تخمین تغییرات اسیدیته و SSC سیب‌زمینی در طول زمان با روش طیف سنجی

ولی رسولی شربیانی [1*]، علی خرمی‌فر[2]، اسما کیسالائی[3]

۱*- دانشیار، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

۲- دکتری، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

۲- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

ایمیل نویسنده مسئول: vrasooli@uma.ac.ir

تاریخ دریافت:۱۴۰۱/٤/۲۷ تاریخ پذیرش:۱۴۰۱/۷/۱۸

چکیده

سیب‌زمینی گیاهی است که به عنوان یک محصول مهم در همه کشورها کشت و در رژیم غذایی بشر به عنوان یک منبع کربوهیدرات، پروتئین و ویتامین‌ها شناخته می‌شود. با توجه به افزایش انتظارات برای محصولات غذایی با استانداردهای کیفی و ایمنی بالا، تعیین دقیق، سریع و هدفمند ویژگی‌های محصولات غذایی ضروری است. در محصول سیب‌زمینی نیز ارزیابی کیفی پس از مرحله برداشت، برای ارائه محصولی قابل اعتماد و یکنواخت به بازار ضروری به نظر می‌رسد، چرا که سیب‌زمینی همانند بسیاری دیگر از محصولات، دارای کیفیت و رسیدگی غیر یکنواخت در مرحله برداشت می‌باشد. در ضمن ایمن و مطلوب بودن ماده غذایی نقش مهمی در صنایع غذایی دارد و بطور مستقیم با سلامت مردم در ارتباط است. یک طیف سنج فروسرخ نزدیک می‌تواند طیف‌های نور بازتابی را با تخمینی از غلظت آن و یا تعیین برخی خواص ذاتی آن، تشخیص دهد. برای این منظور در هر دوره انبارمانی (شامل ۵ دوره با فواصل دو هفته‌ای)، نمونه‌های سیب‌زمینی مورد آزمایش و داده‌برداری قرار می‌گرفت. در این تحقیق به منظور تخمین میزان اسیدیته و SSC سیب‌زمینی و مقدار جذب طول موج در ۵ دوره مختلف انبارمانی طیف سنجی بازتابشی در محدوده طول موج های ٤۰۰ تا ۱۱۰۰ نانومتر انجام شد. پس از حذف نویزها با آنالیز PCA، برای بهبود طیف، پیش پردازش‌های اولیه مختلف اعمال و اثرات آنها مورد بررسی قرار گرفت. مدل مناسب با استفاده از روش حداقل مربعات جزئی (PLS) تعیین گردید. طول موج‌های مهم براساس ضریب رگرسیون بهترین مدل انتخاب و شد. براساس آنالیز PLS بهترین نتایج با پیش‌پردازش هموارسازی ساویتزکی-گولای حاصل شد. در نتیجه به نظر می رسد که روش تصویربرداری فراطیفی قادر به تشخیص میزان SSC سیب‌زمینی بوده اما در مورد میزان اسیدیته، نتایج قابل قبولی حاصل نشد.

کلمات کلیدی

"سیب‌زمینی"، "طیف سنجی"، "اسیدیته"، "قند"

۱- مقدمه

سیب‌زمینی با نام علمی (Solanum tuberosum. L) گیاهی است که به عنوان یک محصول مهم در همه کشورها کشت می‌شود و در رژیم غذایی بشر به عنوان یک منبع کربوهیدرات، پروتئین، و ویتامین‌ها شناخته می‌شود (Navarre et al., ۲۰۰۹). این محصول بومی آمریکای جنوبی و اصل آن از کشور پرو می‌باشد. این محصول در صنایع غذایی به محصولات متنوعی از جمله سیب‌زمینی پخته، سیب‌زمینی سرخ شده، چیپس سیب‌زمینی ، نشاسته سیب‌زمینی، سیب‌زمینی سرخ شده خشک و غیره تبدیل می‌شود (Pedreschi, ۲۰۱۲). با توجه به افزایش انتظارات برای محصولات غذایی با استانداردهای کیفی و ایمنی بالا، تعیین دقیق، سریع و هدفمند ویژگی‌های محصولات غذایی ضروری است. در محصول سیب‌زمینی نیز ارزیابی کیفی پس از مرحله برداشت، برای ارائه محصولی قابل اعتماد و یکنواخت به بازار ضروری به نظر می‌رسد، چرا که سیب‌زمینی همانند بسیاری دیگر از محصولات، دارای کیفیت و رسیدگی غیر یکنواخت در مرحله برداشت می‌باشد (Chen et al., ۲۰۰۵). در ضمن ایمن و مطلوب بودن ماده غذایی نقش مهمی در صنایع غذایی دارد و بطور مستقیم با سلامت مردم در ارتباط است. بعلاوه بخش عظیمی از سیب‌زمینی مورد استفاده در صنعت فرآوری، سیب‌زمینی انبار شده است، پس با توجه به اهمیت این ماده غذایی و تقاضای مردم در طول سال، فقط از راه انبارداری با شرایط بهینه و دراز مدت می‌توان نیاز متقاضیان را پاسخگو بود. سیب‌زمینی برای صنعت فرآوری باید برخی از الزامات مانند مقادیر قند کم، ماده خشک و وزن مخصوص بالا، آنتی اکسیدان‌های بالا، رنگ پوست روشن و بدون جوانه‌زنی را داشته باشد (Connor et al., ۲۰۰۱). پیچیدگی طیف

