ارزیابی طیف سنجی فروسرخ نزدیک برای تشخیص زمان رسیدگی گردو

جواد طریقی [۱*]، علی خرمی‌فر [۲]

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

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

*ایمیل نویسنده مسئول: Tarighi@uma.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۰۳

چکیده

گردو به عنوان یک محصول مهم اقتصادی و تجاری در سراسر جهان می‌باشد. طیف نوری بازتابی می‌تواند یکی از عوامل کلیدی در تشخیص زمان رسیدگی میوه باشد و به محتوای ترکیبات شیمیایی میوه و پوست آن بستگی دارد. تردی و پوست‌کنی آسان از ویژگی های اصلی است که بر میزان رضایت مصرف کننده گردو تأثیر می گذارد. 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. برای این منظور در هر دوره رسیدگی (در کل ۵ دوره در نظر گرفته شد که فواصل دوره‌ها بصورت یک هفته‌ای تعیین گردید)، نمونه‌های نارس گردو بعلاوه نمونه‌های رسیده آن (در دوره آخر) که از یکی از باغات اطراف اردبیل (واقع در روستای شهریور) تهیه می-شد، تحت آزمایش و داده‌برداری قرار می‌گرفت. در این تحقیق به منظور تخمین زمان رسیدگی گردو و مقدار جذب طول موج در ۵ دوره مختلف رسیدگی گردو (دوره‌های یک هفته‌ای) طیف سنجی بازتابشی در محدوده طول موج های ۴۰۰ 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 غیر مخرب تصویربرداری فراطیفی قادر به تشخیص رسیدگی محصول گردو است.

کلمات کلیدی

"گردو"، "طیف سنجی"، "رسیدگی"، "کمومتریکس"

۱- مقدمه

گردو به عنوان یک محصول مهم اقتصادی و تجاری در سراسر جهان می‌باشد. طیف نوری بازتابی می‌تواند یکی از عوامل کلیدی در تشخیص زمان رسیدگی میوه باشد و به محتوای ترکیبات شیمیایی میوه و پوست آن بستگی دارد. تردی و پوست‌کنی آسان از ویژگی های اصلی است که بر میزان رضایت مصرف کننده گردو تأثیر می گذارد. 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.1968) از طیف سنجی NIR در آنالیز ترکیبات غلات استفاده کرد. شائو و همکاران (Shao et al, 2007) 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 ۰/۸۹ و میزان خطا نیز برابر با ۰/۳۷۷ 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 ۴۰۰ تا ۲۵۰۰ نانومتر به دست آمد. مقدار واقعی نیترات در آناناس توسط HPLC تعیین شد. در پژوهشی که با استفاده از اسپکتروسکوپی و روش PLS و ANN برای مدلسازی جهت تعیین میزان کربوهیدرات و پروتئین اسپیرولینا انجام شد، محققان گزارش کردند که پیش بینی توسط روش PLS برای تعیین میزان کربوهیدرات و فیبر کارآمدتر از روش ANN بوده و به مقدار واقعی نزدیکتر است. همچنین Alexandra Chudnovsky و همکاران (۲۰۱۸) مطالعاتی جهت پیش بینی میزان کربوهیدرات جلبک بوسیله NIR و microelectromechanical انجام دادند و طبق بررسی آن ها

مشخص گردید که مدل PLS نتیجه قابل قبولی در خصوص پیش بینی میزان کربوهیدرات (با RMSEP ۹،۵ درصد) دارد. ژو و همکاران (Zhou et al., 2015) امکان استفاده از تکنیک طیف-سنجی مادون قرمز نزدیک/ مرئی (Vis/NIR) عبوری در منطقه ۸۵۰-۵۱۳ 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 ۹۷/۱۱٪ هستند. از میان ۱۸۰۰ طول موج ، تنها شش طول موج (۷۱۱ ، ۸۱۷ ، ۷۴۱ ، ۸۳۹ ، ۶۷۸ و ۶۹۸ نانومتر) به عنوان طول موج مطلوب برای تشخیص غده-های 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 ۹۷/۱۱ به ۹۶/۸۲ درصد در مجموعه کالیبراسیون و از ۹۷/۱۱ به ۹۶/۵۳ درصد در مجموعه اعتبارسنجی رسیده است که قابل قبول است. اسکانلون و همکاران (Scanlon et al., 1999)، روی ارزیابی کیفی سیب‌زمینی فرآوری شده با بازتاب نزدیک به مادون قرمز کار کردند. یک تکه کوچک از گوشت سیب‌زمینی از هر غده برداشته شد، طیف NIR به دست آمده از آن در دستگاه اسکن اسپکتروفتومتر تجزیه و تحلیل شد. وزن مخصوص، ماده خشک و قند احیاء آن تعیین شد. نمودارهای همبستگی نشان داد که طول موجی که برای وزن مخصوص به کار رفته، با ماده خشک نیز ارتباط قابل قبولی دارد. خطای استاندارد عملکرد NIR، برای درصد ماده خشک از ۱/۵-۱/۳ درصد متفاوت بود. 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 می-گیرند. 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 زمان رسیدگی گردو پرداخته شد.

