

## کیفیت‌سنجی غیر مخرب انگور رقم عسگری بر پایه طیف‌سنجی فرسرخ نزدیک

فرزاد آزادشهرکی<sup>۱\*</sup>، سیامک کلانتری<sup>۲</sup> و بهاره جمشیدی<sup>۳</sup>

۱ و ۳- استادیاران مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۲- دانشیار گروه باغبانی دانشگاه تهران؛ کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۹۵/۲/۷؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۵/۱۷

### چکیده

برای اندازه‌گیری ویژگی‌های کیفی میوه‌ها و سبزی‌ها از روش‌های مخرب و غیر مخرب متعددی استفاده می‌شود. روش‌های مخرب عمدتاً هزینه‌بر و وقت‌گیر هستند. در این پژوهش، برخی ویژگی‌های کیفی میوه انگور رقم عسگری شامل مواد جامد حل‌شدنی (SSC)، اسید قابل تیترکردن (TA)، pH، و فنل کل (TP) با طیف‌سنجی فرسرخ نزدیک (NIRS) اندازه‌گیری شدند. بدین منظور از ۱۱۰ نمونه در دامنه طیفی ۱۷۰۰-۹۰۰ نانومتر طیف‌سنجی شد و بلافاصله از روش‌های شیمیایی برای اندازه‌گیری ویژگی‌های کیفی انگور رقم عسگری استفاده گردید و پس از آن مدل‌های کالیبراسیون برای ارتباط بین داده‌های طیفی و داده‌های حاصل از روش‌های شیمیایی تدوین شدند. بهترین مدل‌های رگرسیون حداقل مربعات جزئی (PLS) دارای ریشه میانگین مربعات خطای پیش‌بینی (RMSEP) ۰/۵۸۰+ درجه بریکس، ۰/۰۲۰+ درصد، ۰/۱۲۵+ و ۲۳/۴۴۱ میلی‌گرم بر لیتر و ضریب همبستگی (r<sub>p</sub>) ۰/۹۲۷+، ۰/۸۰۶+، ۰/۸۹۸+ و ۰/۸۶۶+ به ترتیب برای SSC، TA، pH و TP بودند. مقایسه میانگین‌های پیش‌بینی شده با بهترین مدل‌های برازش و اندازه‌گیری شده با روش‌های مرجع برای هر صفت نشان می‌دهد که بین مقادیر اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده با بهترین مدل در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار وجود ندارد. نتایج این پژوهش همچنین نشان می‌دهد که NIRS می‌تواند روشی سریع برای اندازه‌گیری برخی ویژگی‌های کیفی درونی انگور رقم عسگری، حتی ویژگی‌هایی باشد که اندازه‌گیری آنها دشوار است.

### واژه‌های کلیدی

انگور، طیف‌سنجی فرسرخ نزدیک، غیرمخرب، کیفیت

### مقدمه

به روش‌های مخرب سریع‌تر و اقتصادی‌تر هستند (Nicolai et al., 2014).

استفاده از روش طیف‌سنجی فرسرخ نزدیک در بسیاری از زمینه‌ها از جمله در پزشکی، کشاورزی، نساجی، تولید لوازم آرایش و بهداشتی، و داروسازی کاملاً شناخته شده و رو به افزایش است. استفاده از این روش غیر مخرب همراه با تکنیک‌های شیمی‌سنجی<sup>۳</sup> (روش‌های پیشرفته آماری در طیف‌سنجی که با آن داده‌های مزاحم حذف و داده‌های اصلی حفظ می‌شوند) منجر به ایجاد ابزاری موثر

ارزیابی کیفیت و درجه‌بندی میوه‌ها و سبزی‌ها یکی از فعالیت‌های پس از برداشت است که با توجه به رشد تقاضا برای محصولات سالم و با کیفیت بهتر، مورد توجه زیادی قرار گرفته است. در دهه‌های اخیر روش‌های مختلفی برای ارزیابی میوه‌ها و سبزی‌ها به صورت غیر مخرب کاربرد پیدا کرده‌اند مانند بهره‌گیری از پرتو X و روش‌های نوری، فراصوت، طیف‌سنجی فرسرخ نزدیک<sup>۲</sup> (NIRS) و غیره. این فناوری‌های غیرمخرب بسیار مطلوب و نسبت

را قندها تشکیل می‌دهند یعنی بیشترین میزان قند بین سایر میوه‌های تازه. انگور غنی از ویتامین‌ها و مواد معدنی است. مقدار ویتامین‌های B<sub>1</sub>، B<sub>2</sub> و C انگور بالاست. از مهمترین مواد قندی موجود در حبه انگور تازه گلوکز، ساکارز، فروکتوز و دکستروز و از مهمترین اسیدهای آلی می‌توان تارتاریک، مالیک، سیتریک و فرمیک‌اسید را نام برد (Ebadi & Hadadinejad, 2014).

انگور نافر ازگرا<sup>۲</sup> است و به دلیل تغییر نکردن کیفیت میوه پس از برداشت، میزان رسیدگی آن تأثیر زیادی بر کیفیت میوه دارد. در انگور مرحله‌ای مشخص از نمو یا زمانی که بتوان میوه را رسیده در نظر گرفت وجود ندارد و تغییرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی نمو فرایندی کاملاً پیوسته است. در مراحل پایانی رشد انگور، حبه شروع به نرم شدن می‌کند و بزرگ می‌شود که این امر همراه با شروع رسیدگی انگور است. در زمان رسیدن انگور، مقدار قند آن سریعاً بالا می‌رود و مقدار اسید کاهش و در نتیجه pH افزایش می‌یابد. در این زمان، پوست حبه به علت از دست دادن کلروفیل و تجمع ترکیبات فنلی، تغییر رنگ می‌دهد و به دلیل تجمع فلاوونل<sup>۳</sup> زرد طلایی یا به دلیل تجمع آنتوسیانین قرمز و صورتی می‌شود. اندازه حبه انگور در زمان رسیدگی کامل بزرگ‌تر و سرعت افزایش قند در آن کم می‌شود. ویژگی‌های طعم و مواد معطر ابتدا در پوست حبه و در اواخر دوره رسیدن، در تمام حبه بهبود و توسعه می‌یابد (Coombe, 1992).