بازتابی مواد غذایی تحلیل آن‌ها را با تکنیک‌های تجزیه و تحلیل معمولی مانند کروماتوگرافی گازی دشوار می‌سازد. با این حال، تحلیل حسی توسط کارشناسان یک فرایند پر هزینه است و نیاز به افراد آموزش دیده دارد که تنها برای مدت نسبتا کوتاهی می‌توانند کار کنند. یک طیف سنج فروسرخ نزدیک می‌تواند طیف های نور بازتابی را با تخمینی از غلظت آن و یا تعیین برخی خواص ذاتی آن، تشخیص دهد.ارزیابی کیفی محصولات کشاورزی شامل دو روش عمده، سیستم‌های درجه‌بندی کیفی مبتنی بر خواص ظاهری محصولات کشاورزی و سیستم‌های درجه‌بندی کیفی مبتنی بر ارزیابی کیفی درونی که امتیاز برجسته‌ای در سال‌های اخیر پیدا کرده است، می‌باشد. در این بین، روش‌های متعددی تاکنون برای درجه‌بندی کیفی محصولات کشاورزی بر مبنای ارزیابی خواص درونی آنها به طور غیر مخرب ابداع شده‌اند که تنها برخی از آنها توانسته است شرایط فوق را برآورده ساخته و از لحاظ فنی و صنعتی توجیه داشته باشند. در این بین طیف سنجی می تواند کارایی بالا در تعیین کیفیت ارقام داشته باشد. طیف سنجی نوعی سیستم است که ساختار و رویکردی متفاوت از سایر روش ها (پردازش تصویر، شبکه عصبی و ...) دارد و می تواد کلاس بندی و تعیین کیفیت رقم را انجام دهد.نخستین بار بئن-گرا و کارل نوریس (Ben-gera, I., Norris, K.h.١٩٦٨) از طیف سنجی NIR در آنالیز ترکیبات غلات استفاده کرد. شائو و همکاران (Shao et al, ٢٠٠٧) با استفاده از طیف سنجی بازتابشی فروسرخ نزدیک به بررسی خصوصیات کیفی گوجه فرنگی مانند سفتی، مواد جامد محلول و اسیدیته آن پرداختند و این خصوصیات را با ضریب همبستگی بالا به صورت غیرمخرب پیش‌بینی کردند. ضریب همبستگی برای پیش بینی SSC برابر با ٠/٨٩ و میزان خطا نیز برابر با ٠/٣٧٧ درجه بریکس بود. در پژوهشی، برای پیش‌بینی کمی میزان نیترات در آناناس از روش طیف سنجی vis/NIR استفاده شد. طیف هر یک از آناناس‌ها با استفاده از یک اسپکتروفتومتر vis/NIR در حالت بازتابشی با طول موج در ناحیه ٤٠٠ تا ٢٥٠٠ نانومتر به دست آمد. مقدار واقعی نیترات در آناناس توسط HPLC تعیین شد. ژئو و همکاران (Zhou et al., ٢٠١٥) امکان استفاده از تکنیک طیف‌سنجی مادون قرمز نزدیک/ مرئی (Vis/NIR) عبوری در منطقه ٨٥٠-٥١٣ نانومتر همراه با حداقل مربعات جزئی و تحلیل ممیزی خطی (PLS-LDA) و سایر روش‌های شیمیایی برای طبقه‌بندی سیب‌زمینی "قلب سیاه" را مورد بررسی قرار دادند. عملکرد متمایز روش‌های مختلف اصلاح پارامترهای مورفولوژیکی، از جمله اصلاح وزن، ارتفاع و حجم مقایسه شد. نتایج نشان داد که ارتفاع اصلاح شده عبوری دارای بهترین عملکرد است، در حالی که هر دو مجموعه کالیبراسیون و اعتبار سنجی دارای میزان موفقیت ٩٧/١١٪ هستند. از میان ١٨٠٠ طول موج ، تنها شش طول موج به عنوان طول موج مطلوب برای تشخیص غده‌های دارای "قلب سیاه" بر اساس تجزیه و تحلیل مؤلفه اصلی (PCA) انتخاب شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که میزان طبقه‌بندی کلی به روش PLS-LDA از ٩٧/١١ به ٩٦/٨٢ درصد در مجموعه کالیبراسیون و از ٩٧/١١ به ٩٦/٥٣ درصد در مجموعه اعتبارسنجی رسیده است که قابل قبول است. با افزایش انتظارات برای محصولات غذایی دارای استانداردهای کیفی و ایمنی بالا، نیاز به تعیین دقیق، سریع و هدفمند ویژگی‌های محصولات غذایی در حال حاضر ضروری است. روش‌های دستی به دلیل اینکه قابلیت کنترل خودکار ندارند، بسیار خسته کننده، سخت و پر هزینه هستند و به راحتی توسط عوامل محیطی تحت تاثیر قرار می‌گیرند. امروزه سیستم‌های طیف سنجی، غیرمخرب و مقرون به صرفه هستند و به طور ایده‌آل برای بازرسی‌های معمول و تضمین کیفیت در صنایع غذایی و محصولات مرتبط مورد استفاده قرار می‌گیرند. این فناوری اجازه می‌دهد تا کارهای بازرسی با استفاده از تکنیک‌های تجزیه و تحلیل داده های مربوط به طول موج صورت پذیرد و یک روش غیر مخرب برای اندازه‌گیری پارامترهای کیفی است. که در این پژوهش با استفاده از طیف سنجی و روش‌های کمومتریکس به بررسی تغییرات اسیدیته و SSC سیب‌زمینی در طول زمان پرداخته شد

