



پیش بینی برخی ویژگی‌های کیفی میوه انگور رقم بیدانه قرمز با استفاده از روش غیر

مخرب طیف‌سنجی فروسرخ نزدیک

فرزاد آزادشهرکی^۱، سیامک کلانتری^{۲*}، یونس مستوفی^۳، بهاره جمشیدی^۴، رضا مسعودی^۵ و سمیه نجفی^۶

۱- دانشجوی دکتری علوم باغبانی گرایش فیزیولوژی و فناوری پس از برداشت دانشگاه تهران، ۲ و ۳- به ترتیب استادیار و استاد گروه باغبانی دانشگاه تهران، ۴- استادیار موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی و ۵ و ۶- به

ترتیب استاد و دانشجوی دکتری پژوهشکده لیزر دانشگاه شهید بهشتی تهران

ایمیل مکاتبه کننده: farzad_shahrekian@yahoo.com و kalantaris@ut.ac.ir

چکیده

به منظور اندازه‌گیری ویژگی‌های رسیدن و کیفیت درونی میوه از روش‌های مخرب و غیر مخرب گوناگونی استفاده می‌شود. روش‌های مخرب غالباً وقت‌گیر و پرهزینه هستند. در این پژوهش توانایی روش طیف‌سنجی فروسرخ نزدیک به منظور پیش‌بینی ویژگی‌های کیفی از قبیل مواد جامد حل‌شدنی، اسید قابل‌تیترا، pH، فنل کل و آنتوسیانین عصاره انگور رقم بیدانه قرمز مورد بررسی واقع شد. بدین منظور پس از طیف‌سنجی نمونه‌های ده حبه‌ای انگور در ناحیه ۹۰۰-۱۷۰۰ nm آزمون‌های مرجع شیمیایی برای اندازه‌گیری پارامترهای مورد نظر انجام و مدل‌های کالیبراسیون برای ایجاد ارتباط بین داده‌های طیفی پیش‌پردازش شده و اندازه‌گیری‌های مرجع تدوین شدند. پیش‌پردازش‌های مورد استفاده به صورت ترکیبی اعمال گردیدند. نتایج حاصل از اعتبارسنجی بهترین مدل‌ها گویای پیش‌بینی میزان مواد جامد حل‌شدنی با دقت بالا ($r_{cv}=0/949$ و $SDR=2/838$) و pH با دقت قابل قبول ($r_{cv}=0/906$ و $SDR=1/993$) توسط طیف‌سنجی فروسرخ نزدیک بود. اسید قابل‌تیترا و فنل کل توسط این روش غیر مخرب با دقت متوسط به ترتیب با r_{cv} معادل با ۰/۷۷۲ و ۰/۸۲۲ و SDR معادل با ۱/۶۰ و ۱/۷۱۸ پیش‌گویی گردیدند. آنتوسیانین عصاره انگور رقم بیدانه قرمز توسط طیف‌سنجی فروسرخ نزدیک قابل پیش‌بینی نبود.

واژه‌های کلیدی: انگور، طیف‌سنجی فروسرخ نزدیک، کیفیت

مقدمه

کیفیت بیان‌کننده خوبی یا برتری یک کالا با در نظر گرفتن یک یا چند صفت است. کیفیت در میوه و سبزی برآیند صفات و خواصی است که نهایتاً منجر به استفاده از میوه و سبزی به عنوان غذا می‌گردد. طعم و مزه از عوامل مهم در تشخیص رسیدگی و موثر بر کیفیت میوه است که ناشی از مزه شیرین و ترش به ترتیب مربوط به مواد جامد حل



