تعیین ارقام شلیل با استفاده از روش طیف سنجی

علی میرزازاده [۱*]، علی خرمی‌فر[۲]، ولی رسولی شربیانی[۳]

۱*- استادیار، گروه مهندسی فناوری کشاورزی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی مغان، دانشگاه محقق اردبیلی
۲- دکتری، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی
۳- دانشیار، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی
* ایمیل نویسنده مسئول: Ali.mirzazadeh@uma.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۱۰

چکیده

شلیل گیاهی است که به عنوان یک محصول مهم تجاری در برخی کشورها کشت و در رژیم غذایی بشر به عنوان یک منبع مهم قند 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 شلیل ارزیابی کیفی پس از مرحله برداشت، برای ارائه محصولی قابل اعتماد و یکنواخت به بازار ضروری می‌باشد. هدف از این مطالعه، تشخیص و طبقه‌بندی ارقام شلیل با استخراج ویژگی از الگوهای پاسخ دستگاه طیف سنج و بکارگیری روش‌های کمومتریکس می‌باشد. 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 و 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. در این تحقیق به منظور تشخیص رقم شلیل و مقدار جذب طول موج در ۵ رقم این محصول، 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. و همچنین با روش آنالیز تشخیص خطی (LDA) بررسی شد. براساس نتایج حاصل، روش PCA با دقت ۸۵ درصد و روش LDA با دقت ۱۰۰ درصد توانستند ارقام شلیل را تشخیص دهند. نتیجه به نظر می رسد که روش غیر مخرب تصویربرداری فراطیفی قادر به تشخیص رقم محصول شلیل است.

کلمات کلیدی

"شلیل"، "کمومتریکس"، "طیف سنجی"، "تشخیص رقم"

۱- مقدمه

شلیل گیاهی است که به عنوان یک محصول مهم تجاری در برخی کشورها کشت و در رژیم غذایی بشر به عنوان یک منبع مهم قند 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 شلیل ارزیابی کیفی پس از مرحله برداشت، برای ارائه محصولی قابل اعتماد و یکنواخت به بازار ضروری می‌باشد (Chen و هکاران، ۲۰۰۵). هدف از این مطالعه، تشخیص و طبقه‌بندی ارقام شلیل با استخراج ویژگی از الگوهای پاسخ دستگاه طیف سنج و بکارگیری روش‌های کمومتریکس می‌باشد. 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 طیف‌سنجی 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 طبقه-بندی 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 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 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 سیب-زمینی 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 تشخیص رقم میوه شلیل پرداخته شد.

۲- روش انجام تحقیق

• تهیه نمونه

برای این مطالعه ۵ رقم مختلف شلیل از باغات شهر مغان (استان اردبیل) تهیه شد و مورد آزمایش و داده‌برداری قرار گرفت.

• داده برداری با دستگاه طیف سنج NIR

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.

• 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.