٢- روش انجام تحقیق

- طیف سنجی

برای اکتساب طیف از نمونه‌های سیب‌زمینی از یک اسپکتروردیومتر مدل PS-١٠٠ (Instruments, Apogee INC., Logan, UT, USA) محصول کشور آمریکا استفاده شد. این اسپکتروردیومتر بسیار کوچک، سبک، قابل‌حمل، دارای تک‌فام‌سازی از نوع پاشنده باقدرت تفکیک ١ نانومتر و آشکارساز آرایه CCD سیلیکون خطی با ٢٠٤٨ پیکسل است که محدوده طیفی ٢٥٠-١١٥٠ نانومتر (Vis/NIR) را به‌خوبی پوشش می‌دهد. همچنین، قابلیت اتصال فیبر نوری به اسپکتروردیومتر PS-١٠٠ و جابجایی اطلاعات به رایانه با هدف نمایش و ذخیره‌سازی طیف‌های اکتسابی در نرم‌افزار Spectra Wiz، بواسطه پورت USB وجود دارد. با هدف ایجاد نور بهینه در اندازه-

گیری‌های مد تقابلی، از منبع نور هالوژن- تنگستن مدل OPTC (Halojen Light Source) که قابلیت اتصال به فیبر نوری دارد استفاده گردید. این منبع نور دارای سه توان خروجی ۱۰، ۲۰ و ۳۰ وات است که در تحقیق حاضر از توان خروجی ۱۰ وات استفاده شد. همچنین از یک کاوشگر فیبر نوری دو شاخه مدل (Apogee Instruments, INC., Logan, Utah, USA) که شامل ۷ فیبر نوری موازی با قطر ٤۰۰ میکرومتر است، در اندازه‌گیری‌های مد تقابلی استفاده گردید. بعد از فراهم نمودن تجهیزات لازم، چیدمان بهینه اسپکتروسکوپی به‌منظور راحتی در اجرای آزمایش‌ها و به حداقل رساندن اثر عوامل محیطی طی فرآیند طیف‌سنجی طراحی و اجرا شد.

- **اندازه‌گیری SSC**

برای اندازه گیری SSC از دستگاه رفرکتومتر مایعات مدل BPTR۱۰۰ (شرکت کنترل سیستم خاورمیانه با نام تجاری Prisma Tech ساخت کشور ایران) موجود در دانشگاه محقق اردبیلی استفاده می شود. برای این امر، ابتدا مقداری از آب نمونه ها گرفته شده و پس از ریختن در میکروتیوپ اجازه می دهیم تا به دمای محیط برسد و سپس روی دستگاه رفرکتومتر قرار داده می شود و میزان قند آن بر حسب بریکس قرائت می گردد.

- **اندازه گیری اسیدیته**

برای این منظور از دستگاه pH متر آزمایشگاهی که pH سنج نیز به آن گفته می‌شود، استفاده شد. pH سنج در حقیقت یک پتانسیومتر متشکل از یک الکترود شیشه یون گزین است که به فعالیت یون هیدروژن در محلول به‌طور انتخابی پاسخ می‌دهد و اختلاف پتانسیل بین محلول بیرونی (نمونه) و محلول داخلی (محلول الکترود مرجع) را اندازه‌گیری می‌کند. بخش حساس بهpH ، از غشا شیشه‌ای نازک مخصوصی ساخته شده که در ته الکترود وجود دارد.

- **روش پیش پردازش داده‌ها**

داده‌های حاصل از تصویربرداری طیفی ممکن است در اثر پراکنش نور توسط آشکارساز با تغییر در نمونه‌ها، ناهمواری‌های سطحی نمونه، نویزهای ایجاد شده و بسیاری عوامل دیگر، تحت تاثیر قرار گیرد و اطلاعات ناخواسته بر دقت مدل‌های کالیبراسیونی تاثیر بگذارد. از این رو برای دستیابی به مدل‌های واسنجی پایدار، دقیق و قابل اعتماد، نیاز به پیش‌پردازش داده‌ها است (Rossel, ۲۰۰۸). در این پژوهش هموارسازی ساویتزکی-گولای، مشتقات اول و دوم، خط مبنا، توزیع نرمال استاندارد، تصحیح پخش افزاینده بر روی داده‌ها اعمال شد.