۲- روش انجام تحقیق

• تهیه نمونه

در هر دوره رسیدگی (در کل ۵ دوره در نظر گرفته شد که فواصل دوره‌ها بصورت یک هفته‌ای تعیین گردید)، نمونه‌های نارس گردو بعلاوه نمونه‌های رسیده آن (در دوره آخر) که از یکی از باغات اطراف اردبیل (واقع در روستای شهریور) تهیه می‌شد، تحت آزمایش و داده-برداری قرار می‌گرفت.

• طیف سنجی

به منظور اکتساب طیف از نمونه‌ها از یک اسپکتروردیومتر مدل PS-100 (Apogee Instruments, INC., Logan, UT, USA) ساخت کشور آمریکا استفاده شد. این اسپکتروردیومتر بسیار کوچک، سبک، قابل‌حمل، دارای تک‌فام‌سازی از نوع پاشنده باقدرت تفکیک ۱ نانومتر و آشکارساز آرایه CCD سیلیکون خطی با ۲۰۴۸ پیکسل است که محدودهٔ طیفی ۲۵۰-۱۱۵۰ نانومتر (Vis/NIR) را به‌خوبی پوشش می‌دهد. همچنین، قابلیت اتصال فیبر نوری به اسپکتروردیومتر PS-100 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 اندازه‌گیری‌های 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 ۴۰۰ 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 که در شکل ۱ نمایش داده شده است.

• روش پیش پردازش داده‌ها

داده‌های حاصل از تصویربرداری طیفی ممکن است در اثر پراکنش نور توسط آشکارساز با تغییر نمونه، تغییر اندازه نمونه، ناهمواری‌های سطحی در نمونه، نویزهای ایجاد شده به علت افزایش دمای دستگاه و بسیاری عوامل دیگر، تحت تاثیر قرار گیرد و اطلاعات ناخواسته بر دقت مدل-های کالیبراسیونی تاثیر بگذارد. از این رو برای دستیابی به مدل‌های واسنجی پایدار، دقیق و قابل اعتماد، نیاز به پیش‌پردازش داده‌ها است (Rossel, 2008). در این پژوهش هموارسازی ساویتزکی-گولای، مشتقات اول و دوم، خط مبنا، توزیع نرمال استاندارد، تصحیح پخش افزاینده بر روی داده‌ها اعمال شد.

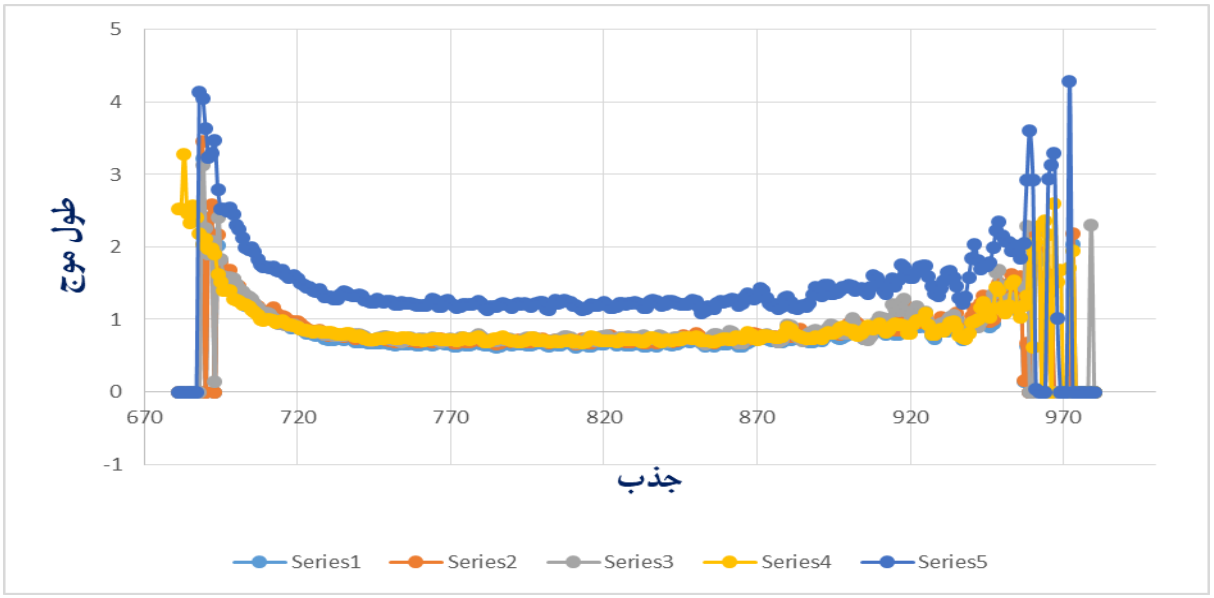
• رگرسیون حداقل مربعات جزئی (PLS) و تعیین طول موج‌های موثر