محققان برای اندازه‌گیری مواد جامد حل‌شدنی<sup>۴</sup> (SSC) میوه‌هایی مانند آلو (Golic & Walsh, 2006)، گوجه‌فرنگی (Shao et al., 2007)، سیب و گلابی (Bobelyn et al., 2010)، انگور (Guidetti et al., 2010) توت‌فرنگی (Sanchez et al., 2011)، موز (Jaiswal et al., 2012) و پرتقال (Jamshidi et al., 2012) به شکلی موفقیت‌آمیز از روش غیر مخرب طیف‌سنجی فروسرخ نزدیک<sup>۱</sup> استفاده کرده‌اند و در گزارش آنها ریشه میانگین

در تعیین ویژگی‌هایی متنوع در بسیاری از زمینه‌ها گردیده است که از مزایای آن نسبت به سایر روش‌های غیر مخرب می‌توان به سرعت، دقت، هزینه کم، اندازه‌گیری چندین صفت در یک‌بار آزمایش، و بی‌نیاز از آماده‌سازی خاص اشاره کرد (Teye et al., 2013). با پیشرفت‌های اخیر در NIRS و روش‌های شیمی‌سنجی<sup>۱</sup> و ساخت اسپکترومترهای قابل حمل، این امکان فراهم آمده است تا بتوان با تعیین شاخص‌های رسیدگی محصول در مراحل مختلف در مزرعه به صورت غیر مخرب و در تعداد زیاد نمونه، زمان برداشت به موقع محصول را بهتر پیش‌بینی کرد. سرعت و دقت این روش در تعیین شاخص‌های کیفی انواع سبزی و میوه در تعداد نمونه زیاد باعث گردیده تا در بسیاری از سیستم‌های درجه‌بندی و کنترل کیفیت میوه و سبزی از این روش استفاده شود (Nicolai et al., 2014).

انگور یکی از مهمترین میوه‌هایی است که کشت و کار می‌شده و برخی از کارشناسان معتقدند که از آن حتی قبل از غلات استفاده می‌شده است. این گیاه بومی مناطق مدیترانه‌ای بین شمال اسپانیا تا جنوب آلمان در مرکز اروپا و غرب و شمال ایران در جنوب آسیاست. منشأ انگورهای قدیم، منطقه‌ای بین دریای سیاه و دریای مازندران است. میوه‌های انگور وحشی را انسان برای هزاران سال برای مصارف دارویی و غذایی استفاده می‌کرده است. اهلی کردن این گیاه به ۳۵۰۰-۳۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح بر می‌گردد (Tafazoli et al., 1993). انگور میوه‌ای است بسیار قابل هضم، خواص درمانی زیادی دارد و خصوصاً ملین و مدر است. مصرف این میوه در کمک به سهولت هضم غذا، کاهش سطح کلسترول خون، از بین بردن اسیداوریک، مبارزه با سوء هاضمه و سنگ دستگاه ادراری و مجاری صفراوی بسیار مفید است. آب آن خواص مفیدی برای نرمی و لطافت پوست دارد. ترکیب اصلی میوه رسیده انگور آب است که ۸۵-۷۵ درصد وزن حبه را شامل می‌شود. از ۱۵ تا ۲۵ درصد محتویات حبه‌ها

1- Chemometrics

2- Non- Climacteric

3- Flavonol

4- Soluble Solids Content

5- Near Infrared Spectroscopy

فتودیودی<sup>۳</sup> مدل EPP2000NIR، ساخت شرکت StellarNet آمریکا بود. دامنه آشکارسازی طیف در این طیف‌سنج ۹۰۰-۱۷۰۰ نانومتر، وضوح طیف‌های ایجاد شده ۱۰۲۴ پیکسل، و آشکارساز آن ایندیم-گالیم-آرسناید است. در این آزمایش، از مد برهمکنش (تقابل<sup>۴</sup>) برای ثبت طیف از میوه استفاده شد.

### آزمایش‌های مرجع

پس از اتمام طیف‌سنجی، طول و قطر حبه‌های هر نمونه اندازه‌گیری و میانگین گرفته شد. پس از آن، نمونه‌ها با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ توزین و بلافاصله عصاره‌گیری شدند؛ ویژگی‌های کیفی نمونه‌ها با روش‌های معمول اندازه‌گیری شد.

مواد جامد حل‌شدنی، SSC، با استفاده از رفاکتومتر دیجیتالی مدل DBR-95 (MIC, Taiwan) دارای دقت ۰/۰۱ بر حسب درجه بریکس و pH عصاره نمونه‌ها با استفاده از pH متر مدل 744 pH Meter (Metrohm, UK) اندازه‌گیری شد. اسید قابل تیترکردن، TA، با استفاده از روش تیتراسیون با هیدروکسید سدیم، بر حسب درصد (Mitchem *et al.*, 1996) و فنل کل با استفاده از روش فولین سیو کالتیو بر حسب میلی‌گرم بر لیتر اندازه‌گیری شد (Raja *et al.*, 2014).

### تدوین مدل

پس از ثبت طیف از میوه‌ها، در ابتدا داده‌های پرت ناشی از نمونه‌گیری نادرست، مشکلات فنی و غیره با روش آنالیز مؤلفه‌های اصلی<sup>۵</sup> (PCA) شناسایی و حذف شدند. به این منظور، نقطه‌های بیرون از محدوده نرمال پراکندگی در نمودار امتیازهای PCA، داده‌های پرت در نظر گرفته شدند (Nicolai *et al.*, 2007). سرانجام، ۱۰۷ نمونه برای تدوین مدل‌های چند متغیره برازش انتخاب شد.

مربعات خطای پیش‌بینی<sup>۱</sup> کمتر از یک درجه بریکس و ضریب همبستگی پیش‌بینی بیشتر از ۰/۸۵ آمده است. در زمینه اندازه‌گیری اسید، و نیز سایر صفات کیفی که اندازه‌گیری آنها دشوار است، تحقیقات اندک است. در حال حاضر برای تعیین ویژگی‌های مربوط به کیفیت و رسیدن انگور در ایران از روش‌های معمول و مخرب استفاده می‌شود و همان‌طور که اشاره شد این روش‌ها غالباً وقت‌گیر و پرهزینه‌اند و برای تعداد زیاد نمونه در مزرعه کاربرد ندارند (Rahemi, 2010). این پژوهش با هدف بررسی قابلیت روشی غیر مخرب و سریع برای ارزیابی ویژگی‌های کیفی درونی (مواد جامد حل‌شدنی، اسید قابل تیترکردن<sup>۲</sup> (TA)، pH و فنل کل (TP) انگور رقم عسگری (یکی از ارقام مهم انگور بومی کشور) اجرا شد.

### مواد و روش‌ها

#### تهیه نمونه و نحوه ثبت طیف از میوه

خوشه‌های انگور از ایستگاه تحقیقات انگور وابسته به مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین واقع در شهرستان تاکستان تهیه و در دمای یک درجه سلسیوس نگهداری شدند. خوشه‌ها در زمان مرسوم و از تاک‌های مختلف برداشت گردیدند تا در ویژگی‌های کیفی نمونه‌ها تنوع بیشتری ایجاد شود. هیچ‌گونه آماده‌سازی روی خوشه‌ها انجام نشد که این امر از مزایای طیف‌سنجی فرورسرخ نزدیک است. برای هر نمونه، ۱۰ حبه از بالا یا پایین یک خوشه انتخاب شد. برای طیف‌سنجی در مجموع ۱۱۰ نمونه تهیه شد که حبه‌هایشان ترک و آسیب‌دیدگی نداشت و محل اتصال حبه‌ها به خوشه کاملاً حفظ شده بود. قبل از طیف‌سنجی، نمونه‌ها به مدت ۱۵ ساعت در دمای محیط قرار داده شدند تا اثر دمای میوه بر طیف‌سنجی به حداقل برسد.