شدنی^۱ (SSC) و اسید قابل تیترا^۲ (TA)، ترکیبات فنلی^۳ و مواد معطره و رنگیزه‌هاست (Kader, 1999). ترکیبات فنلی آنتی اکسیدان‌هایی هستند که در مقاومت گیاه به بیماری و کیفیت میوه دخالت دارند و از قندهای شش کربنه و از طریق مسیرهای شیکیمیت^۴، فنیل پروپانوئید^۵ و فلاونوئید^۶ ساخته می‌شوند (ربیعی، ۱۳۸۲). از مهمترین این ترکیبات آنتوسیانین‌ها^۷ هستند که مسئول رنگ بسیاری از گل‌ها، میوه‌ها و سبزی‌ها هستند. آنتوسیانین‌ها خاصیت آنتی-اکسیدانی و ارزش تغذیه‌ای سلامتی بالایی داشته و نسبت به سایر ترکیبات فنلی در مهار رشد تومورهای سرطان مفید ترند (Lee et al., 2005). میوه انگور نافرارگرا^۸ است و قابلیت فسادپذیری بالایی دارد (عبادی و حدادی نژاد، ۱۳۹۳). شروع رسیدن حبه^۹ انگور در مراحل پایانی رشد اتفاق می‌افتد که در آن زمان همراه با افزایش اندازه حبه‌ها محتوی قند حبه سریعاً افزایش و میزان اسید و pH کاهش می‌یابد. در این زمان پوست حبه کلروفیل^{۱۰} خود را از دست داده و نهایتاً رنگ زرد طلایی ناشی از تشکیل فلاونل یا قرمز و صورتی ناشی از تشکیل آنتوسیانین ایجاد می‌گردد (ربیعی، ۱۳۸۲). اندازه گیری ویژگی‌های موثر بر رسیدن و کیفیت در میوه‌ها مستلزم صرف هزینه و وقت زیاد و استفاده از روش‌های شیمیایی می‌باشد، حال آن‌که روش‌های غیر مخرب^{۱۱} با سرعت بیشتر قادر به اندازه گیری این ویژگی‌هاست. یکی از روش‌های غیر تخریبی که قادر به اندازه گیری چندین صفت در یکبار اندازه گیری است روش طیف‌سنجی فروسرخ نزدیک^{۱۲} (NIRs) می‌باشد (Nicolai et al., 2007). از این روش طیف‌سنجی به طور موفقیت آمیزی در تدوین مدل‌های کالیبراسیون SSC در میوه‌های مختلف شامل گیلاس (Lu, 2001)، آلو (Golic and Walsh, 2006)، سیب (Bobelyn et al., 2010) و پرتقال (Jamshidi et al., 2012) استفاده شده و ریشه میانگین مربعات خطای پیشگویی^{۱۳} (RMSEP) کمتر از ۱ درجه بریکس بوده است. با این حال در مورد خواص کیفی میوه که اندازه‌گیری آزمایشگاهی آن‌ها دشوار است تحقیقات کمتری به عمل آمده است (Nicolai et al., 2014).

۱- Soluble Solids Content

۲ - Titratable Acid

۳- Phenol

۴ - Shikimate

۵ - Phenyl Propanoid

۶- Flavonoid

۷- Anthocyanins

۸- Non- Climacteric

۹- Verison

۱۰ - Chlorophyll

۱۱- Non-Destructive

۱۲- NIR Spectroscopy

۱۳- Root Mean Square Error of Prediction



هم اکنون در کشور ما تعیین شاخص‌های رسیدن و کیفیت انگور به روش‌های معمول و مخرب انجام می‌شود. هدف از انجام این پژوهش تدوین مدل‌های مناسب کالیبراسیون و پیش‌گویی خواص درونی (مواد جامد حل شدنی، اسید قابل تیتر، pH، فنل کل و آنتوسیانین عصاره) انگور رقم بیدانه قرمز بود.