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., 2020).

۳- نتایج

مختلف در محدوده ۹۷۰-۶۸۰ نانومتر در شکل ۱ ارائه شده است.

میانگین طیف‌های جذبی طیف‌های جذبی Vis/NIR برای تیمارهای

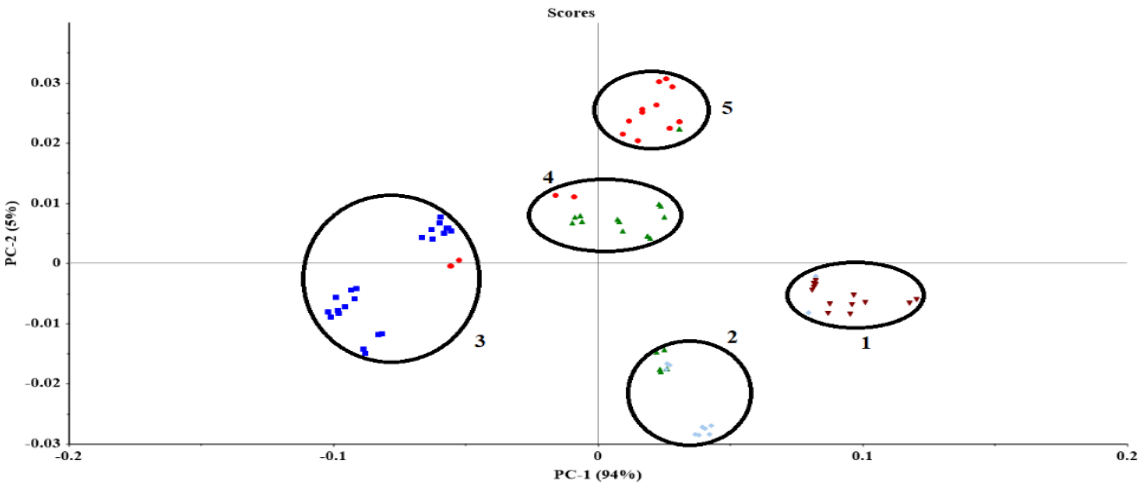


شکل ۱- میانگین طیف‌های جذبی برای دوره‌های رسیدگی مختلف گردو

عوامل محیطی(نور و گرما) و همچنین کیفیت ابراز طیف‌سنج باعث ایجاد اغتشاش در طول‌موج‌های ابتدایی و انتهایی طیف‌ها می‌شود، بنابراین بخشی از این طول‌موج‌ها از مجموعه داده‌ها حذف شده و آنگونه که در شکل ۱ مشخص است، نمونه‌ها روندی تقریبا مشابه داشته‌اند؛ این امر ممکن است متأثر از رنگ نمونه‌ها باشد (Clément et al., 2008). با توجه به شکل ۱ دو پیک کاملا مشخص برای طیف‌ها وجود دارد و به این صورت است که پیک‌ها در حوالی طول موج ۶۸۰ و ۹۷۰ نانومتر ظاهر شده‌اند. همچنین در شکل ۱ مشاهده می‌شود که میزان جذب گردوی رسیده نسبت به دوره‌های دیگر بیشتر است که می‌تواند بخاطر تفاوت در محتوا و بافت محصول باشد.