طیف‌سنج مورد استفاده در این آزمایش از نوع

1- Root Mean Square Error of Prediction  
3- Photo Diode Array  
5- Principal Component Analysis

2- Titratable Acid  
4- Intractance Mode

می‌گردد اطلاعات کمتری از طیف نادیده گرفته شود (Moghim *et al.*, 2010). توزیع نرمال استاندارد قادر به نرمال کردن داده‌های طیفی است و می‌تواند اثر تغییر فاصله بین آشکارساز و نمونه و اندازه نمونه را تصحیح کند. در این روش پیش‌پردازش معمولاً تمامی داده‌ها در مقیاس مشابه بیان می‌شوند (Fu *et al.*, 2007). مشتق‌گیری یکی دیگر از روش‌های پیش‌پردازش است که بعد از هموارسازی طیف‌ها برای افزایش قدرت تفکیکی طیف به کار می‌رود. با هر بار مشتق‌گیری از طیف (افزایش درجه مشتق)، احتمال ایجاد پیک‌های تیز بیشتر می‌شود و به همین علت مشتق دوم (D<sub>2</sub>) نسبت به مشتق اول (D<sub>1</sub>) قدرت تفکیک طیفی بهتری دارد. باید توجه داشت که افزایش درجه مشتق نباید منجر به کاهش نسبت سیگنال به نویز شود (Moghim *et al.*, 2010).

در این پژوهش، از تکنیک خطی حداقل مربعات جزئی<sup>۵</sup> (PLS) برای ایجاد مدل بین طیف‌های حاصل و داده‌های به‌دست آمده از آزمایش‌های 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 کوواریانس<sup>۶</sup> بین ماتریس داده‌های طیفی و صفت مورد بررسی، برده می‌شوند (Wold *et al.*, 2007).

برای ارزیابی مدل‌های کالیبراسیون تدوین شده، از اعتبارسنجی متقاطع کامل (حذف تک نمونه)<sup>۷</sup> استفاده شد و مدل‌های کالیبراسیون با ضریب همبستگی<sup>۸</sup> (r<sub>cv</sub>) و ریشه میانگین مربعات خطای اعتبارسنجی متقاطع<sup>۹</sup> (RMSECV) ارزیابی شد. در روش اعتبارسنجی متقاطع کامل، یک نمونه از مجموعه نمونه‌ها خارج و از بقیه نمونه‌ها برای ساختن مدل کالیبراسیون استفاده می‌شود،

با توجه به اینکه میزان جذب پرتو با غلظت ماده مورد نظر (ویژگی‌های کیفی مورد بررسی در این آزمایش) رابطه مستقیم دارد، پس از حذف داده‌های پرت، طیف‌های انگور به‌دست آمده از طیف‌سنجی توسط مد برهم‌کنش توسط رابطه<sup>۱</sup> (قانون بیر - لامبرت<sup>۱</sup>) به طیف‌های جذبی تبدیل شدند.

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

که در آن،

$T$  = میزان بازتاب؛ و  $A$  = میزان جذب (Chen & Nattuvelty, 1980).

پس از تبدیل طیف‌های خام به طیف‌های جذبی، با توجه به اینکه در طیف‌ها علاوه بر اطلاعات نمونه اطلاعات ناخواسته‌ای مانند نویزها و اطلاعات پس‌زمینه نیز وجود دارد، طیف‌های جذبی به‌دست‌آمده پیش‌پردازش و پس از آن مدل‌های کالیبراسیون تدوین شدند.

با آزمودن ترکیب انواع روش‌های پیش‌پردازش کاهش نویز، هموارسازی و مشتق‌گیری، از ترکیب پیش‌پردازش‌های توزیع نرمال استاندارد<sup>۲</sup> (SNV)، فیلتر میانه<sup>۳</sup> (MF) و مشتق اول و مشتق دوم<sup>۴</sup> (D<sub>1</sub> و D<sub>2</sub>) روی طیف‌های جذبی استفاده شد.

فیلتر میانه یکی از رایج‌ترین روش‌های هموارسازی در طیف است که در آن هر نقطه طیف با میانگین همسایگی از آن جایگزین می‌شود. روش کار در این فیلتر به این صورت است که کل همسایگی‌ها را به‌صورت صعودی مرتب می‌کند و عنصر وسط اعداد مرتب شده (یا میانگین دو عنصر وسط در صورت زوج بودن عرض پنجره فیلتر) را انتخاب و جایگزین نقطه‌های همسایگی می‌کند. تعداد نقطه‌های همسایگی به عرض پنجره فیلتر بستگی دارد و به‌نحوی انتخاب می‌شود تا در عین حال که منجر به افزایش دقت پیش‌بینی در آزمایش‌های طیف‌سنجی

1- Beer-Lambert Law

3- Median Filter

5- Partial Least Square

7- Leave One -out Cross Validation

9- Root Mean Square Error of Cross Validation

2- Standard Normal Variate

4- First and Second Derivative

6- Covariance

8- Correlation Coefficient of Validation

تعداد مولفه‌ها یا متغیرهای نهان<sup>۱</sup> (LVs) برای تدوین مدل باید به گونه‌ای مناسب انتخاب شود تا از کم‌برازش و بیش‌برازش مدل جلوگیری کند. در این پژوهش، تعداد متغیرهای نهان (LVs) و نوع پیش‌پردازش به‌گونه‌ای انتخاب گردید که دارای حداقل RMSECV و حداکثر  $r_{cv}$  و SDR بود (Viscarra-Rossel, 2008).

برای مقایسه میانگین‌های داده‌های پیش‌بینی شده توسط بهترین مدل و داده‌های واقعی (اندازه‌گیری شده با روش‌های مرجع) در سطح احتمال پنج درصد برای ۲۸ نمونه مستقل، از آزمون t جفت شده نیز استفاده گردید. برای تمام عملیات پیش‌پردازش طیف‌ها و تدوین مدل در این پژوهش از نرم‌افزار ParLeS\_v3.1 و برای آزمون t از نرم‌افزار SPSS19 استفاده شد.