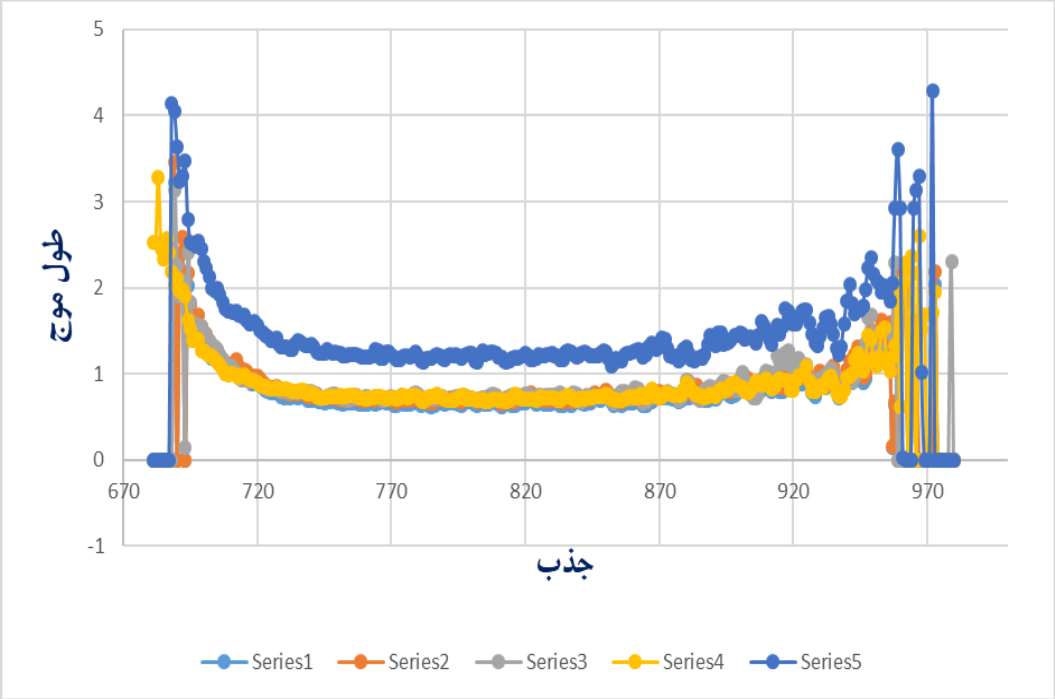
• آنالیز کمومتریکس

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. شیمی سنجی از آمار چند متغیره برای استخراج اطلاعات مفید از داده های تحلیلی پیچیده استفاده می کند.

شیمی سنجی مورد استفاده در این مطالعه با تجزیه و تحلیل مولفه های اصلی (PCA) برای کشف پاسخ خروجی حسگرها و کاهش بعد داده‌ها آغاز شد. در گام بعدی برای طبقه بندی ۵ رقم شلیل از تجزیه و تحلیل تشخیصی خطی (LDA) نیز استفاده شد. (PCA) یکی از رایج ترین روش های کاهش داده های آماری است. این روش یک تکنیک بدون نظارت است که برای کاوش و کاهش ابعاد یک مجموعه داده استفاده می شود (Lisiecka, K و همکاران، ۲۰۲۱). تجزیه و تحلیل خود شامل تعیین مولفه های متغیر است که ترکیبی خطی از بسیاری از ویژگی های بررسی شده است. در این پژوهش به منظور ساخت مدل LDA، داده‌ها به صورت تصادفی به دو قسمت تقسیم شدند: ۷۰ درصد نمونه‌ها به منظور آموزش و اعتبارسنجی متقاطع و از باقی داده‌ها جهت اعتبارسنجی مستقل استفاده شد.

۳- نتایج

میانگین طیف‌های جذبی طیف‌های جذبی Vis/NIR برای تیمارهای مختلف در محدوده ۹۷۰-۶۸۰ نانومتر در شکل ۱ ارائه شده است.