تجزیه مولفه‌های اصلی (PCA)

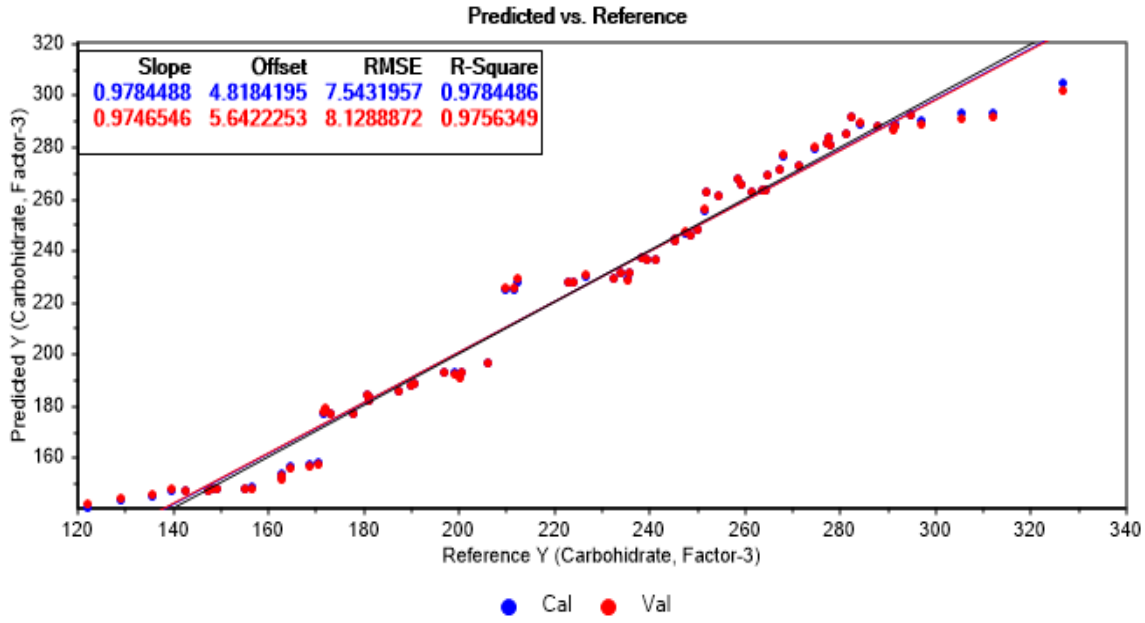
براساس نتایج آنالیز (PCA) که در شکل ۲ ارائه شده است، اولین مولفه اصلی (PC-1) ۹۴٪ و دومین مولفه اصلی (PC-2) ۵٪ از واریانس نمونه‌های مورد آزمایش را توصیف می‌کنند. در نتیجه دو مولفه اصلی اول مجموعاً ۹۹٪ از داده‌ها را بیان می‌کنند. با توجه به اینکه ممکن است میزان ارتباط بین خواص نمونه‌ها مختلف در طول انجام آزمایشات، به دلایل مختلفی نظیر مشکلات فنی تجهیزات، جمع آوری داده، نمونه‌گیری نادرست و ... در برخی از نمونه‌ها نامناسب و یا به اصطلاح پرت باشند (Cozzolino et al., 2011; Heidari et al., 2019; Jamshidi et al., 2012).



شکل ۲- تجزیه مولفه‌های اصلی (PCA) برای دوره‌های مختلف رسیدگی گردو

رگرسیون حداقل مربعات جزئی (PLS)

مقادیر R^2، RMSE برای مجموعه‌های کالیبراسیون و اعتبار سنجی مدل‌های مختلف رگرسیون (PLS) با داده‌های خام و پردازش شده در شکل ۳ ارائه شده است که برابر با ۰,۹۸ می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که طیف‌ها قادر به تشخیص زمان رسیدگی گردو با دقت بسیار بالا هستند. خدابخشیان و همکاران (Khodabakhshian et al, 2017) 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, 2018) 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, 2021) 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, 2012).



شکل ۳- همبستگی بین مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده دوره رسیدگی گردو با روش PLSR

٤- نتیجه‌گیری

در این تحقیق به منظور تخمین زمان رسیدگی گردو و مقدار جذب طول موج در ۵ دوره مختلف رسیدگی گردو (دوره‌های یک هفته‌ای) طیف سنجی بازتابشی در محدوده طول موج های ۴۰۰ 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 غیر مخرب تصویربرداری فراطیفی قادر به تشخیص رسیدگی محصول گردو است.