مواد و روش‌ها

- تهیه نمونه

نمونه‌ها از ایستگاه تحقیقات انگور مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین تهیه و به سردخانه در دمای ۱°C منتقل شد. به منظور ایجاد تنوع در نمونه‌ها، خوشه‌ها از درختان مختلف بر اساس زمان مرسوم، برداشت گردیدند. هیچ آماده‌سازی روی نمونه‌ها انجام نشد که این امر از مزیت‌های طیف‌سنجی NIR است. هر نمونه خود شامل ده حبه مستقل بود که این نمونه‌های ده حبه‌ای از یک بخش یک خوشه انگور (بالا یا پایین) انتخاب شد. در حین جداسازی حبه‌ها از خوشه، محل اتصال دم حبه به خوشه حفظ شد تا در حین حمل و نقل کمترین آسیب به نمونه‌ها وارد شود. نمونه‌ها فاقد هر گونه آسیب شامل له‌شدگی، ترک و غیره بودند. تعداد نمونه‌ها شامل ۱۱۰ نمونه بود. قبل از طیف‌سنجی نمونه‌ها به مدت ۱۵ ساعت در دمای محیط قرار گرفته شد تا به آن‌ها اجازه داده شود تا به دمای محیط برسند.

- نحوه ثبت طیف از میوه

در این مطالعه از طیف‌سنج نوع فوتو دیودی^{۱۴} مدل EPP2000NIR (StellarNet, USA) استفاده شد. آشکار ساز این طیف‌سنج ایندیم-گالیم-آرسناید بوده و دامنه کاری آن ۱۷۰۰-۹۰۰ نانومتر است و قادر به ایجاد طیفی با وضوح ۱۰۲۴ نانومتر است. مد اندازه‌گیری مورد استفاده در این آزمایش مد برهمکنش بود. میانگین طیف‌های حاصل از هر ده حبه یک نمونه به عنوان طیف آن نمونه در نظر گرفته شد.

- آزمایش‌های مرجع

پس از طیف‌سنجی نمونه‌ها بلافاصله نسبت به اندازه‌گیری ویژگی‌های کیفی نمونه‌ها اقدام شد. درصد مواد جامد حل شدنی نمونه‌ها با استفاده از دو تا سه قطره از عصاره نمونه‌ها توسط رفاکتومتر دیجیتال مدل DBR-95 (MIC, Taiwan) بر حسب درجه بریکس با دوبار اندازه‌گیری تعیین شد. قبل از اندازه‌گیری TA، pH عصاره توسط pH متر مدل 744 pH Meter (Metrohm, UK) با دوبار اندازه‌گیری تعیین شد. به منظور اندازه‌گیری TA، از روش تیتراسیون



هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال استفاده گردید (Mitcham et al., 1996). اندازه گیری فنل کل بر اساس روش فولین سیوکالتیو^۱ انجام شد و برای سنجش میزان آنتوسیانین عصاره روش اختلاف pH بکار برده شد (Raja et al., 2014).

- تدوین مدل

پس از اتمام آزمون غیر مخرب (طیف‌سنجی) و اندازه گیری ویژگی‌های کیفی نمونه‌ها توسط روش‌های شیمیایی و مخرب، تدوین مدل‌های چند متغیره برازش برای استفاده از طیف‌های حاصل انجام شد. در این پژوهش از تکنیک خطی حداقل مربعات جزئی^۲ (PLS) برای ایجاد مدل بین طیف‌های حاصل و داده‌های به دست آمده از آزمایش‌های های مرجع (آزمایش‌های مخرب) استفاده شد. استفاده از تکنیک PLS در تدوین مدل کالیبراسیون در راستای کاهش تعداد متغیرهای طیفی به گونه‌ای است که داده‌ها به دستگاه مختصات جدید که محورهای آن مولفه‌های اصلی هستند، در جهت بیشینه شدن کواریانس^۳ بین ماتریس داده‌های طیفی و صفت مورد بررسی، برده می‌شوند (Wold et al., 2007).