### نتایج و بحث

داده‌های آماری ویژگی‌های کیفی مورد بررسی در این پژوهش (TP و TA، pH، SSC) و ویژگی‌های ریخت‌شناختی (طول حبه، قطر حبه، و وزن تر برای ۱۰ حبه) برای انگور رقم عسگری در دسته اعتبارسنجی متقابل و دسته پیش‌بینی در جدول ۱ آورده شده است. جدول نشان می‌دهد که حبه‌ها از نظر ریخت‌شناسی متنوع‌اند و طول و قطر حبه‌ها در مجموع در دامنه ۹۹/۸۶-۱۲/۱۷ و ۱۴/۶۸-۱۰/۰۳ میلی‌متر قرار دارند. وزن تر حبه‌ها در مجموع در دامنه ۲۱/۵۰-۱۱/۵۶ گرم برای ۱۰ حبه قرار دارد. مواد جامد حل‌شدنی (SSC) بین ۰/۳۲-۰/۴۸ درجه بریکس و TA بین ۰/۴۸-۰/۳۲ درصد واقع است. دامنه تغییرات و انحراف معیار SSC و TA نشان می‌دهد که میزان TA و تنوع آن نسبت به SSC پایین است که این امر در انگور طبیعی است. pH در مجموع در دامنه ۳/۳۸-۴/۷۶ و فنل کل با میانگین ۴۰۶/۱۰ میلی‌گرم در لیتر در دسته اعتبارسنجی و میانگین ۴۱۱/۵۸ میلی‌گرم در لیتر در دسته آزمون در

سپس با استفاده از مدل به‌دست آمده ویژگی مورد نظر برای تک نمونه خارج شده پیش‌بینی و میزان خطا محاسبه می‌شود. این عمل برای تمامی نمونه‌ها انجام و ریشه میانگین مربعات خطای اعتبارسنجی متقاطع برای اعتبارسنجی مدل‌ها محاسبه می‌گردد (Nicolai *et al.*, 2007). برای ارزیابی بهترین مدل‌های برازش با نمونه‌های مستقل، در سال بعد این مدل‌ها با استفاده از ۲۸ نمونه ده حبه‌ای با ضریب همبستگی پیش‌بینی ( $r_p$ ) و ریشه میانگین مربعات خطای پیش‌بینی (RMSEP) ارزیابی شدند. گفتنی است که در صورت ارزیابی مدل‌ها با نمونه‌های مستقل، معمولاً ۲۵-۲۰ درصد کل نمونه‌ها به ارزیابی مدل اختصاص داده می‌شود. RMSECV یا RMSEP بر اساس رابطه ۲ محاسبه شدند (Nicolai *et al.*, 2007).

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

که در آن،

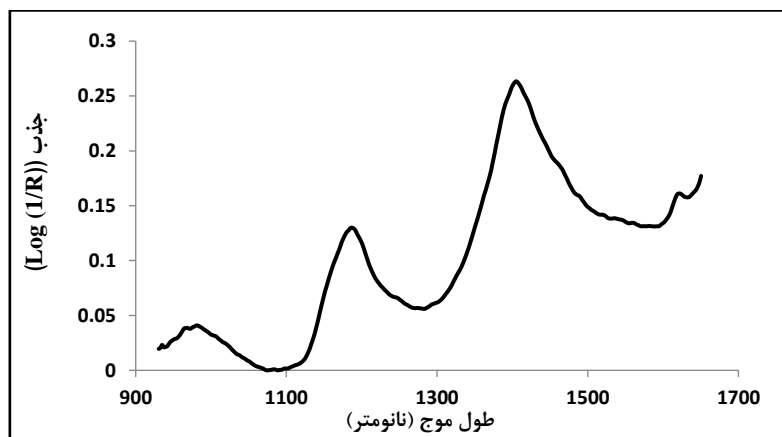
$y_i$  = مقدار اندازه‌گیری شده صفت مورد نظر؛  
 $\hat{y}_i$  = مقدار پیش‌بینی شده صفت مورد نظر برای نمونه  $i$ ؛ و  
 $n_p$  = تعداد نمونه دسته آزمون.

مدل‌های برازش همچنین توسط نسبت انحراف معیار صفت مورد بررسی به RMSECV یا RMSEP (شاخص SDR) ارزیابی شدند. اگر شاخص SDR برای یک صفت کمتر از ۱/۵ باشد، مدل قادر به پیشگویی آن صفت نیست (دقت ضعیف است) و اگر این شاخص بین ۱/۵ و ۲/۵ باشد، مقادیر بالای صفت مورد بررسی از مقادیر پایین آن قابل تمیز هستند (دقت متوسط است). مقدار شاخص بین ۲ و ۲/۵ برای شاخص SDR نشان‌دهنده پیش‌بینی صفت مورد نظر با دقت قابل قبول و بیش از ۲/۵ برای این شاخص بیان‌کننده دقت بالای مدل برای پیش‌بینی صفت مورد نظر است (Nicolai *et al.*, 2007).

مجموع در دامنه ۲۴/۴۵-۲۹۷/۴۵ میلی‌گرم در لیتر قرار دارد. در شکل ۱ میانگین طیف جذبی حاصل از طیف‌سنجی توسط مد برهم‌کنش برای ۱۰۷ نمونه در محدوده ۱۶۵۰-۹۳۰ نانومتر آورده شده است (به‌دلیل وجود نویز در طول موج‌های ابتدایی و انتهایی، این طول موج‌ها حذف شدند). در طیف جذبی میانگین، یک پیک بسیار پهن اطراف طول موج ۹۷۰ نانومتر، مربوط به اورتون دوم OH و پیک‌های برجسته دیگری در حدود طول موج‌های ۱۱۹۰ نانومتر و ۱۴۲۰ نانومتر مربوط به اورتون‌های دوم CH و اول OH دیده می‌شود. همچنین، طیف جذبی میانگین یک پیک کوچک در اطراف ۱۶۲۰ نانومتر دارد که می‌تواند مربوط به اورتون اول CH باشد (Cen & He, 2007).

جدول ۱- داده‌های آماری کیفیت و ویژگی‌های ریخت‌شناختی انگور رقم عسگری پس از حذف داده‌های پرت برای دسته اعتبارسنجی متقابل و دسته پیش‌بینی

دسته پیش‌بینی (۲۸ نمونه)				دسته اعتبارسنجی متقابل (۱۰۷ نمونه)				ویژگی‌های ریخت‌شناختی و کیفی درونی
انحراف معیار	میانگین	بیشینه	کمینه	انحراف معیار	میانگین	بیشینه	کمینه	
۰/۸۵	۱۶/۰۱	۱۷/۸۶	۱۳/۰۱	۰/۸۲	۱۵/۸۳	۱۷/۵۶	۱۲/۹۹	طول حبه (میلی‌متر)
۰/۷۸	۱۲/۴۷	۱۴/۶۸	۱۱/۰۲	۰/۷۲	۱۲/۲۴	۱۴/۴۳	۱۰/۰۳	قطر حبه (میلی‌متر)
۱/۸۳	۱۸/۳۲	۲۱/۵۰	۱۲/۱۱	۱/۷۶	۱۷/۳۱	۲۱/۰۰	۱۱/۵۶	وزن تر (گرم در ۱۰ حبه)
۱/۵۷	۱۹/۹۳	۲۳/۸۷	۱۶/۸۶	۱/۳۷	۲۰/۰۸	۲۴/۵۸	۱۷/۳۲	مواد جامد حل‌شدنی (°Brix)
۰/۰۳	۰/۴۲	۰/۴۸	۰/۳۷	۰/۰۳	۰/۴۱	۰/۴۸	۰/۳۲	اسید قابل تیترکردن (درصد)
۰/۲۸	۳/۹۰	۴/۷۰	۳/۵۶	۰/۲۸	۳/۹۱	۴/۷۶	۳/۳۸	pH
۴۵/۷۹	۴۱۱/۵۸	۵۴۱/۲۰	۳۲۹/۰۶	۴۲/۴۴	۴۰۶/۱۰	۵۴۱/۲۴	۲۹۷/۴۵	فنل کل (میلی‌گرم بر لیتر)