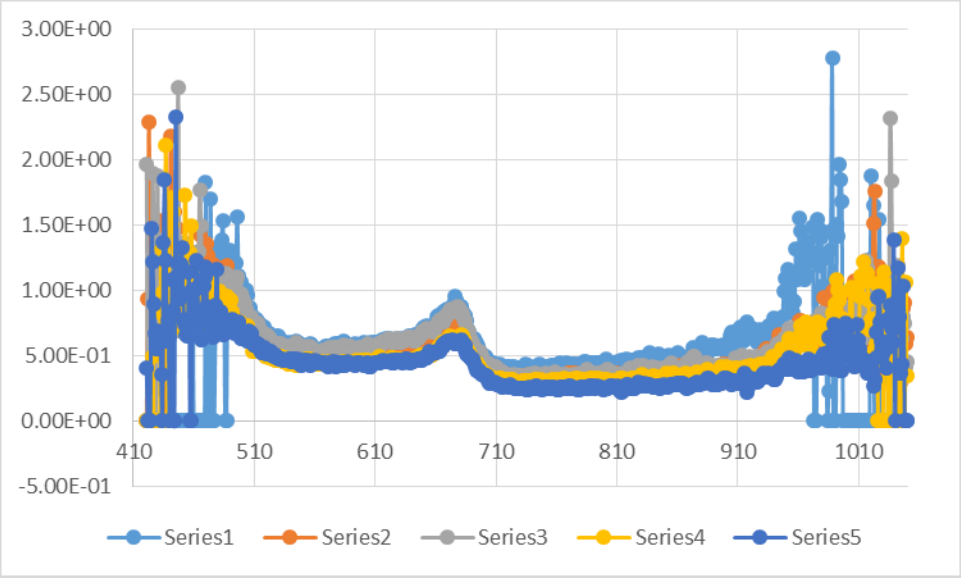
- **رگرسیون حداقل مربعات جزئی (PLS) و تعیین طول موج‌های موثر**

بکارگیری روش‌های غیرمخرب مبتنی بر طیف سنجی در بازه کامل از طول موج‌ها، نیازمند صرف وقت و هزینه های بسیار بالاست که کاربرد عملی این روش را تقریباً غیر ممکن می‌سازد؛ لذا باید به دنبال راهی برای یافتن طول موج‌های بهینه و محدود کردن طول موج‌ها به حداقل مقدار ممکن بود. روش رگرسیون حداقل مربعات جزئی (PLS) از این نظر ایده‌آل به نظر می‌رسد. در این پژوهش به منظور ساخت مدل‌ها، داده‌ها به صورت تصادفی به دو قسمت تقسیم شدند: ۸۰ درصد نمونه‌ها به منظور آموزش و اعتبارسنجی متقاطع و از باقی داده‌ها جهت اعتبارسنجی مستقل استفاده شد.

پس از آزمون عدم قطعیت مارتینز (MUT) برای حذف طول موج‌های بی اهمیت و افزایش قابلیت اطمینان مدل ایجاد شده با بهترین روش پیش‌پردازش استفاده شد (Kuroki et al., ۲۰۲۰)

۳- نتایج

میانگین طیف‌های جذبی طیف‌های جذبی Vis/NIR برای ٥ دوره زمانی در محدوده ۱۰۱۰-٤۱۰ نانومتر در شکل ۱ ارائه شده است



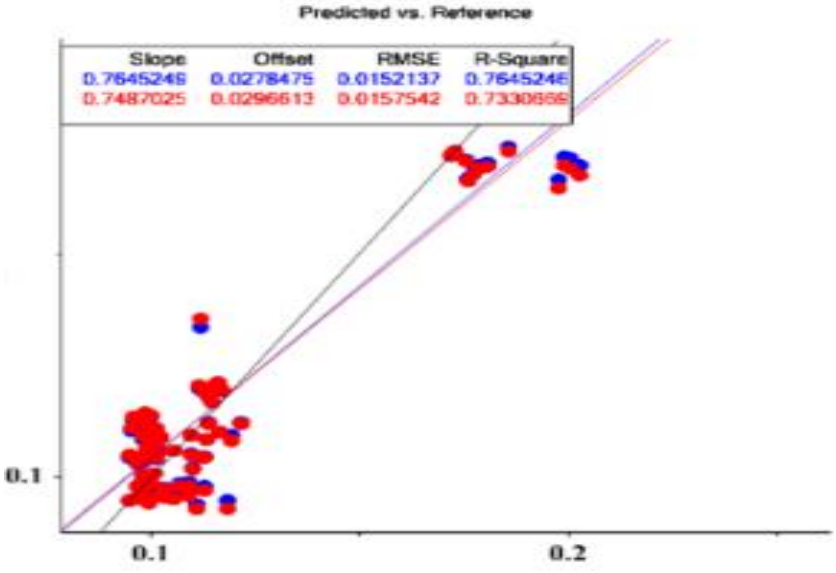
شکل ١- میانگین طیف‌های جذبی برای دوره‌های انبارمانی سیب‌زمینی