به علت آن‌که داده‌های به دست آمده از طیف‌سنج علاوه بر اطلاعات نمونه دارای اطلاعات ناخواسته پس‌زمینه و نویز می‌باشند، قبل از تدوین مدل‌های کالیبراسیون، پیش‌پردازش داده‌های به دست آمده از طیف‌سنجی انجام گردید و سپس مدل‌های کالیبراسیون تدوین شدند. از آن‌جا که میزان جذب پرتو با غلظت رابطه مستقیم دارد ابتدا طیف‌های ذخیره شده برای هر نمونه توسط رابطه (۱) به طیف جذبی تبدیل شد (Chen and Nattuvetty, 1980).

$$A = \log T^{-1} \quad (1)$$

که در رابطه ۱، T میزان بازتاب و A میزان جذب است. قبل از اقدام به پیش‌پردازش داده‌ها، داده‌های پرت حاصل از طیف‌سنجی که ناشی از نمونه گیری نادرست، مشکلات فنی طیف‌سنج و غیره بودند توسط روش آنالیز مولفه‌های اصلی^۴ شناسایی و حذف شدند و در نهایت ۱۰۶ نمونه برای مدل‌سازی انتخاب شد. بهترین پیش‌پردازش برای این پژوهش توسط آزمودن ترکیب انواع پیش‌پردازش‌های کاهش نویز، هموارسازی و افزایش قدرت تفکیک طیف و بر اساس داشتن حداقل خطا در یشگویی به دست آمد. پیش‌پردازش دارای حداقل خطا برای این رقم در این پژوهش شامل ترکیب توزیع نرمال استاندارد^۵، فیلتر میانه^۶ و مشتق دوم^۷ روی طیف‌های جذبی بود. در این پژوهش از اعتبار

۱- Folin-Ciocaltiu

۲- Partial Least Square

۳- Covariance

۴- Principal Component Analysis

۵- Standard Normal Variate

۶- Median Filter

۷- Second Derivative



اعتبار سنجی متقاطع کامل (حذف تک نمونه)^۱ برای ارزیابی مدل‌های کالیبراسیون تدوین شده استفاده شد و مدل-های کالیبراسیون توسط ضریب همبستگی^۲ (r_{cv})، ریشه میانگین مربعات خطای اعتبار سنجی متقاطع نمونه‌های کالیبراسیون (RMSECV) و نسبت انحراف معیار به این خطا (SDR)^۳ که به ترتیب بر اساس روابط (۲)، (۳) و (۴) محاسبه می‌شوند ارزیابی شدند روش اعتبار سنجی متقاطع کامل زمانی که تعداد نمونه‌ها کم یا متوسط است مناسب‌ترین روش مدل‌سازی است (Nicolai et al., 2007).

$$RMSECV = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_p} (y_i - \hat{y}_i)^2}{n_p}} \quad (2)$$

$$r_{cv} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{n_p} (y_i - \hat{y}_i)^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n_p} (y_m - \hat{y}_i)^2}} \quad (3)$$

$$SDR = \frac{SD}{RMSECV} \quad (4)$$

که در این روابط:

RMSECV = ریشه میانگین مربعات خطای پیش‌بینی، y_i = مقدار اندازه‌گیری شده صفت مورد نظر، \hat{y}_i = مقدار پیش‌بینی شده صفت مورد نظر برای نمونه i هنگامی که مدل بدون نمونه i ساخته شده، n_p = تعداد نمونه دسته آزمون، y_m = میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده صفت، SD = انحراف معیار صفت مورد نظر در دسته آزمون و SDR = نسبت انحراف معیار.