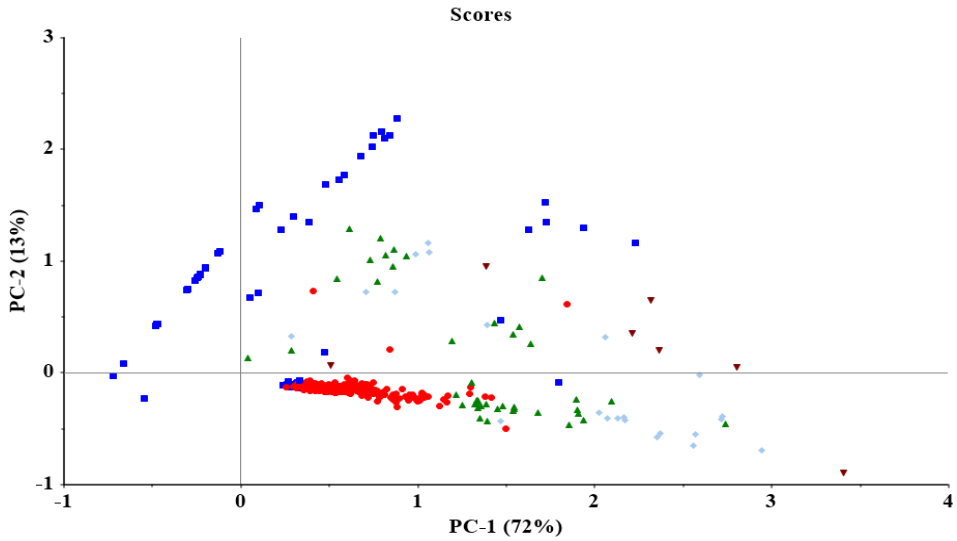


شکل ۱- میانگین طیف‌های جذبی برای ارقام مختلف شلیل

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.

تجزیه مولفه‌های اصلی (PCA)

براساس نتایج آنالیز (PCA) که در شکل ۲ ارائه شده است، اولین مولفه اصلی (PC-1) ٪ ۷۲ و دومین مولفه اصلی (PC-2) ٪ ۱۳ از واریانس نمونه‌های مورد آزمایش را توصیف می‌کنند. در نتیجه دو مولفه اصلی اول مجموعاً ٪ ۸۵ 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).

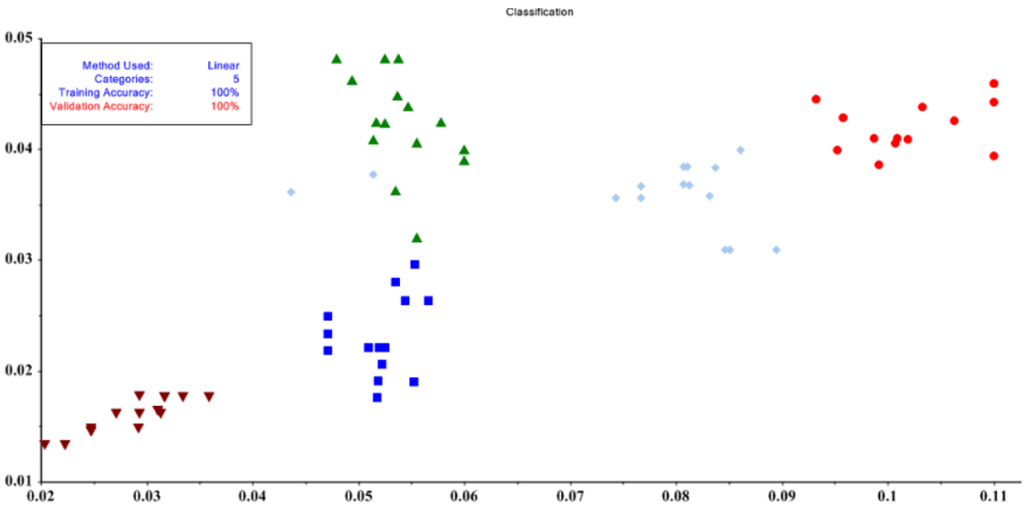


شکل ۲- تجزیه مولفه‌های اصلی (PCA) برای ارقام مختلف شلیل

آنالیز تشخیصی خطی (LDA)

روش LDA یک روش تحت نظارت است که برای یافتن متمایزترین بردارهای ویژه استفاده می شود و نسبت واریانس بین کلاس و درون کلاس را به حداکثر می رساند و قادر به طبقه بندی دو یا چند گروهه از نمونه ها است (Jiarpinijnun, A و همکاران، ۲۰۲۰).

برای تشخیص ارقام شلیل بر اساس پاسخ خروجی دستگاه طیف سنج، از روش LDA استفاده شد. بر خلاف روش PCA، روش LDA می تواند اطلاعات حاصل را استخراج کند تا وضوح بین کلاس ها را بهینه کند. بنابراین، این روش برای تشخیص ۵ رقم شلیل بر اساس پاسخ خروجی طیف سنج استفاده شد. نتایج تشخیص ارقام برابر با ۱۰۰٪ به دست آمد (شکل ۳).



