اسپکتروسکوپی Vis/NIR برای طبقه‌بندی غیر مخرب پرتقال ها بر اساس واریته

بهاره جمشیدی[1]، سعید مینایی[2]، عزالدین مهاجرانی[3]، حسن قاسمیان[4]

1- دانشجوی دکتری مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

2- دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

3- دانشیار پژوه‌شکده لیزر و پلاسما، دانشگاه شهید بهشتی

4- استاد دانشکده برق و کامپیوتر، دانشگاه تربیت مدرس

آدرس پست الکترونیکی مکاتبه کننده jamshidi.bahareh@gmail.com

چکیده

امروزه، روش های سنجش و تفکیک کیفی میوه ها اعم از مخرب و غیر مخرب اهمیت ویژه ای در صنعت غذایی کشورها دارند. در این راستا، روش های غیر مخرب به دلیل سریع بودن، عدم نیاز به آماده سازی نمونه و سهولت بکارگیری در سیستم های درجه‌بندی و کنترل فرایند، بسیار مورد توجه قرار گرفته اند. اسپکتروسکوپی مرئی/ فرو سرخ نزدیک (Vis/NIR) یکی از پرکاربردترین این روش هاست که در مقایسه با روش های موجود، دارای هزینهٔ نسبتاً پایین، سازگاری بیشتر با شرایط زیست محیطی و امکان بکارگیری فیبرهای نوری در تجزیه های on-line است. در این پژوهش، امکان تفکیک و طبقه بندی غیر مخرب واریته های پرتقال (والنسیا و تامسون) با استفاده از اسپکتروسکوپی Vis/NIR و بر پایهٔ اطلاعات طیف های بازتابی در محدودهٔ طیفی 450 تا 1000 نانومتر بررسی شد. برای این منظور، پس از پیش پردازش طیف ها به روش میانگین گیری و تصحیح پخش افزاینده (MSC) به ترتیب برای هموارسازی و نرمالیزه شدن طیف ها، نمونه های هر کلاس (واریته) به دسته های آموزش و آزمون به ترتیب برای یادگیری و ارزیابی طبقه بندی تقسیم شدند. تفکیک و طبقه بندی نمونه‌ها به روش مدلسازی مستقل نرم شباهت کلاس (SIMCA) و بر پایهٔ آنالیز مولفه های اصلی (PCA) نمونه‌های آموزش هر کلاس صورت گرفت. نتایج نشان داد که اسپکتروسکوپی Vis/NIR به خوبی توانایی تفکیک و طبقه بندی واریته های پرتقال را دارد به گونه‌ای که هیچ یک از نمونه های آزمون به طبقهٔ نادرست و یا همزمان به هر دو طبقه تخصیص داده نشد . همچنین، دقت طبقه بندی صحیح نمونه های آزمون پرتقال های والنسیا و تامسون بر پایهٔ اطلاعات طیف های Vis/NIR بازتابی به ترتیب 97/1٪ و 94/3٪ با اعتبار 100٪ بود.

کلمات کلیدی: اسپکتروسکوپی Vis/NIR، پرتقال، طبقه‌بندی، غیر مخرب، SIMCA

مقدمه

اسپکتروسکوپی فرو سرخ نزدیک (NIR) یکی از پرکاربردترین روش‌های غیر مخرب در ارزیابی کیفی میوه‌ها است. این روش در مقایسه با روش های غیر مخرب دیگر ، دارای هزینهٔ نسبتاً پایین، سازگاری بیشتر با شرایط زیست محیطی و امکان بکارگیری فیبرهای نوری در تجزیه های on-line سیستم‌های درجه‌بندی و کنترل فرایند است.

در سال‌های اخیر، تلفیق اسپکتروسکوپی NIR با تکنیک‌های آنالیز چندمتغیره به طور گسترده‌ای در روش‌های کمّی و تعیین ویژگی‌های درونی میوه‌ها بکار گرفته شده است [Flores *et al.*, 2009; Jamshidi *et al.*, 2012; Penchaiya *et al.*, 2009; Subedi & Walsh, 2011]. از سوی دیگر، آنالیزهای کیفی که می‌توانند به مسئله بازشناسی الگو نسبت داده شوند نیز به اندازه آنالیزهای کمّی در اسپکتروسکوپی NIR میوه‌ها دارای اهمیت هستند [Cen & He, 2007]. به طوری که، کاربرد این آنالیزها بر پایه اسپکتروسکوپی NIR برای تشخیص کیفی و طبقه‌بندی میوه‌ها به‌ویژه در دهه اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است [Abu-Khalaf & Bennedsen, 2004; Camps & Christen, 2009; Cao *et al.*, 2010; Luo *et al.*, 2011; Marena *et al.*, 2007].