شکل ۱- تصویر میانگین طیف جذبی حاصل از طیف‌سنجی با مد برهم‌کنش برای انگور رقم عسگری

پیش‌پردازش و مدل‌های PLS توانایی پیش‌بینی صفات مربوط به کیفیت انگور رقم عسگری را دارا است. مدل‌های PLS، SSC را بهتر از سایر صفات مربوط به رسیدگی پیش‌بینی کردند. طیف‌های جذبی خام بدون اعمال پیش‌پردازش و فیلتر میانه به جز pH، قادر به

نتایج اعتبارسنجی مدل‌های PLS همراه با ترکیب روش‌های پیش‌پردازش برای TA، SSC، pH و TP در جدول ۲ و نتایج اعتبارسنجی بهترین مدل‌های برازش برای نمونه‌های پیش‌بینی برای این صفات در جدول ۳ آورده شده است. نتایج نشان داد ترکیب روش‌های

سیگنال به نویز شده است. تعداد بهینه LVs برای بهترین مدل برابر ۷ است. نمودار مقادیر پیش‌بینی شده با مدل بهینه در برابر مقادیر اندازه‌گیری شده SSC انگور رقم عسگری برای نمونه‌های پیش‌بینی در شکل ۲- الف آورده شده است. نتایج یافته‌های سایر محققان نشان می‌دهد که SSC ارقام مختلف انگور با طیف‌سنجی فرسوخ نزدیک با Herrera *et al.*, ) RMSEP= ۱/۰۶۰ و  $r_p = ۰/۹۷۰$  (2003)  $r_{cv} = ۰/۰-۸۳۷/۸۶۶$ , (Arana *et al.*, 2005)  $r_p = ۰/۹۰۶$ ، (Larraín *et al.*, 2008)  $r_{cv} = ۰/۹۳۵ - ۰/۹۶۴$  = و  $r_p = ۰/۷۲۰$ ، (Cao *et al.*, 2010) RMSEP= ۰/۹۵۸ و  $r_{cv} = ۰/۰-۶۳۰/۶۵۰$ ، (Guidetti *et al.*, 2010) RMSEP= ۱/۴۸۰ و  $r_p = ۰/۰-۹۱۴/۹۵۱$ ، (Fadock, 2011) SDR = ۲/۳-۵۴۰/۱۱۰ و  $r_{cv} = ۰/۸۶۰ - ۰/۸۸۳$  (Giovenzana *et al.*, 2013) قابل پیش‌بینی است.

پیش‌بینی هیچ‌کدام از صفات کیفی درونی انگور عسگری نبودند. مقایسه شاخص‌های ارزیابی بهترین مدل‌های برآزش در روش اعتبارسنجی متقابل و اعتبارسنجی با نمونه‌های مستقل نشان از نزدیکی RMSEP به RMSECV،  $r_p$  به  $r_{cv}$  و SDRP به SDRCV برای تمامی ویژگی‌های کیفی مورد بررسی دارد.

نتایج رگرسیون PLS برای SSC نشان می‌دهد که SNV،  $MF+SNV+D_1$  و  $MF+SNV+D_2$  قادر به پیش‌بینی SSC هستند. نتایج همچنین نشان می‌دهد که استفاده از مشتق دوم ( $D_2$ ) در ترکیب با MF و SNV دارای دقت بیشتری (RMSECV = ۰/۴۸۴،  $r_{cv} = ۰/۹۴۹$ ،  $r_p = ۰/۹۲۷$ ، SDRCV = ۲/۸۲۲، SDRP = ۲/۷۰۷) نسبت به مشتق اول ( $D_1$ ) در ترکیب با MF و SNV برای پیش‌بینی SSC است (جدول‌های ۲ و ۳). استفاده از  $D_2$  به جای  $D_1$  منجر به افزایش نسبت

جدول ۲- نتایج اعتبارسنجی متقاطع مدل‌های PLS بر پایه ترکیب روش‌های مختلف پیش‌پردازش برای پیش‌بینی برخی ویژگی‌های کیفی درونی انگور رقم عسگری

SDR	$r_{cv}$	RMSECV	LVs بهینه	پیش‌پردازش	ویژگی کیفی درونی
۱/۴۴۵	۰/۷۷۸	۰/۹۳۹	۱۳	بدون پیش‌پردازش	مواد جامد حل شدنی (°Brix)
۱/۴۴۴	۰/۷۷۷	۰/۹۴۶	۱۳	MF	
۲/۰۹۸	۰/۸۷۹	۰/۶۵۱	۱۵	SNV	
۲/۳۹۲	۰/۹۰۸	۰/۵۷۱	۶	$MF+SNV+D_1$	
۲/۸۲۲	۰/۹۴۹	۰/۴۸۴	۷	$MF+SNV+D_2$	اسید قابل تیترکردن (درصد)
۱/۱۱۱	۰/۵۹۸	۰/۰۲۷	۱۰	بدون پیش‌پردازش	
۱/۱۱۱	۰/۵۶۰	۰/۰۲۷	۶	MF	
۱/۵۰۰	۰/۷۴۸	۰/۰۲۰	۷	SNV	
۱/۵۷۹	۰/۷۶۶	۰/۰۱۹	۴	$MF+SNV+D_1$	pH
۱/۶۶۷	۰/۸۳۷	۰/۰۱۸	۶	$MF+SNV+D_2$	
۱/۶۰۹	۰/۸۱۵	۰/۱۷۴	۱۲	بدون پیش‌پردازش	
۱/۶۰۰	۰/۸۱۸	۰/۱۷۵	۱۲	MF	
۲/۰۷۴	۰/۸۷۷	۰/۱۳۵	۱۱	SNV	فنل کل (میلی گرم بر لیتر)
۲/۱۷۱	۰/۸۹۳	۰/۱۲۹	۸	$MF+SNV+D_1$	
۲/۰۰	۰/۹۰۹	۰/۱۴۰	۶	$MF+SNV+D_2$	
۱/۴۲۶	۰/۷۴۸	۲۹/۷۶۷	۱۲	بدون پیش‌پردازش	
۱/۴۱۰	۰/۷۵۰	۳۰/۱۴۷	۱۵	MF	فنل کل (میلی گرم بر لیتر)
۱/۶۹۳	۰/۸۱۱	۲۵/۰۶۳	۱۲	SNV	
۱/۷۹۹	۰/۸۳۱	۳۵/۹۲۰	۶	$MF+SNV+D_1$	
۱/۹۵۸	۰/۸۶۱	۲۱/۶۷۹	۶	$MF+SNV+D_2$	

اندازه‌گیری شده pH انگور رقم عسگری برای نمونه‌های پیش‌بینی در شکل ۲- ج آورده شده است. pH پیش‌بینی شده در این پژوهش از نتایج تحقیقات کائو و همکاران (Cao *et al.*, 2010) با  $r_p = 0/978$  و  $RMSEP = 0/126$  ضعیف‌تر و در محدوده پیش‌بینی فادوک (Fadock, 2011) با  $r_p = 0/910 - 0/758$  و نسبت انحراف معیار  $1/540 - 2/200$  است.

