق سعی شد که با استفاده از تکنیک پردازش تصویر دیجیتال و بررسی ارزش

منابع

۱. احمدی مقدم، پ.، حداد درفشی، م.ع. و شایسته، م. ۱۳۸۸. تخمین آزمایشگاهی وضعیت نیتروژن برگ چغندر قند با استفاده از پردازش تصاویر رنگی. مجله دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۱۹(۱):۱۸۹-۱۹۹.
۲. بهزاد، ر.، بهزاد، خ.، مظاهری‌تهرانی، م. و شهیدی نوقایی، م. ۱۳۸۹. عملکرد اندازه چغندرهای قند ذخیره‌سازی شده در سیلو روی تغییرات سدیم و پتاسیم. نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، ۶(۲):۸۳-۷۷.
۳. بهزاد، خ.، مرتضوی، س.ع.، مظاهری‌تهرانی، م. و پورآذرنگ، ه. ۱۳۸۵. افزایش استحصال کارخانه‌های قند از طریق مدل‌سازی سطح نسبی چغندر قند به عنوان تابعی از وزن چغندر در سیلوا. مجله علوم و صنایع کشاورزی، ۲۰(۷):۱۹۱-۱۹۸.
۴. نوقایی عبداللهیان، م.، شیخ‌الاسلامی.ر. و بابایی. ب. ۱۳۸۴. اصطلاحات و تعاریف کمی و کیفیت تکنولوژیکی چغندر قند، اختصارات فنی. مجله چغندر قند، ۲۱(۱):۱۰۴-۱۰۱.
۵. کوک دی. ا. و اسکاتار. کی. ۱۳۷۷. چغندر قند از علم تا عمل. ترجمه: اعضای هیأت علمی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند. نشر علوم کشاورزی، ۶۵۶ صفحه.
6. Abdollahian-Noghabi, M. 1999. Ecophysiology of sugar beet cultivars and weed species subjected to water deficiency stress (Doctoral dissertation, University of Reading).
7. Asadi, M. 2007. Beet-sugar handbook: John Wiley & Sons.
8. Bahrami, M.E., & Honarvar, M. 2015. Measurement of Morphological Characteristics of Raw Cane Sugar Crystals Using Digital Image Analysis. Journal of Food Biosciences and Technology, 5(2):11-18.
9. Bovi, M.L.A., & Spiering, S.H. 2002. Estimating peach palm fruit surface area using allometric relationships. Scientia Agricola, 59(4):717-721.

10. Clarke, J.M., Richards, R.A., & Condon, A.G. 1991. Effect of drought stress on residual transpiration and its relationship with water use of wheat. *Canadian Journal of Plant Science*, 71(3):695-702
11. Cuddihy, J.A., Porro, M.E., & Rauh, J.S. 2001. The presence of total polysaccharides in sugar production and methods for reducing their negative effects. *Journal of the American Society of Sugar cane Technologist*, 21:73-91.
12. Du, C.J., & Sun, D.W. 2004. Recent developments in the applications of image processing techniques for food quality evaluation. *Trends in Food Science & Technology*, 15(5):230-249.
13. Faria, N., Pons, M.N., de Azevedo, S.F., Rocha, F.A., & Vivier, H. 2003. Quantification of the morphology of sucrose crystals by image analysis. *Powder Technology*, 133(1):54-67.
14. Gonzalez, R.C., & Woods, R.E. 2002. *Digital Image Processing*. Singapore: Pearson Education.
15. Hein, H., Pollach, G., & Haluschan, M. 1995. Ueberlegung zur Bestimmung Von saccharoseverlusten bei der lageung Von zuckerruben. *Zuckerind. Nr.4. S 289-293*.
16. Kenter, C., & Hoffmann, C. 2006. Qualitaets Veraenderungen bei der Lagerung frostgeschaedigter Zuckerrueben in Abhaengigkeit Von Temperatur und sorte. *Zuckerind 131 Nr. 2,85-91*.
17. Tschernjawsckaja, L.I., & Chelemski, M.S. 1993. Vorausberechnung der Zuckerausbeute aus den Ruebeninhaltsstoffen. *Zuckerindustrie*.
18. Wu, D., & Sun, D.W. 2013. Colour measurements by computer vision for food quality control—A review. *Trends in Food Science & Technology*, 29(1):5-20.
19. Wu, Y., Lin, Q., Chen, Z., Wu, W., & Xiao, H. 2012. Fractal analysis of the retrogradation of rice starch by digital image processing. *Journal of Food Engineering*, 109(1):182-187.
20. Williams, L., & Martinson, T.E. 2003. Nondestructive leaf area estimation of 'Niagara' and 'DeChaunac' grapevines. *Scientia Horticulturae*, 98(4):493-498.

Determining the area of sugar beet using digital image processing method and its correlation with the technological factors

Ahmad Bahadorbaigy¹, Masoud Honarvar^{2*}, Keivan Ansari³, Mohammad Erfan Bahrami⁴

- 1- Ph.D Student of Food Science and Technology, Islamic Azad University of Sanandaj, Sanandaj, Iran
- 2- Assistant Professor of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Science and Research Branch of Tehran, Iran
- * Corresponding author (M-Honarvar@hotmail.com)
- 3- Assistant Professor, Department of Color Imaging and Color Image Processing, Institute for Color Science and Technology, Tehran, Iran
- 4- Ph.D Student of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Science and Research Branch of Tehran, Tehran, Iran

Abstract

Sugar beet is considered as a one of the strategic industrial plant and the main source of sugar production in Iran and the world's. The present study was carried out during the operation period in 1392 on sugar beet sent to Hamedan sugar factory. The images of sugar beet samples were obtained using flat-bed scanner. Then the various characteristics of images, such as area of sugar beet, were determined using MATLAB software. The physicochemical analysis such as determining of sugar content, sodium, potassium and nitrogen was done. Result shows that some physicochemical properties are related to the area of sugar beets. For instance, the correlation between area and sugar content, white sugar content, extraction sugar coefficient (ESC) and molasses was ($R^2 = -0.696$), ($R^2 = -0.724$), ($R^2 = -0.679$) and ($R^2 = 0.459$), respectively. According to these results, it can be concluded that the decrease in sugar content and increase in the amount of impurities in sugar beet, was correlated with sugar beet area, and by increasing in the size and area of sugar beet, the sugar content was reduced and the impurities were increased.

Key Words: Extraction Sugar Coefficient, Image Processing, Physicochemical Properties, Sugar beet