SDR بین ۱/۵ و ۲ بیانگر این است که مدل توانایی تمییز دادن مقادیر پایین صفت مورد نظر را از مقادیر بالا دارد. مقدار بین ۲ و ۲/۵ برای این شاخص بیانگر آن است که صفت مورد نظر با دقت کمی پیش‌بینی می‌شود و در صورتیکه این شاخص بالای ۲/۵ باشد، بیان‌کننده دقت بالای مدل در پیش‌بینی صفت مورد نظر است (Nicolai et al., 2007). انتخاب مناسب تعداد مولفه‌ها یا متغیرهای نهان^۴ (LVs) برای تدوین مدل باید به گونه‌ای باشد که از کم-برازش و بیش‌برازش مدل جلوگیری کند. در این پژوهش تعداد LVs به گونه‌ای انتخاب گردید که دارای حداقل

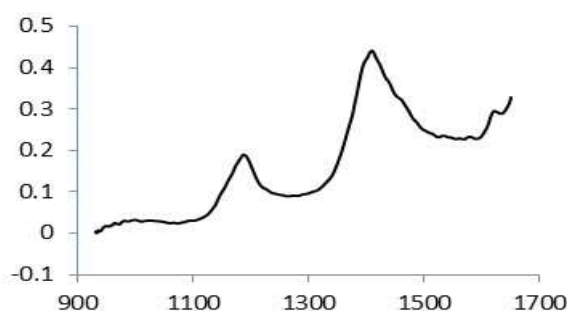
۱- Leave One-out Cross Validation
 ۲- Correlation Coefficient of Validation
 ۳- Standard Deviation Ratio
 ۴- Latent Variables



RMSECV و حداکثر r_{cv} و SDR بود. تمام عملیات مربوط به پیش‌پردازش طیف‌ها و تدوین مدل در این پژوهش توسط نرم‌افزار ParLeS_v3.1 انجام شد.

نتایج و بحث

شکل (۱) طیف جذبی یک نمونه را در محدوده ۹۳۰-۱۶۵۰ nm نشان می‌دهد (طول موج‌های ابتدایی و انتهایی به دلیل وجود نویز حذف شدند). طیف جذبی دارای یک پیک بسیار پهن اطراف ۹۷۰ nm وابسته به اورتون دوم OH، و پیک‌های مشخص دیگری وابسته به اورتون‌های دوم CH و اول OH به ترتیب در حدود ۱۱۹۰ nm و ۱۴۲۰ nm و همچنین یک پیک کوچک در حدود ۱۶۲۰ nm مربوط به اورتون اول CH بود (Cen and He, 2007).



شکل ۱- تصویر طیف جذبی حاصل از یک نمونه تصادفی انگور رقم بیدانه قرمز

در جدول ۱ نتایج پیش‌گویی مدل‌های PLS بر پایه ترکیب روش‌های پیش‌پردازش مشتق دوم به همراه فیلتر میانه و نرمال کردن طیف‌های جذبی حاصل از طیف‌سنجی با روش برهمکنش برای ویژگی‌های رسیدگی انگور رقم بیدانه قرمز آورده شده است. طیف‌سنجی فرورسرخ نزدیک به خوبی قادر به پیش‌بینی SSC ($RMSECV=0/666$), $r_{cv}=0/949$ و در درجه بعد pH ($RMSECV=0/144$, $r_{cv}=0/906$, $SDR=1/993$) این رقم انگور بود. نتایج یافته‌های تحقیقات اغلب پژوهشگران بر روی انگور حاکی از این مطلب است که SSC ارقام مختلف انگور توسط طیف‌سنجی فرورسرخ نزدیک با ضریب همبستگی $0/906$ و ریشه میانگین مربعات خطای پیش‌بینی $0/958$ (Cao et al., 2010)، ضریب همبستگی $0/883-0/964$ (Geraudie et al., 2010)، ضریب همبستگی $0/72$ و ریشه میانگین مربعات خطای پیش‌بینی $0/88$ (Guidetti et al., 2010) و ضریب همبستگی $0/860-0/883$ (Giovenzana et al., 2013) قابل پیش‌بینی است و یافته‌های پژوهش آن‌ها با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. نتایج این پژوهش همچنین نشان داد که اسید این رقم انگور با ضریب همبستگی $0/772$ ، ریشه میانگین مربعات خطای پیش‌بینی $0/045$ و نسبت انحراف معیار $1/60$ پیش‌بینی شد که با توجه به غلظت کم اسید در این رقم انگور قابل قبول به نظر می‌رسد (جدول ۱). سایر پژوهشگران میزان اسید انگور را توسط طیف‌سنجی فرورسرخ نزدیک با ضریب همبستگی