عوامل محیطی(نور و گرما) و همچنین کیفیت ابراز طیف-سنج باعث ایجاد اغتشاش در طول‌موج‌های ابتدایی و انتهایی طیف‌ها می‌شود، بنابراین بخشی از این طول‌موج-ها از مجموعه داده‌ها حذف شده و آنگونه که در شکل ١ مشخص است، نمونه‌ها روندی تقریبا مشابه داشته‌اند؛ این امر ممکن است متأثر از رنگ نمونه‌ها باشد (Clément et al., ٢٠٠٨). با توجه به شکل ١ دو پیک کاملا مشخص برای طیف‌ها وجود دارد و به این صورت است که پیک‌ها در حوالی طول موج ٥٠٠ و ١٠٠٠ نانومتر ظاهر شده‌اند. با توجه به اندازه‌گیری‌های صورت گرفته برای میزان اسیدیته و SSC سیب‌زمینی، به این نتیجه می‌توان رسید که طیف‌سنجی روش خوبی برای تخمین میزان SSC بوده اما در مورد اسیدیته نتیجه قابل قبولی نداشته است. چرا که طبق اندازه‌گیری‌ها، میزان SSC ابتدا بصورت کاهشی و سپس افزایشی بوده است، که با توجه به شکل مشخص است که میزان طیف‌های جذبی ابتدا افزایش یافته و سپس روند کاهشی داشته‌اند، که در واقع می‌توان گفت میزان طیف جذبی با میزان SSC سیب‌زمینی رابطه عکس دارد.

رگرسیون حداقل مربعات جزئی (PLS)

مقادیر R^2، RMSE برای مجموعه‌های کالیبراسیون و اعتبار سنجی مدل‌های مختلف رگرسیون (PLS) با داده-های خام و پردازش شده در شکل ٢ ارائه شده است که برابر با ٠.٧٣ می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که طیف‌ها قادر به تشخیص میزان SSC سیب‌زمینی با دقت مطلوب هستند. خدابخشیان و همکاران (Khodabakhshian et al, ٢٠١٧) پتانسیل طیف سنجی مرئی و فروسرخ برای طبقه بندی مرحله رسیدگی و پیش بینی صفات کیفی رقم انار شامل SSC و TA را بررسی نمودند. از بین روش‌های مرکزسازی، هموارسازی ساویتزکی-گولای، فیلتر میانه، متغیر نرمال استاندارد، تصحیح پخش افزاینده (MSC) و تمایز با مشتق اول و مشتق دوم، استفاده از تصحیح پخش افزاینده (MSC) بالاترین دقت در تشخیص پارامترهای کیفی انار را در پی داشت. ژانگ و همکاران (Zhang et al, ٢٠١٨) در تخمین SSC سیب قرمز فوجی با استفاده از طیف سنجی فروسرخ نزدیک برای کاهش نویزها از توابع تصحیح پخش افزاینده (MSC) و توزیع نرمال استاندارد (SNV) استفاده و گزارش نمودند که روش تصحیح پخش افزاینده (MSC) در مقایسه با توزیع نرمال استاندارد (SNV) تخمین دقیق‌تری از مقدار SSC در پی خواهد داشت. کیم و همکاران (kim et al, ٢٠٢١) در تخمین SSC خربزه شرقی با استفاده از طیف سنجی فروسرخ نزدیک در بین روش‌های مختلف پیش‌پردازش شامل هموارسازی ساویتزکی-گولای، نرمال‌سازی با بیشینه و کمینه، نرمال‌سازی استواری، استاندارسازی، متغیر نرمال استوار، توزیع نرمال استاندارد (SNV) و تصحیح پخش افزاینده (MSC) گزارش نمودند که بهترین نتیجه با توزیع نرمال استاندارد (SNV) حاصل شده است. هر چند با توجه به ماهیت متفاوت نمونه‌ها، روش و تجهیزات اندازه گیری و سایر شرایط اثرگذار در

خواص طیفی محصول بهتر است، مقایسه‌ای بین داده‌های حاصل از پژوهش‌های مختلف با یکدیگر مورد مقایسه قرار نگیرد (Jamshidi et al, ٢٠١٢).



شکل ٢- همبستگی بین مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده میزان SSC در دوره‌های مختلف با روش PLSR

٤- نتیجه‌گیری

در این تحقیق به منظور تخمین میزان اسیدیته و SSC سیب‌زمینی و مقدار جذب طول موج در ٥ دوره مختلف انبارمانی (دوره‌های دو هفته‌ای) طیف سنجی بازتابشی در محدوده طول موج های ٤٠٠ تا ١١٠٠ نانومتر انجام شد. پس از حذف نویزها با آنالیز PCA، برای بهبود طیف، پیش پردازش‌های اولیه مختلف اعمال و اثرات آنها مورد بررسی قرار گرفت. مدل مناسب با استفاده از روش حداقل مربعات جزئی (PLS) تعیین گردید. طول موج‌های مهم براساس ضریب رگرسیون بهترین مدل انتخاب و شد. براساس آنالیز PLS بهترین نتایج با پیش‌پردازش هموارسازی ساویتزکی-گولای حاصل شد. در نتیجه به نظر می رسد که روش غیر مخرب تصویربرداری فراطیفی قادر به تشخیص میزان SSC سیب‌زمینی بوده اما در مورد اسیدیته نتیجه قابل قبولی حاصل نشد.