در مورد فنل کل، مانند سایر صفات مورد بررسی در این پژوهش، پیش‌پردازش SNV باعث بهتر شدن دقت مدل‌های برازش در مقایسه با طیف جذبی و پیش‌پردازش فیلتر میانه شده است. بهترین مدل برازش با استفاده از پیش‌پردازش  $MF+SNV+D_2$  با  $LVs = 6$  دارای  $RMSEP = 23/441$ ،  $r_{cv} = 0/861$ ،  $RMSECV = 21/679$  و  $r_p = 0/866$  SDRP و SDRCV بسیار نزدیک به هم (به ترتیب برابر  $1/958$  و  $1/953$ ) است (جدول‌های ۲ و ۳). TP پیش‌بینی شده توسط طیف‌سنجی NIR در این پژوهش از TP پیش‌بینی شده توسط فادوک (Fadock, 2011) با  $r_p = 0/497 - 0/516$  و  $SDR = 1/100 - 1/220$  و TP پیش‌بینی شده توسط گویدتی و همکاران (Guidetti *et al.*, 2010) با  $r_p = 0/730$  بهتر است. به دلیل رضایت‌بخش بودن نتایج طیف‌سنجی NIR در پیش‌بینی فنل کل (SDR نزدیک به ۲) انگور رقم عسگری و زمان‌بر بودن اندازه‌گیری فنل کل در روش مخرب و معمول، استفاده از طیف‌سنجی فرورسرخ نزدیک در اندازه‌گیری فنل کل این رقم انگور می‌تواند مورد توجه قرار گیرد.

مقایسه میانگین‌ها بین مقادیر پیش‌بینی شده با بهترین مدل و مقادیر اندازه‌گیری شده با روش‌های مرجع برای نمونه‌های مستقل برای هر صفت، در جدول ۴ آورده شده است. مقایسه میانگین‌ها بین ویژگی‌های کیفی درونی پیش‌بینی شده با طیف‌سنجی فرورسرخ نزدیک و اندازه‌گیری شده با روش‌های مخرب با استفاده از آزمون  $t$  جفت شده نشان می‌دهد که در انگور رقم عسگری در

در خصوص پیش‌بینی TA، مانند پیش‌بینی SSC، پیش‌پردازش SNV نتایج مدل‌های PLS را تحت تأثیر قرار داده است. بهترین پیش‌پردازش برای پیش‌بینی TA پیش‌پردازش ترکیبی  $MF+SNV+D_2$  با دقت متوسط  $RMSECV = 0/18$ ،  $r_{cv} = 0/837$ ،  $SDRCV = 1/667$  و  $RMSEP = 0/20$  است (SDRP =  $1/500$ ،  $r_p = 0/806$ ) ولی نتایج پیش‌بینی بهترین مدل ( $LVs = 6$ ) بسیار ضعیف‌تر از نتایج پیش‌بینی بهترین مدل برای SSC است (جدول‌های ۲ و ۳). غلظت TA در انگور به میزانی چشم‌گیر از غلظت SSC کمتر است و احتمالاً آنقدر زیاد نیست که بتواند طیف NIR را چندان تحت تأثیر قرار دهد. بهترین مدل برای پیش‌بینی TA تنها قادر به تشخیص مقادیر پایین این صفت از مقادیر بالای آن است. یافته‌های دیگر محققان در پیش‌بینی TA انگور با طیف‌سنجی NIR نشان می‌دهد که این صفت با  $r_p = 0/744 - 0/762$  و  $SDR = 1/450 - 1/890$  و  $RMSEP = 0/059 - 0/086$  (Fadock, 2011) و  $r_p = 0/692 - 0/836$  (Giovenzana *et al.*, 2013) قابل پیش‌بینی است. نمودار مقادیر پیش‌بینی شده با مدل بهینه در برابر مقادیر اندازه‌گیری شده TA انگور رقم عسگری برای نمونه‌های پیش‌بینی در شکل ۲- ب آورده شده است.

بهترین پیش‌پردازش ترکیبی برای پیش‌بینی pH پیش‌پردازش  $MF+SNV+D_1$  ( $RMSECV = 0/129$ )،  $RMSEP = 0/125$ ،  $SDRCV = 2/171$ ،  $r_{cv} = 0/893$  و  $r_p = 0/898$  SDRP =  $2/216$  و  $LVs = 8$ ) بوده است (جدول‌های ۲ و ۳). استفاده از مشتق دوم در ترکیب با SNV و MF، به جای مشتق اول، به افزایش دقت مدل در پیش‌بینی pH نینجامیده است که می‌تواند ناشی از کاهش نسبت سیگنال به نویز باشد. جدول ۲ نشان می‌دهد که طیف جذبی خام و تمامی پیش‌پردازش‌های مورد استفاده در این تحقیق توان پیش‌بینی pH را دارند. نمودار مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل بهینه در برابر مقادیر



کیفیت‌سنجی غیر مخرب انگور رقم عسگری...

هیچ‌یک از صفات بین مقادیر پیش‌بینی شده با بهترین مدل برازش و مقادیر اندازه‌گیری شده با روش مخرب ندارد. اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد وجود ندارد.