Fadock,) ۱/۴۵-۱/۸۹ و نسبت انحراف معیار ۰/۰۵۹-۰/۰۸۶ و ریشه میانگین مربعات خطای پیش‌بینی ۰/۷۴۴-۰/۷۶۲ (2011) و ضریب همبستگی ۰/۶۹۲-۰/۸۳۶ (Giovenzana et al., 2013) پیش‌بینی کردند. pH پیش‌بینی شده در این پژوهش از نتایج Cao et al. (2010) با ضریب همبستگی ۰/۹۷۸ و ریشه میانگین مربعات خطای پیش‌بینی ۰/۱۲۶ ضعیف‌تر و در محدوده پیش‌بینی (Fadock (2011) با ضریب همبستگی ۰/۷۵۸-۰/۹۱۰ و نسبت انحراف معیار ۲/۲۰-۱/۵۴ واقع بود. فنل کل با ضریب همبستگی ۰/۸۲۲، ریشه میانگین مربعات خطای پیش‌بینی ۲۴/۹۴۸ و نسبت انحراف معیار ۱/۷۱۸ پیش‌بینی گردید (جدول ۱) که از پیش‌بینی فنل توسط (Fadock (2011) با ضریب همبستگی ۰/۴۹۷-۰/۵۱۶ و نسبت انحراف معیار ۱/۱۰-۱/۲۲ بهتر بود. پیش‌بینی آنتوسیانین عصاره این رقم انگور توسط طیف‌سنجی فرورسرخ نزدیک ضعیف (ضریب همبستگی ۰/۶۶۲، ریشه میانگین مربعات خطای پیش‌بینی ۰/۲۲۴ و نسبت انحراف معیار ۱/۳۱۷) بود (جدول ۱). در پژوهشی که توسط (Fadock (2011) در زمینه پیش‌بینی آنتوسیانین عصاره انگور شراب با استفاده از طیف‌سنجی فرورسرخ نزدیک به عمل آمد دقت پیش‌بینی این صفت در انگور شراب دارای ضریب همبستگی ۰/۴۱۱-۰/۸۰۸ و نسبت انحراف معیار ۱/۱۶-۱/۷۸ بود. (Giovenzana et al. (2013) آنتوسیانین عصاره را با ضریب همبستگی ۰/۸۶ پیش‌بینی نمودند. تفاوت زیاد پیش‌بینی آنتوسیانین توسط این روش غیر تخریبی را می‌توان به تفاوت زیاد آنتوسیانین آب‌میوه در ارقام مختلف انگور نسبت داد. پیشنهاد می‌شود نتایج طیف‌سنجی به دلیل تفاوت در دامنه کاری طیف‌سنج‌ها و تفاوت تجهیزات، تغییر ویژگی‌های کیفی میوه‌ها به دلیل تغییر محیط و رقم، نوع پیش‌پردازش‌ها و غیره مقایسه نگردد (Nicolai et al., 2007).

جدول ۱- نتایج پیش‌گویی مدل‌ها بر اساس ترکیب روش‌های مختلف *SNV+MD+D2 برای پارامترهای کیفی انگور رقم

بیدانه قرمز

	LVs	RMSECV	r_{cv}	SDR
(SSC) ^o Brix	۷	۰/۶۶۶	۰/۹۴۹	۲/۸۳۸
TA (%)	۶	۰/۰۴۵	۰/۷۷۲	۱/۶۰۰
pH	۷	۰/۱۴۴	۰/۹۰۶	۱/۹۹۳
TP (mg/l)	۵	۲۴/۹۴۸	۰/۸۲۲	۱/۷۱۸
EA (mg/l)	۵	۰/۲۲۴	۰/۶۶۲	۱/۳۱۷