منابع

- Andrade, S. C., Baretto, T. A., Arcanjo, N. M., Madruga, M. S., Meireles, B., Cordeiro, Â. M., ... & Magnani, M. (٢٠١٧). Control of Rhizopus soft rot and quality responses in plums (Prunus domestica L.) coated with gum arabic, oregano and rosemary essential oils. Journal of Food Processing and Preservation, ٤١(٦), e١٣٢٥١.
- BEN-GERA, I. T. A. M. A. R., & NORRIS, K. H. (١٩٦٨). Direct spectrophotometric determination of fat and moisture in meat products. Journal of Food Science, ٣٣(١), ٦٤-٦٧.
- Bordoloi, A., L. Kaur and J. Singh, ٢٠١٢. Parenchyma cell microstructure and textural characteristics of raw and cooked potatoes. Food Chemistry, ١٣٣: ١٠٩٢–١١١٠.
- Chen J.Y., H. Zhang., M. Yelian and A. Mitsunaka, ٢٠١٠. Nondestructive determination of sugar content in potato tubers using visible and near infrared spectroscopy. Journal of Food Engineering, ١١: ٥٩–٦٤.

- Chen, J.Y., H. Zhang., Y. Miao and R. Matsunaga, ٢٠٠٥. NIR measurement of specific gravity of potato. Food Sci. Technol. Res, ١١: ٢٦–٣١.
- Connor, C.J., K.J. Fisk., B.J. Smith and L.D. Melton, ٢٠٠١. Fat uptake in French fries as affected by different potato varieties and processing. J. Food Sci, ٦٦ (٦): ٩٠٣-٩٠٨.
- Cozzolino, D., Cynkar, W. U., Shah, N., & Smith, P. (٢٠١١). Multivariate data analysis applied to spectroscopy: Potential application to juice and fruit quality. Food Research International, ٤٤(٧), ١٨٨٨-١٨٩٦.
- Ding, J., Zhang, R., Ahmed, S., Liu, Y., & Qin, W. (٢٠١٩). Effect of sonication duration in the performance of polyvinyl alcohol/chitosan bilayer films and their effect on strawberry preservation. molecules, ٢٤(٧), ١٤٠٨.
- Gamea, G.R., M.A. Abd El-Maksoud and A.M. Abd El-Gawad, ٢٠٠٩. Physical characteristics and chemical properties of potato tubers under different storage systems. Misr J. Ag. Eng, ٢٦(١): ٣٨٥- ٤٠٨.
- Heidari, P., Rezaei, M., Sahebi, M., & Khadivi, A. (٢٠١٩). Phenotypic variability of Pyrus boissieriana Buhse: Implications for conservation and breeding. Scientia Horticulturae, ٢٤٧, ١-٨.
- Jamshidi, B., Minaei, S., Mohajerani, E., & Ghassemian, H. (٢٠١٢). Reflectance Vis/NIR spectroscopy for nondestructive taste characterization of Valencia oranges. Computers and Electronics in Agriculture, ٨٥, ٦٤-٦٩.
- Jeong, J.C., H.C. Ok., O.S. Hur and C.G. Kim, ٢٠٠٨. Prediction of sprouting capacity using near-infrared spectroscopy in potato tubers. Am. J. Potato Res, ٨٥: ٣٠٩–٣١٤.
- Khalifa, I., Barakat, H., El-Mansy, H. A., & Soliman, S. A. (٢٠١٦). Improving the shelf-life stability of apple and strawberry fruits applying chitosan-incorporated olive oil processing residues coating. Food Packaging and Shelf Life, ٩, ١٠-١٩.
- Khodabakhshian, R., Emadi, B., Khojastehpour, M., Golzarian, M. R., & Sazgarnia, A. (٢٠١٧). Non-destructive evaluation of maturity and quality parameters of pomegranate fruit by visible/near infrared spectroscopy. International Journal of Food Properties, ٢٠(١), ٤١-٥٢.
- Kim, S. Y., Hong, S. J., Kim, E., Lee, C. H., & Kim, G. (٢٠٢١). Neural Network based Prediction of Soluble Solids Concentrationin Oriental Melon using VIS/NIR spectroscopy. Applied Engineering in Agriculture, (in press). doi: ١٠,١٣٠٣١/aea.١٤٣٣٢.
- Kljusurić, J. G., Jurina, T., Valinger, D., Benkovi, M., & Tušek, A. J. (٢٠٢٠). NIR spectroscopy and management of bioactive components, antioxidant activity, and macronutrients in fruits. In Fruit Crops (pp. ٩٥-١٠٩). Elsevier.
- Kuroki, S., Kanoo, T., Itoh, H., & Kamisoyama, H. (٢٠٢٠). Nondestructive VIS/NIR spectroscopy estimation of intravitelline vitamin E and cholesterol concentration in hen shell eggs. Journal of Food Measurement and Characterization, ١٤(٢), ١١١٦-١١٢٤.
- Lin, H., & Ying, Y. (٢٠٠٩). Theory and application of near infrared spectroscopy in assessment of fruit quality: a review. Sensing and instrumentation for food quality and safety, ٣(٢), ١٣٠-١٤١.
- Liu, K., Yuan, C., Chen, Y., Li, H., & Liu, J. (٢٠١٤). Combined effects of ascorbic acid and chitosan on the quality maintenance and shelf life of plums. Scientia Horticulturae, ١٧٦, ٤٥-٥٣.
- Mahfoudhi, N., & Hamdi, S. (٢٠١٥). Use of Almond Gum and Gum Arabic as Novel Edible Coating to Delay Postharvest Ripening and to Maintain Sweet Cherry (P runus avium) Quality during Storage. Journal of Food Processing and Preservation, ٣٩(٦), ١٤٩٩-١٥٠٨.
- Navarre, D.A., A. Goyer and R. Shakya, ٢٠٠٩. Nutritional value of potatoes: vitamin, phytonutrient, and mineral content. Advances in Potato Chemistry and Technology, ١٤: ٣٩٥–٤٢٤.
- Pedreschi, F., D. Mery. F. Mendoza and J.M. Aguilera, ٢٠٠٤. Classification of potato chips using pattern recognition. Journal of Food Science, ٦٩(٦): ٢٦٤-٢٧٠.
- Pedreschi, F. (٢٠١٢). Frying of potatoes: Physical, chemical, and microstructural changes. Drying Technology, ٣٠(٧), ٧٠٧-٧٢٥.
- Rady A.M, D.E. Guyer., W. Kirk and I.R. Donis-Gonzalez, ٢٠١٤. The potential use of visible/near infrared spectroscopy and hyperspectral imaging to predict processing-related constituents of potatoes. Journal of Food Engineering, ١٣٥: ١١–٢٥.
- Rady A.M, D.E. Guyer and R. Lu, ٢٠١٥. Evaluation of sugar content of potatoes using hyperspectral imaging. Food and Bioprocess Technology, ٨: ٩٩٥– ١٠١٠.
- Rady, A.M and D.E. Guyer, ٢٠١٥. Rapid and/or nondestructive quality evaluation methods for potatoes: a review, Comput. Electron. Agric, ١١٧: ٣١–٤٨.