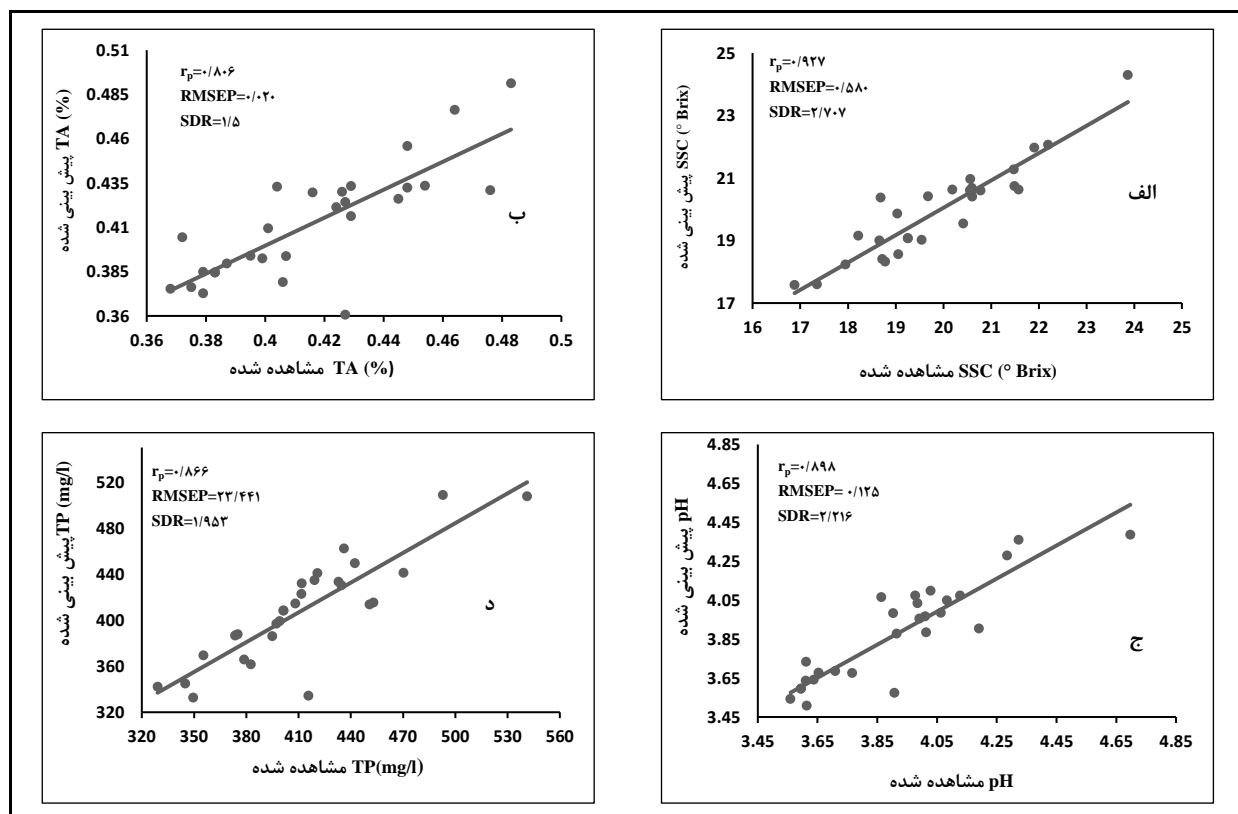
جدول ۳- نتایج اعتبارسنجی بهترین مدل‌های کالیبراسیون انگور رقم عسگری با نمونه‌های مستقل

ویژگی کیفی درونی	RMSEP	$r_p$	SDRP
مواد جامد حل شدنی (°Brix)	۰/۵۸۰	۰/۹۲۷	۲/۷۰۷
اسید قابل تیترکردن (درصد)	۰/۰۲۰	۰/۸۰۶	۱/۵۰۰
pH	۰/۱۲۵	۰/۸۹۸	۲/۲۱۶
فنل کل (میلی‌گرم بر لیتر)	۲۳/۴۴۱	۰/۸۶۶	۱/۹۵۳

جدول ۴- نتایج مقایسه میانگین‌ها بین SSC، TA، pH و TP پیش‌بینی شده با طیف‌سنجی NIR در بهترین مدل برازش با مقادیر اندازه‌گیری شده آنها با روش‌های مرجع برای نمونه‌های مستقل در انگور رقم عسگری

ویژگی کیفی درونی	مواد جامد حل شدنی (°Brix)	اسید قابل تیترکردن (درصد)	pH	فنل کل (میلی‌گرم بر لیتر)
اندازه‌گیری شده	۱۹/۹۳ <sup>a</sup>	۰/۴۲ <sup>b</sup>	۳/۹۰ <sup>c</sup>	۴۱۱/۵۸ <sup>d</sup>
پیش‌بینی شده	۱۹/۹۸ <sup>a</sup>	۰/۴۱ <sup>b</sup>	۳/۸۷ <sup>c</sup>	۴۰۸/۰۶ <sup>d</sup>

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.



شکل ۲- مقادیر پیش‌بینی شده

الف) SSC، ب) TA، ج) pH و د) TP با بهترین مدل در برابر مقادیر اندازه‌گیری شده برای انگور رقم عسگری

## نتیجه‌گیری

کند. بهترین پیش‌پردازش برای پیش‌بینی pH (ریشه میانگین مربعات خطای پیش‌بینی معادل با ۰/۱۲۵ و ضریب همبستگی پیش‌بینی معادل با ۰/۸۹۸) پیش‌پردازش ترکیبی فیلتر میانه همراه با توزیع نرمال استاندارد و مشتق اول است. بهترین پیش‌بینی برای مواد جامد حل‌شدنی و pH حاصل شده است. مقایسه میانگین‌های پیش‌بینی شده با طیف‌سنجی NIR و اندازه‌گیری شده با روش‌های مرجع در سطح احتمال ۵ درصد نشان می‌دهد که بین مقادیر اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده برای هر صفت تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. نتایج این پژوهش می‌تواند جهت ساخت وسیله‌ای برای پیش‌بینی ویژگی‌های کیفی داخلی انگور به کار رود.

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که استفاده از طیف‌سنجی فرسوخ نزدیک و مد برهمکنش در دامنه ۹۰۰-۱۷۰۰ نانومتر، همراه با پیش‌پردازش ترکیبی فیلتر میانه همراه با توزیع نرمال استاندارد و مشتق دوم، می‌تواند مواد جامد حل‌شدنی (ریشه میانگین مربعات خطای پیش‌بینی معادل با ۰/۵۸۰ و ضریب همبستگی پیش‌بینی معادل با ۰/۹۲۷)، اسید قابل تیتراکردن (ریشه میانگین مربعات خطای پیش‌بینی معادل با ۰/۰۲۰ و ضریب همبستگی پیش‌بینی معادل با ۰/۸۰۶)، و فنل کل (ریشه میانگین مربعات خطای پیش‌بینی معادل با ۲۳/۴۴۱ و ضریب همبستگی پیش‌بینی معادل با ۰/۸۶۶) را پیش‌بینی