منابع

- Andrade, S. C., Baretto, T. A., Arcanjo, N. M., Madruga, M. S., Meireles, B., Cordeiro, Â. M., ... & Magnani, M. (2017). 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, 41(6), e13251.
- BEN-GERA, I. T. A. M. A. R., & NORRIS, K. H. (1968). Direct spectrophotometric determination of fat and moisture in meat products. Journal of Food Science, 33(1), 64-67.
- Cozzolino, D., Cynkar, W. U., Shah, N., & Smith, P. (2011). Multivariate data analysis applied to spectroscopy: Potential application to juice and fruit quality. Food Research International, 44(7), 1888-1896.
- Ding, J., Zhang, R., Ahmed, S., Liu, Y., & Qin, W. (2019). Effect of sonication duration in the performance of polyvinyl alcohol/chitosan bilayer films and their effect on strawberry preservation. molecules, 24(7), 1408.
- Heidari, P., Rezaei, M., Sahebi, M., & Khadivi, A. (2019). Phenotypic variability of Pyrus boissieriana Buhse: Implications for conservation and breeding. Scientia Horticulturae, 247, 1-8.
- Jamshidi, B., Minaei, S., Mohajerani, E., & Ghassemian, H. (2012). Reflectance Vis/NIR spectroscopy for nondestructive taste characterization of Valencia oranges. Computers and Electronics in Agriculture, 85, 64-69.
- Khalifa, I., Barakat, H., El-Mansy, H. A., & Soliman, S. A. (2016). Improving the shelf-life stability of apple and strawberry fruits applying chitosan-incorporated olive oil processing residues coating. Food Packaging and Shelf Life, 9, 10-19.
- Khodabakhshian, R., Emadi, B., Khojastehpour, M., Golzarian, M. R., & Sazgarnia, A. (2017). Non-destructive evaluation of maturity and quality parameters of pomegranate fruit by visible/near infrared spectroscopy. International Journal of Food Properties, 20(1), 41-52.
- Kim, S. Y., Hong, S. J., Kim, E., Lee, C. H., & Kim, G. (2021). Neural Network based Prediction of Soluble Solids Concentrationin Oriental Melon using VIS/NIR spectroscopy. Applied Engineering in Agriculture, (in press). doi: 10.13031/aea.14332.
- Kljusurić, J. G., Jurina, T., Valinger, D., Benkovi, M., & Tušek, A. J. (2020). NIR spectroscopy and management of bioactive components, antioxidant activity, and macronutrients in fruits. In Fruit Crops (pp. 95-109). Elsevier.
- Kuroki, S., Kanoo, T., Itoh, H., & Kamisoyama, H. (2020). Nondestructive VIS/NIR spectroscopy estimation of intravitelline vitamin E and cholesterol concentration in hen shell eggs. Journal of Food Measurement and Characterization, 14(2), 1116-1124.
- Lin, H., & Ying, Y. (2009). Theory and application of near infrared spectroscopy in assessment of fruit quality: a review. Sensing and instrumentation for food quality and safety, 3(2), 130-141.
- Liu, K., Yuan, C., Chen, Y., Li, H., & Liu, J. (2014). Combined effects of ascorbic acid and chitosan on the quality maintenance and shelf life of plums. Scientia Horticulturae, 176, 45-53.
- Mahfoudhi, N., & Hamdi, S. (2015). 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, 39(6), 1499-1508.
- Rossel, R. A. V. (2008). ParLeS: Software for chemometric analysis of spectroscopic data. Chemometrics and intelligent laboratory systems, 90(1), 72-83.
- Scanlon, M.G., M.K. Pritchard and L.R. Adam, 1999. Quality evaluation of processing potatoes by near infrared reflectance. J. Science of Food and Agriculture; 79: 763-771.
- Shao, Y., He, Y., Gómez, A. H., Pereir, A. G., Qiu, Z., & Zhang, Y. (2007). Visible/near infrared spectrometric technique for nondestructive assessment of tomato ‘Heatwave’(Lycopersicum esculentum) quality characteristics. Journal of Food Engineering, 81(4), 672-678.
- Shao, Y., Liu, Y., Xuan, G., Wang, Y., Gao, Z., Hu, Z., ... & Wang, K. (2020). Application of hyperspectral imaging for spatial prediction of soluble solid content in sweet potato. RSC Advances, 10(55), 33148-33154.