- Rady, A.M and D.E. Guyer, ٢٠١٥. Evaluation of sugar content in potatoes using NIR reflectance and wavelength selection techniques. Postharvest Biology and Technology, ١٠٣: ١٧–٢٦.
- Rossel, R. A. V. (٢٠٠٨). ParLeS: Software for chemometric analysis of spectroscopic data. Chemometrics and intelligent laboratory systems, ٩٠(١), ٧٢-٨٣.
- Scanlon, M.G. and A.F. Long, ١٩٩٥. Fracture strengths of potato tissue under compression and tension at two rates of loading. Food Research International, ٢٨ (٤): ٣٩٧–٤٠٢.
- Scanlon, M.G., C.H. Pang and C.G. Billaderis, ١٩٩٦. The effect of osmotic adjustment on the mechanical, properties of potato parenchyma. Food Research International, ٢٩: ٤٨١-٤٨٨.
- Scanlon, M.G., M.K. Pritchard and L.R. Adam, ١٩٩٩. Quality evaluation of processing potatoes by near infrared reflectance. *J. Science of Food and Agriculture*; ٧٩: ٧٦٣-٧٧١.
- Shao, Y., He, Y., Gómez, A. H., Pereir, A. G., Qiu, Z., & Zhang, Y. (٢٠٠٧). Visible/near infrared spectrometric technique for nondestructive assessment of tomato 'Heatwave'(Lycopersicum esculentum) quality characteristics. Journal of Food Engineering, ٨١(٤), ٦٧٢-٦٧٨.
- Shao, Y., Liu, Y., Xuan, G., Wang, Y., Gao, Z., Hu, Z., ... & Wang, K. (٢٠٢٠). Application of hyperspectral imaging for spatial prediction of soluble solid content in sweet potato. RSC Advances, ١٠(٥٥), ٣٣١٤٨-٣٣١٥٤.
- Spychalla, J.P and L.D. Sharon, ١٩٩٠. Fatty Acids, Membrane Permeability, and Sugars of Stored Potato Tubers. Plant Physiol, ٩٤: ١٢٠٧-١٢١٣.