*SNV: توزیع نرمال استاندارد، MD: فیلتر میانه، D2: مشتق دوم و LVs: تعداد متغیرهای نهان

نتیجه‌گیری



نتایج به دست آمده از این پژوهش نشان داد که روش غیر مخرب طیف‌سنجی فرسرخ نزدیک دارای قابلیت بسیار بالا در ارزیابی مواد جامد حل شدنی انگور رقم بیدانه قرمز بوده و این صفت در صورت استفاده از ترکیب سه پیش‌پردازش فیلتر میانه، توزیع نرمال استاندارد و مشتق دوم با دقت بالا ($r_{cv}=0/949$ و $SDR=2/838$) قابل پیش‌بینی است. علاوه بر این pH این رقم انگور با دقت قابل قبولی ($r_{cv}=0/906$ و $SDR=1/993$) قابل پیش‌بینی است ولی آنتوسیانین عصاره انگور رقم بیدانه قرمز به دلیل غلظت کم توسط روش طیف‌سنجی فرسرخ نزدیک قابل پیش‌بینی نیست و نتایج اعتبار سنجی مدل‌ها حاکی از ضریب همبستگی و نسبت انحراف معیار پایین ($r_{cv}=0/662$)، $SDR=1/317$) برای پیش‌بینی این صفت بود. این روش قادر به تشخیص مقادیر بالای اسید قابل تیتر ($r_{cv}=0/772$) و فنل کل ($SDR=1/60$) و فنل کل ($r_{cv}=0/822$) از مقادیر پایین آن‌ها بود.

منابع

۱. ربیعی، و. ۱۳۸۲. بررسی واکنش‌های فیزیولوژیکی و مرفولوژیکی برخی ارقام انگور به تنش خشکی. رساله دکتری. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تهران.
۲. عبادی، ع. حدادی نژاد، م. ۱۳۹۳. فیزیولوژی، اصلاح و تولید انگور. انتشارات دانشگاه تهران. ۳۸۳ ص.
3. Bobelyn, E., Serban, A. S., Nicu, M., Lammertyn, J., Nicoli, B. M. & Saeys, W. 2010. Postharvest quality predicted by NIR-spectroscopy: Study of the effect of biological variability on spectra and model performance. *Postharvest Biology and Technology*. Vol. 55, 133-143.
4. Cao, F., Wu, D. & He, Y. 2010. Soluble solids content and pH prediction and varieties discrimination of grapes based on visible-near infrared spectroscopy. *Computers and Electronics in Agriculture*. Vol. 71, 15-18.
5. Cen, H. & He, Y. 2007. Theory and application of near infrared reflectance spectroscopy in determination of food quality. *Trends in Food science and Technology*. Vol. 18, 72-83.
6. Chen, P. & Nattuvetty, V. R. 1980. Light transmittance through a region of an intact fruit. *Transactions of the ASAE*. Vol. 23(2), 519-522.
7. Fadock, M. 2011. Non-destructive vis-NIR reflectance spectrometry for red wine grape analysis. M. A. Sc. Thesis. Faculty of Graduate Studies, University of Guelph, Ontario, Canada.
8. Geraudie, V., Roger, J. M., Ferrandis, J. L., Gialis, J. M., Barbe, P., Bellon Maurel, V. & Pellenc, R. 2009. A revolutionary device for predicting grape maturity based on NIR spectrometry. In: *Proceedings of the 8th Fruit, Nut and Vegetable Production Engineering Symposium*, 5-9 Jan., University of Concepción, Concepción, Chile. pp. 1-8.
9. Giovenzana, V., Beghi, R., Mena, A., Civelli, R., Guidetti, R., Best, S. & Leon G, L. F. 2013. Quick quality evaluation of Chilean grape by a portable vis/NIR device. *Acta Horticulture*. Vol. 978, 93-100.