در این پژوهش، امکان تفکیک و طبقه بندی غیر مخرب واریته های پرتقال (والنسیا و تامسون) با استفاده از اسپکتروسکوپی Vis/NIR بازتابی در محدودهٔ طیفی 450 تا 1000 نانومتر و روش بازشناسی الگوی نظارت شده مدلسازی مستقل نرم شباهت کلاس (SIMCA)، بررسی شد.

مواد و روشها

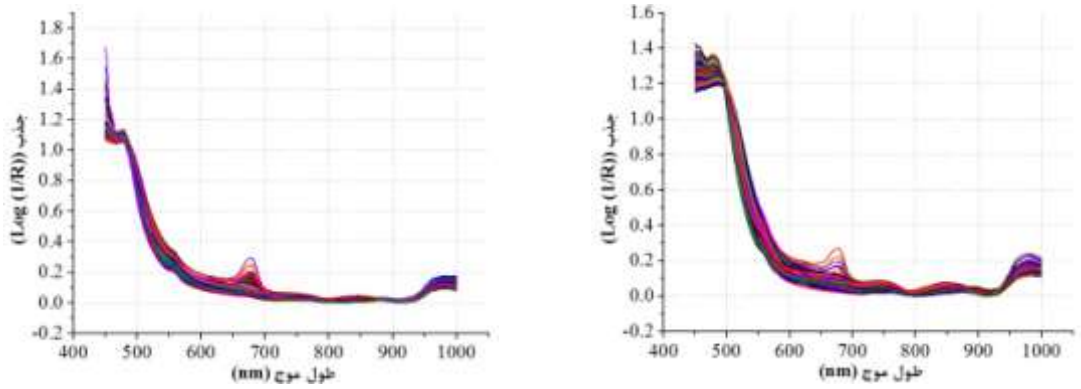
آزمون‌های اسپکتروسکوپی برای جمع‌آوری طیف های Vis/NIR بازتابیِ 300 عدد پرتقال از دو واریته والنسیا و تامسون (150 عدد از هر واریته) در محدوده طیفی 450-1000nm با چیدمان اسپکتروسکوپی طراحی شده توسط جمشیدی و همکاران (2012)، انجام شدند.

برای تفکیک و طبقه بندی نمونه‌های پرتقال بر پایه اطلاعات طیفی آنها از روش طبقه‌بندی SIMCA (مبتنی بر بازشناسی الگوی نظارت‌شده) که روی مدل‌سازی شباهت‌های بین اعضای هر کلاس یا طبقه (واریته) متمرکز است، استفاده شد. برای این منظور، پس از حذف داده های پرت، نمونه‌های هر طبقه (واریته) به دسته‌های آموزش (75٪ نمونه‌ها) و آزمون (25٪ باقیمانده) تقسیم شدند . پیش از طبقه بندی، طیف های بازتابی به دست‌آمده از اسپکتروسکوپی Vis/NIR هر طبقه به منظور حذف اطلاعا ت ناخواسته، نویزها و اثرات فیزیکی ناشی از تغییر اندازه نمونه‌ها، پخش نایکنواخت و غیره، پردازش شدند . به این ترتیب که، طیف‌های هر دو واریته پرتقال پس از تبدیل‌شدن به طیف های جذبی (log 1/R)، با استفاده از روش های میانگین‌گیری و تصحیح پخش افزاینده (MSC)، هموارسازی و نرمالیزه شدند. سپس، طبقه‌بندی SIMCA بر پایهٔ آنالیز مولفه های اصلی (PCA) نمونه‌های آموزش هر طبقه انجام و توانایی مدل طبقه بندی تدوین‌شده برای تفکیک نمونه های دسته آزمون، در قالب دقت طبقه‌بندی درست (صحت) و اعتبار طبقه‌بندی بررسی شد.

نتایج و بحث

شکل 1 (الف و ب) طیف‌های Vis/NIR جذبی همه نمونه های پرتقال (واریته‌های والنسیا و تامسون) را در محدوده طیفی 450-1000 nm پس از پیش‌پردازش با روش‌های میانگین‌گیری و MSC نشان می‌دهد.