Estimation of changes in potato acidity and SSC over time by spectroscop

Vali Rasooli Sharabiani*[١]; Ali Khorramifar[١]; Asma Kisalaei[١]

[١] Department of Biosystem Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Iran

*Email Address: vrasooli@uma.ac.ir

Abstract

Introduction

Potato with the scientific name (Solanum tuberosum. L.) is a plant that is cultivated as an important crop in all countries and is known as a source of carbohydrates, proteins, and vitamins in the human diet. This is a native product of South America and its origin is from Peru. In the food industry, this product is transformed into various products such as baked potatoes, fried potatoes, potato chips, potato starch, dry fried potatoes, etc.Due to the increase in expectations for food products with high quality and safety standards, accurate, fast and targeted determination of the characteristics of food products is necessary. In the apple-potato product, quality assessment after the harvest stage is necessary to provide a reliable and uniform product to the market, because potatoes, like many other products, have uneven quality and processing during the harvest stage. - Be At the same time, the safety and desirability of food play an important role in the food industry and are directly related to people's health. In addition, a huge part of potatoes used in the processing industry is stored, so considering the importance of this food item and the demand of the people throughout the year, it is possible to meet the needs of the applicants only through long-term storage with optimal conditions was responsible. Potatoes for the processing industry must have some requirements such as low sugar content, high dry matter and specific weight, high antioxidants, light skin colour and no sprouting.The complexity of the reflectance spectrum of food makes it difficult to analyze them with conventional analytical techniques such as gas chromatography. However, sensory analysis by experts is a costly process and requires trained people who can only work for a relatively short period. A near-infrared spectrometer can detect the spectrum of reflected light by estimating its concentration or determining some of its inherent properties.The quality assessment of agricultural products includes two main methods, quality grading systems based on the external characteristics of agricultural products and quality grading systems based on internal quality assessment, which has gained outstanding points in recent years. In the meantime, several methods have been invented so far for the qualitative grading of agricultural products based on the assessment of their internal properties in a non-destructive way, and only some of them have been able to meet the above conditions and have been justified in terms of technical and industrial aspects.Meanwhile, spectrometry can be highly efficient in determining the quality of cultivars. Spectroscopy is a type of system that has a different structure and approach from other methods (image processing, neural network, etc.) and can perform classification and determination of digit quality.With increasing expectations for food products with high quality and safety standards, the need for accurate, fast and targeted determination of the characteristics of food products is now necessary. Because manual methods do not have automatic control, they are very tiring, difficult and expensive, and they are easily affected by environmental factors. Today, spectroscopic systems are non-destructive and cost-effective and are ideally used for routine inspections and quality assurance in the food industry and related products. This technology allows inspection works to be carried out using wavelength data analysis techniques and is a non-destructive method for measuring quality parameters. In this research, using spectrometry and chemometrics methods, changes in acidity and SSC of potato were investigated over time.

Methodology

In each treatment period (in total ٥ periods were considered and the intervals of periods were determined as one week), unripe walnut samples in addition to ripe samples (in the last period) were taken from one of the orchards around Ardabil (located in Shahrivar village) was prepared, tested and data collected.

A spectroradiometer model PS-١٠٠ (Apogee Instruments, INC., Logan, UT, USA) was used to acquire the spectrum of the samples. This spectroradiometer is very small, light, portable, has a single-wavelength sputtering type with a resolution of ١ nm and a linear silicon CCD array detector with ٢٠٤٨ pixels that covers the spectral range of ٢٥٠-١١٥٠ nm (Vis/NIR) well. Also, there is the ability to connect the optical fibre to the PS-١٠٠ spectroradiometer and transfer the data to the computer to display and store the acquired spectra in the Spectra Wiz software through the USB port. To create optimal light in contrast mode measurements, an OPTC (Halogen Light Source) model halogen-tungsten light source, which can be connected to an optical fibre, was used. This light source has three output powers of ١٠, ٢٠, and ٣٠ watts, which were used in this research. Also, a two-branch optical fibre probe model (Apogee Instruments, INC., Logan, Utah, USA), which includes ٧ parallel optical fibres with a diameter of ٤٠٠ micrometres, was used in counter-mode measurements. After providing the necessary equipment, the optimal spectroscopic arrangement was designed and implemented to facilitate the experiments and minimize the effect of environmental factors during the spectroscopic processTo measure SSC, liquid refractometer model BPTR١٠٠ (Middle East System Control Company, brand name Prisma Tech, made in Iran) available at Mohaghegh Ardabili University is used. For this, first, some water is taken from the samples and after pouring it into the microtube, we allow it to reach the ambient temperature, and then it is placed on the refractometer and the amount of sugar is read in terms of Brix.

For this purpose, a laboratory pH meter, which is also called a pH meter, was used. The pH meter is actually a potentiometer consisting of an ion-selective glass electrode that selectively responds to the activity of hydrogen ions in the solution and measures the potential difference between the external solution (sample) and the internal solution (reference electrode solution). The pH-sensitive part is made of a special thin glass membrane that is at the bottom of the electrode.

Conclusion

In this research, in order to estimate the amount of acidity and SSC of potato-potato and the amount of wavelength absorption in ٥ different periods of storage (two-week periods), reflectance spectroscopy was performed in the wavelength range of ٤٠٠ to ١١٠٠ nm. After removing the noises by PCA analysis, to improve the spectrum, different pre-processings were applied and their effects were investigated. The appropriate model was determined using the partial least squares (PLS) method. Important wavelengths were selected based on the regression coefficient of the best model. Based on PLS analysis, the best results were obtained with Savitzky-Golay smoothing preprocessing. As a result, it seems that the non-destructive method of ultraspectral imaging was able to detect the amount of SSC in potatoes, but no acceptable result was obtained in the case of acidity.

Keywords

Potato; Spectroscopy; Acidity; Sugar