شکل ۳- نتایج حاصل از روش LDA برای تشخیص ارقام شلیل

٤- نتیجه‌گیری

در این تحقیق به منظور تشخیص ارقام شلیل و مقدار جذب طول موج در ۵ رقم مختلف، 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 آنالیز تشخیصی خطی (LDA) تعیین گردید. و مشخص شد که روش آنالیز تشخیص خطی پیش بینی دقیقتری نسبت به روش تجزیه مولفه های اصلی دارد. در نتیجه به نظر می رسد که روش غیر مخرب تصویربرداری فراطیفی قادر به تشخیص رقم محصول شلیل با دقت بالایی 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.

Determining nectarine cultivars using the spectroscopic method

Ali Mirzazadeh[1]; Ali Khorramifar[2]; Vali Rasooli Sharabiani[3]

[*]1. Department of Agricultural Engineering and Technology, Faculty of Agriculture and Natural Resources (Moghan), University of Mohaghegh Ardabili, IRAN
2. Department of Biosystem Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, IRAN
3. Associate Professor, Department of Biosystem Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Mohaghegh Ardabili University

[*]Email Address: Ali.mirzazadeh@uma.ac.ir

Abstract

Introduction

Nectarine is a plant that is cultivated as an important commercial product in some countries and is known as an important source of sugar and vitamins in the human diet. 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 nectarine product, quality evaluation after the harvesting stage is necessary to provide a reliable and uniform product to the market. The purpose of this study is to identify and classify nectarines by extracting characteristics from the response patterns of the spectrometer and using chemometrics methods. 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 for the qualitative grading of agricultural products based on the assessment of their internal properties in a non-destructive manner, 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 essential. 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, the variety of nectarine fruit was identified.

Methodology

For this study, 5 different nectarine cultivars were prepared from the gardens of Moghan city (Ardebil province) and were 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, and 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.

The data obtained from spectral imaging may be affected by the scattering of light by the detector with sample change, sample size change, surface roughness in the sample, the noise created due to the increase in temperature of the device and many other factors, and unwanted information affect the accuracy of calibration models. Therefore, to achieve stable, accurate and reliable calibration models, data pre-processing is needed (Rossel, 2008). In this research, Savitzky-Golay smoothing, first and second derivatives, baseline, standard normal distribution, and incremental scatter correction were applied to the data. The use of non-destructive methods based on spectroscopy in the full range of wavelengths requires spending time and very high costs, which makes the practical application of this method almost impossible; therefore, one should look for a way to find the optimal wavelengths and limit the wavelengths to the minimum possible value. Chemometrics uses multivariate statistics to extract useful information from complex analytical data. The chemometrics used in this study started with principal component analysis (PCA) to explore the output response of the sensors and reduce the dimensionality of the data. In the next step, linear diagnostic analysis (LDA) was also used to classify 5 varieties of Shail. (PCA) is one of the most common statistical data reduction methods. This method is an unsupervised technique used to explore and reduce the dimensionality of a dataset. The analysis itself involves the determination of variable components, which are linear combinations of many investigated characteristics. In this research, in order to construct the LDA model, the data were randomly divided into two parts: 70% of the samples were used for training and cross-validation, and the rest of the data were used for independent validation.

Conclusion

Based on the results of the PCA analysis presented in Figure 2, the first principal component (PC-1) describes 72% and the second principal component (PC-2) 13% of the variance of the tested samples. As a result, the first two principal components together express 85% 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 LDA method is a supervised method that is used to find the most distinct eigenvectors and maximizes the between-class and intra-class variance ratios and is capable of classifying two or more groups of samples. The LDA method was used to identify the nectarine cultivars based on the output response of the spectrometer. Unlike the PCA method, the LDA method can extract the resulting information to optimize the resolution between classes. Therefore, this method was used to detect 5 nectarine cultivars based on the output response of the spectrometer. The results of the identification of figures equal to 100% were obtained.

Keywords

Nectarine; Spectroscopy; Cultivar Recognition; Chemometrics