رفتار و روند کلی طیف‌های هر دو واریته پرتقال مشابه بود به طوری که همه طیف ها دارای پیک‌های جذبی ناشی از جذب پیگمنت ها (در ناحیه مرئی) و اورتون‌های کششی پیوندهای مولکولی O-H، C-H یا N-H (به ویژه در ناحیه NIR) بودند [Jamshidi *et al.*, 2012]. در ناحیه مرئی، اختلاف‌های اندکی در مقدار جذب طیف های دو واریته به دلیل تفاوت رنگ نمونه‌ها وجود داشت.

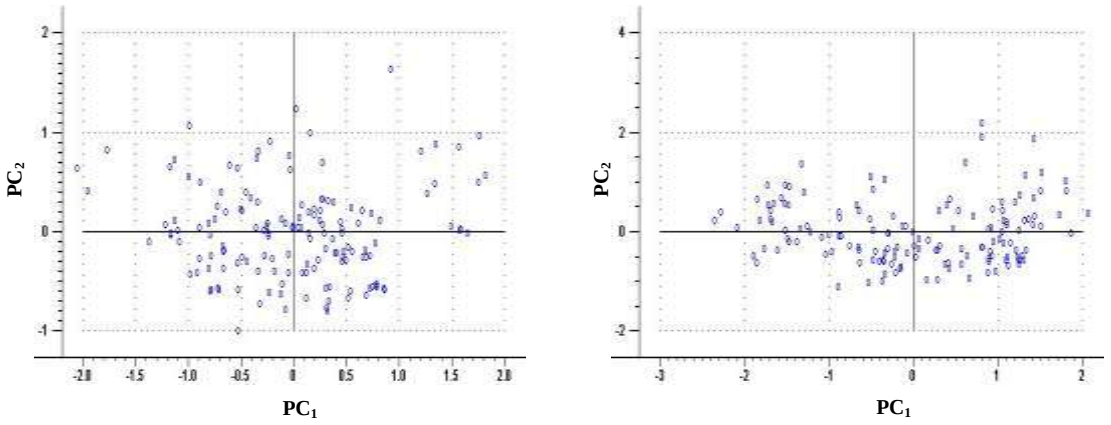


(ب) (الف)

شکل 1- طیف‌های Vis/NIR جذبی پیش‌پردازش‌شده پرتقال‌های والنسیا (الف) و تامسون (ب)

شکل 2 (الف و ب) نمودار امتیازهای PCA پرتقال‌های والنسیا و تامسون را نشان می دهد و حاکی از آن است که برای پرتقال های والنسیا، PC_1 و PC_2 به ترتیب 70٪ و 23٪ واریانس داده‌های طیفی را توصیف می کنند. در حالی‌که، برای پرتقال‌های تامسون این توصیف واریانس با PC_1 و PC_2 به ترتیب برابر 58٪ و 22٪ بود.

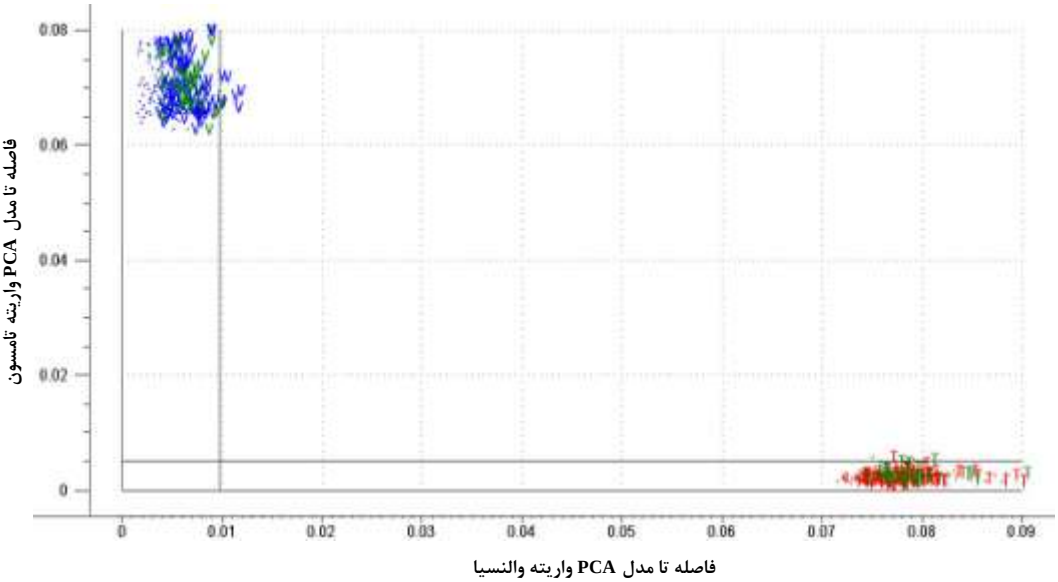
.