10. Golic, M. & Walsh, K. B. 2006. Robustness of calibration models based on near infrared spectroscopy to the in-line grading of stone fruit for total soluble solids. *Analytica Chimica Acta*. Vol. 555, 286-291.
11. Guidetti, R., Beghi, R. & Bodria, L. 2010. Evaluation of grape quality parameters by a simple VIS/NIR system. *Transactions of the ASABE*. Vol. 53(2), 477-484.
12. 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*. Vol. 85, 64-69.
13. Kader, A. A. 1999. Fruit maturity, ripening and quality relationships. *Acta Horticulture*. 458, 203-208.
14. Lee, J., Durst, R. W. & Wrolstad, R. E. 2005. Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: collaborative study. *Journal of AOAC International*. Vol. 88(5), 1269-1287.
15. Lu, R. 2001. Predicting firmness and sugar content of sweet cherries using near-infrared diffuse reflectance spectroscopy. *Transactions of the ASAE*. Vol. 44(5), 1265-1271.
16. Mitcham, B., Cantwell, M. & Kader, A., 1996. Methods for determining quality of fresh commodities. *Perishable Handling Newsletter*. Vol. 85, 1-5.
17. Nicolai, B. M., Beullens, K., Bobelyn, E., Peirs, A., Saeys, W., Theron, K. I., Karen, I. T. & Lammertyn, J. 2007. Nondestructive measurement of fruit and vegetable quality by means of NIR spectroscopy: A review. *Postharvest Biology and Technology*. Vol. 46, 99-118.
18. Nicolai, B. M., Defraeye, T., Ketelaere, B. D., Herremans, E., Hertog, M. L., Saeys, W., Torricelli, A., Vandendriessche, T. & Verboven, P. 2014. Nondestructive measurement of fruit and vegetable quality. *Food Science Technology*. Vol. 5, 285- 312.
19. Raja, H. N., Dara, N. E., Hobaika, Z., Boussetta, N., Vorobiev, E., Maroun, R. G. & Louka, N. 2014. Extraction of total phenolic compounds, flavonoids, anthocyanins and tannins from grape byproducts by response surface methodology. Influence of solid-liquid ratio, particle size, time, temperature and solvent mixtures on the optimization process. *Food and Nutrition Sciences*. Vol. 5, 397- 409.
20. Wold, S., Sjostrom, M. & Erikson, L. 2007. PLS-regression: a basic tool of chemometrics. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*. Vol. 58, 109-130.28.



Prediction of some quality properties of grape fruit (cv. Bidaneh Ghermez) using non- destructive near infrared spectroscopy

Abstract

Various destructive and non-destructive methods are used to measure the maturity and internal quality parameters of fruits. Destructive methods often consume time and are costly. In this study, the ability of near infrared spectroscopy for prediction of the quality properties such as soluble solids content, titratable acid, pH, total phenol and extract anthocyanin of 'Bidaneh Ghermez' grape was evaluated. For this purpose, after the spectroscopy of ten berries samples in the range of 900-1700 nm, reference and chemical experiments were performed and calibration models were developed using pre-processed spectra and reference measurements. Preprocessing of data was done as combination of many preprocessing. The results of validation of the best models indicated that soluble solids content can be predicted with high accuracy ($R_{cv}= 0.949$, $SDR=2.838$) and pH can be predicted with acceptable accuracy ($R_{cv}= 0.906$, $SDR=1.993$) by near infrared. Titratable acid and total phenol were predicted with fair accuracy by r_{cv} equal to 0.772 and 0.822 and SDR equal to 1.60 and 1.718 respectively. Also, extract anthocyanin of 'Bidaneh Ghermez' grape was not predictable by using near infrared spectroscopy in this experiment.

Keywords: Grape, Near Infrared Spectroscopy, Quality