## مراجع

- Arana, I., Jaren, C. and Arazuri, S. 2005. Maturity, variety and origin determination in white grapes (*Vitis Vinifera* L.) using near infrared reflectance technology. *J. Near Infrared Spec.* 13(1): 349-357.
- Bobelyn, E., Serban, A. S., Nicu, M., Lammertyn, J., Nicoli, B. M. and Saeys, W. 2010. Postharvest quality predicted by NIR-spectroscopy: Study of the effect of biological variability on spectra and model performance. *Postharvest Biol. Tec.* 55, 133-143.
- 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. Electr. Agr.* 71, 15-18.
- Cen, H. and He, Y. 2007. Theory and application of near infrared reflectance spectroscopy in determination of food quality. *Trends Food Sci. Tech.* 18, 72-83.
- Chen, P. and Nattuvetty, V. R. 1980. Light transmittance through a region of an intact fruit. *Trans. Am. Soc. Agr. Eng.* 23(2): 519-522.
- Coombe, B. G. 1992. Research on development and ripening of the grape berry. *Am. J. Enol. Viticult.* 43, 101-110.
- Ebadi, A. and Hadadninejad, M. 2014. *Physiology, Breeding and Production of Grapevine*. University of Tehran Press. (in Persian)
- Fadock, M. 2011. Non-destructive vis-NIR reflectance spectrometry for red wine grape analysis. M. Sc. Thesis. Faculty of Graduate Studies. University of Guelph. Ontario, Canada.
- Fu, X., Ying, Y., Lu, H., Xu, H. and Yu, H. 2007. FT-NIR diffuse reflectance spectroscopy for kiwifruit firmness detections. *Sens. Instrum. Food Qual. Saf.* 1, 29-35.
- Giovenzana, V., Beghi, R., Mena, A., Civelli, R., Guidetti, R., Best, S. and Leon G, L. F. 2013. Quick quality evaluation of Chilean grape by a portable vis/NIR device. *Acta Hort.* 978, 93-100.
- Golic, M. and 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. *Anal. Chim. Acta.* 555, 286-291.
- Guidetti, R., Beghi, R. and Bodria, L. 2010. Evaluation of grape quality parameters by a simple VIS/NIR system. *Trans. Am. Soc. Agr. Bio. Eng.* 53(2): 477-484

- Herrera, J., Guesalaga, A. and Agosin, E. 2003. Shortwave–near infrared spectroscopy for non-destructive determination of maturity of wine grapes. *Meas. Sci. Technol.* 14, 689-697.
- Jaiswal, P., Jha, S. N. and Bharadwaj, R. 2012. Non-destructive prediction of quality of intact banana using spectroscopy. *Sci. Hortic.* 135, 14-22.
- Jamshidi, B., Minaei, S., Mohajerani, E. and Ghassemian, H. 2012. Reflectance Vis/NIR spectroscopy for nondestructive taste characterization of Valencia oranges. *Comput. Electr. Agr.* 85, 64-69.
- Larraín, M., Guesalaga, A. R. and Agosin, E. 2008. A multipurpose portable instrument for determining ripeness in wine grapes using nir spectroscopy. *Trans. Instrum. Meas.* 57(2): 294-302.
- Mitcham, B., Cantwell, M. and Kader, A. 1996. Methods for determining quality of fresh commodities. *Perishable Handling Newsletter.* 85, 1-5.
- Moghimi, A., Aghkhani, M. H., Sazgarnia, A. and Sarmad, M. 2010. Vis/NIR spectroscopy and chemometrics for the prediction of soluble solids content and acidity (pH) of kiwifruit. *Biosyst. Eng.* 106, 295-302.
- Nicolai, B. M., Beullens, K., Bobelyn, E., Peirs, A., Saeys, W., Theron, K. I., Karen, I. T. and Lammertyn, J. 2007. Nondestructive measurement of fruit and vegetable quality by means of NIR spectroscopy: A review. *Postharvest Biol. Tec.* 46, 99-118.
- Nicolai, B. M., Defraeye, T., Ketelaere, B. D., Herremans, E., Hertog, M. L., Saeys, W., Torricelli, A., Vandendriessche, T. and Verboven, P. 2014. Nondestructive measurement of fruit and vegetable quality. *Food Sci. Tech.* 5, 285- 312.
- Rahemi, M. 2010. *Postharvest: An Introduction to the Physiology and Handling of Fruit, Vegetables and ornamentals.* Shiraz University Press. (in Persian)
- Raja, H. N., Dara, N. E., Hobaika, Z., Boussetta, N., Vorobiev, E., Maroun, R. G. and 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. *J. Food Nutr. Sci.* 5, 397- 409.
- Sanchez, M. T., Joze Del La Haba, M., Benitez-Lopez, M., Fernandez-Novales, J., Garrido-Varo, A. and Perez-Marin, D. 2011. Non-destructive characterization and quality control of intact strawberries based on NIR spectral data. *J. Food. Eng.* 110, 102-108.
- Shao, Y., He, Y., Gomez, A. H., Pereir, A. G., Qiu, Z. and Zhang, Y. 2007. Visible/near infrared spectrometric technique for nondestructive assessment of tomato 'Heatwave' (*Lycopersicon esculentum*) quality characteristics. *J. Food. Eng.* 81, 672-678.
- Tafazoli, A., Hekmati, J. and Firozeh, P. 1993. *Grape.* Shiraz University Pub. (in Persian)
- Teye, E., Huang, X. and Afoakwa, N. 2013. Review on the potential use of near infrared spectroscopy (NIRS) for the measurement of chemical residues in food. *Am. J. Food Sci. Technol.* 1(1): 1-8.
- Viscarra-Rossel, R. A. 2008. ParLeS: Software for chemometric analysis of spectroscopic data. *Chemom. Intell. Lab.* 90, 72-83.
- Wold, S., Sjostrom, M. and Erikson, L. 2007. PLS-regression: a basic tool of chemometrics. *Chemom. Intell. Lab.* 58, 109-130.28.



## **Nondestructive Quality Assessment of Grape (Cv. Asgari) Based on NIR Spectroscopy**

**F. Azadshahraki\*, S. Kalantari and B. Jamshidi**

\* Corresponding Author: Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. Email: farzad\_shahrekian@yahoo.com

Received: 26 April 2016, Accepted: 8 August 2017

Several destructive and non-destructive methods are employed to measure the fruits and vegetables quality. Destructive methods are principally expensive and time-consuming. In current study, some quality attributes of *Vitis vinifera* CV. Asgari such as soluble solids content (SSC), titratable acidity (TA), pH and total phenolics (TP) measured by near-infrared spectroscopy (NIRS). For this purpose spectroscopy was performed for 110 grape samples in the range of 900-1700 nm chemicals measures were carried out for the quality attributes of samples, and calibrated models were used to establish the correlation between the spectral data and chemical measurements. Results indicated that the best partial least square (PLS) models had root mean square error of prediction (RMSEP) equivalent to 0.580, brix of 0.02%, 0.125 and 23.441 and correlation coefficients ( $r_p$ ) of 0.927, 0.806, 0.898 and 0.866 for SSC, TA, pH and TP respectively. Comparison between the mean values predicted by the best models and the mean values measured by the reference method for each attribute showed a non-significant difference between the values predicted by the best models and the measured values by reference method at the 5% level for all attributes. It was concluded that NIRs could be a fast and accurate method for non-destructive prediction of some internal quality of Asgari grape and other attributes which are difficult to measure

**Key words:** Grape, Near-infrared spectroscopy, Non-destructive, Quality