(ب) (الف)

شکل 2- نمودار امتیازهای PCA پرتقال‌های والنسیا (الف) و تامسون (ب)

شکل 3 فاصله نمونه‌های پرتقال را در طبقه‌بندی SIMCA از مدل‌های PCA تدوین‌شده برای واریته های والنسیا و تامسون نشان می دهد. مطابق شکل و بر اساس طبقه بندی SIMCA مبتنی بر اطلاعات طیفی پرتقال ها، هر دو طبقه والنسیا و تامسون به طور کاملاً مجزا از یکدیگر قرار گرفتند. همچنین، نمونه‌های ناشناخته طبقه‌بندی‌شده به روش SIMCA بر پایه مدل‌های PCA تدوین‌شده برای هر واریته به خوبی به طبقه مربوط به خود تعلق گرفتند و یا (در صورت عدم تعلق به طبقه خود) به مدل PCA مربوط به طبقه خود نزدیک بودند . از سوی دیگر، هیچ نمونه‌ای به طبقه اشتباه یا به طور همز مان به دو طبقه تعلق نگرفت . به این ترتیب، طبقه‌بندی از اعتبار 100٪ برخوردار بود و طبقه‌بندی درست (صحت) برای نمونه های والنسیا و تامسون به ترتیب 97/1٪ و 94/3٪ بود. هم‌چنین، صحت طبقه‌بندی کل نمونه‌های ناشناخته، 95/7٪ بود.



شکل 3- فاصله نمونه‌ها از مدل‌های PCA مربوط به واریته‌های پرتقال در طبقه‌بندی SIMCA

بنابراین، طبقه بندی مبتنی بر بازشناسی الگوی نظارت‌شده SIMCA بر پایه طیف های Vis/NIR نمونه‌ها در محدوده طیفی 450-1000 nm، توانایی بسیار خوبی برای تفکیک واریته‌های پرتقال (والنسیا و تامسون) دارد.

منابع

- Abu-Khalaf, N. and Bennedsen, B. S. (2004) Near infrared (NIR) technology and multivariate data analysis for sensing taste attributes of apples. Int. Agrophysics. 18, 203-211.
- Camps, C. and Christen, D. (2009) Non-destructive assessment of apricot fruit quality by portable visible-near infrared spectroscopy. LWT-Food Sci. Technol. 42, 1125-1131.
- Cao, F., Wu, D. and He, Y. (2010) Soluble solids content and pH prediction and varieties discrimination of grapes based on visible-near infrared spectroscopy. Comput. Electron. Agric. 71s, s15-s18.
- Cen, H. and He, Y. (2007) Theory and application of near infrared reflectance spectroscopy in determination of food quality. Trends Food Sci. Technol. 18, 72-83.
- Flores, K., Sánchez, M., Pérez-Marín, D., Guerrero, J. and Garrido-Varo, A. (2009) Feasibility in NIRS instruments for predicting internal quality in intact tomato. J. Food Eng. 91, 311-318.
- Jamshidi, B., Minaei, S., Mohajerani, E. and Ghassemian, H. (2012) Reflectance Vis/NIR spectroscopy for nondestructive taste characterization of valencia oranges. Comput. Electron. Agric. 85, 64-69.
- Luo, W., Huan, S., Fu, H., Wen, G., Cheng, H., Zhou, J., Wu, H., Shen, G. and Yu, R. (2011) Preliminary study on the application of near infrared spectroscopy and pattern recognition methods to classify different types of apple samples. Food Chem. 128(2), 555-561.

- Marena, M., Elizabeth, J., Lindie, M., Ester, L. and Martin, K. (2007) Prediction of soluble solids content and post-storage internal quality of Bulida apricots using near infrared spectroscopy. J. Near Infrared Spectrosc. 15, 179-188.
- Penchaiya, P., Bobelyn, E., Verlinden, B. E., Nicolaï, B. M. and Saeys, W. (2009) Non-destructive measurement of firmness and soluble solids content in bell pepper using NIR spectroscopy. J. Food Eng. 94, 267-273.
- Subedi, P. P. and Walsh, K. B. (2011) Assessment of sugar and starch in intact banana and mango fruit by SWNIR spectroscopy. Postharvest Biol. Technol. 62(3), 238-245.