Evaluation ability of the NIR-Spectroscopy for detecting the ripening time of walnuts

Javad Tarighi*[1]; Ali Khorramifar[1]

1- Department of Biosystem Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, IRAN

*Email Address : Tarighi@uma.ac.ir

Abstract

Introduction

Walnut is an important economic and commercial product all over the world. The reflected light spectrum can be one of the key factors in determining the ripening time of the fruit and it depends on the content of the chemical compounds of the fruit and its skin. Crunchyness and easy peeling are the main features that affect the level of satisfaction of walnut consumers. 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 of time. 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. To be 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, the ripening time of walnuts was investigated using spectrometry and chemometrics methods.

Methodology

In each treatment period (in total 5 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-100 (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 1 nm and a linear silicon CCD array detector with 2048 pixels that covers the spectral range of 250-1150 nm (Vis/NIR) well. Also, there is the ability to connect the optical fibre to the PS-100 spectroradiometer and transfer the data to the computer with the purpose of displaying and storing the acquired spectra in the Spectra Wiz software through the USB port. With the aim of creating 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 10, 20, and 30 watts, which were used in this research. Also, a two-branch optical fibre probe model (Apogee Instruments, INC., Logan, Utah, USA), which includes 7 parallel optical fibres with a diameter of 400 micrometres, was used in counter-mode measurements. After providing the necessary equipment, the optimal spectroscopic arrangement was designed and implemented in order to facilitate the experiments and minimize the effect of environmental factors during the spectroscopic process, which is shown in Figure 1.

Conclusion

The average absorption spectra of Vis/NIR absorption spectra for different treatments in the range of 680-970 nm are presented in Figure 1.Environmental factors (light and heat) as well as the spectrometer's expression quality cause disturbances in the initial and final wavelengths of the spectra, so some of these wavelengths are removed from the data set. And as it is clear in Figure 1, the samples had an almost similar trend; this may be affected by the colour of the samples. According to Figure 1, there are two distinct peaks for the spectra and it is that the peaks appeared around the wavelength of 680 and 970 nm. It can also be seen in Figure 1 that the amount of absorption of ripe walnuts is higher compared to other periods, which can be due to the difference in the content and texture of the product.Based on the PCA analysis results presented in Figure 2, the first principal component (PC-1) describes 94% and the second principal component (PC-2) describes 5% of the variance of the tested samples. As a result, the first two principal components together express 99% of the data. Considering that it is possible that the degree of correlation between the properties of different samples during the tests, due to various reasons such as technical problems of the equipment, data collection, incorrect sampling, etc., in some samples, inappropriate or so-called outliers.The values of R^2 and RMSE for calibration and validation sets of different regression models (PLS) with raw and processed data are presented in Figure 3, which is equal to 0.98. The results show that the spectra are able to detect the ripening time of walnuts with high accuracy. Khodabakhshian et al investigated the potential of visible and infrared spectroscopy to classify the ripening stage and predict the quality traits of pomegranate varieties including SSC and TA. Among the methods of centring, Savitzky-Golay smoothing, median filter, standard normal variable, incremental spread correction (MSC) and differentiation with first derivative and second derivative, the use of incremental spread correction (MSC) has the highest accuracy in identifying pomegranate quality parameters. followed Zhang and colleagues (Zhang et al, 2018) in estimating the SSC of red Fuji apple using near-infrared spectroscopy to reduce noises using the functions of additive scatter correction (MSC) and standard normal distribution (SNV) and reported that the additive scatter correction method (MSC) compared to the standard normal distribution (SNV) will result in a more accurate estimate of the SSC value. Kim et al. estimated the SSC of oriental melon using near-infrared spectroscopy among different pre-processing methods including Savitzky-Golay smoothing, normalization with maximum and minimum, stable normalization, standardization, stable normal variable, distribution Standard normal (SNV) and incremental spread correction (MSC) reported that the best result was obtained with a standard normal distribution (SNV). Although considering the different nature of the samples, measurement methods and equipment, and other conditions affecting the spectral properties of the product, it is better not to compare the data obtained from different researches with each other.

Keywords

Walnut; Spectroscopy; Ripening; Chemometrics