نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹٤ - کرج

تشخیص برخی ارقام انگور بومی ایران با استفاده از اسپکتروسکوپی فروسرخ نزدیک و شبکه عصبی مصنوعی

فرزاد آزادشهرکی[۱]، سیامک کلانتری[۲*] ، یونس مستوفی[۳]، بهاره جمشیدی[٤]، رضا مسعودی[٥] و سمیه نجفی[٦]

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، ٤- استادیار موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی و ٥ و ٦- 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 درجه‌بندی و تعیین ویژگی‌های محصول در باغبانی از روش‌های مخرب و غیر مخرب مختلفی استفاده می‌شود. روش‌های مخرب غالبا وقت‌گیر، پرهزینه و مستلزم استفاده از آنالیزهای شیمیایی هستند. روش غیر مخرب اسپکتروسکوپی فروسرخ نزدیک (NIRs) روشی سریع و ارزان در تعیین ویژگی‌های محصولات کشاورزی است. در این تحقیق امکان تشخیص ارقام مهم انگور کشور توسط اسپکتروسکوپی فروسرخ نزدیک (عسگری، بیدانه و شاهرودی) مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین منظور پس از اسپکتروسکوپی حبه‌های ارقام انگور در ناحیه ۱۷۰۰nm-۹۰۰، مولفه‌های اصلی طیف‌های NIR استخراج گردید. پنج مولفه اصلی اول طیف‌ها همراه با شبکه عصبی دارای ۹ نرون در لایه مخفی (ساختار ۳-۹-۵) که دارای کمترین خطا بود به کار برده شد. نتایج حاصل از بررسی ماتریس اغتشاش نشان داد که اسپکتروسکوپی NIR در این ساختار توانایی بالایی در تشخیص رقم انگور را دارد و ارقام انگور عسگری، بیدانه و شاهرودی به ترتیب با دقت‌های ۸۰، ۹۵ و ۹٦/۷ درصد در دسته آزمون پیش‌بینی شدند.

واژه‌های کلیدی: اسپکتروسکوپی فروسرخ نزدیک، انگور، رقم

مقدمه

رشد جمعیت جهان و تقاضای روز افزون برای محصولات غذایی ضرورت استفاده از کشاورزی مکانیزه و مدرن را بیش از پیش نمایان می‌کند. این افزایش تقاضا و از بین رفتن مرزهای تجاری در سال‌های اخیر منجر به حجم بالای مبادلات محصولات غذایی در جهان گردیده است. با توجه به بالا رفتن استانداردهای کیفی و اهمیت سلامت میوه‌ها و محصولات غذایی، برای رقابت با دیگر کشوها در صادرات محصولات باید در راستای پذیرش و توسعه بیشتر فناوری پس از برداشت گام برداشت (مقیمی و همکاران، ۱۳۸۷). ارزیابی و درجه بندی میوه ها یکی از فعالیت های

پس از برداشت است که با توجه به رشد تقاضا برای محصولات سالم و دارای کیفیت بهتر، بیشتر مورد توجه قرارگرفته است. در دهه‌های اخیر تکنیک های مختلفی مانند اشعه X ، روشها ی نوری، اولتراسونیک[۱]، اسپکتروسکوپی فروسرخ نزدیک[۲] (NIRs) و... برای ارزیابی میوه‌ها و سبزی‌ها به صورت غیرمخرب کاربرد پیدا کرده اند. این فناوری‌های غیر مخرب بسیار مطلوب و نسبت به روش های مخرب سریعتر و اقتصادی‌تر هستند. ولی هیچکدام از روش‌های پیشنهادی تا کنون نتوانسته است تمام اطلاعات مورد نیاز تعیین کننده کیفیت میوه را فراهم کند (Kader, 2003).

تابش فروسرخ نزدیک (NIR) بخشی از طیف الکترو مغناطیس در محدوده ۷۸۰-۲۵۰۰nm است که در سال ۱۸۰۰ کشف شد. در اسپکتروسکوپی فروسرخ نزدیک، محصول توسط تابش NIR پرتودهی شده و بسته به ماده شیمیایی نمونه و خواص فیزیکی آن، پرتو منعکس، جذب یا منتقل شده و پرتو عبوری یا انعکاسی اندازه گیری می‌شود. هنگام نفوذ پرتو به محصول ویژگی های طیفی وابسته به طول موج آن توسط فرایند پخش یا جذب تغییر می کند. این تغییرات به ترکیب شیمیایی محصول و ساختار میکروسکوپی[۳] آن وابسته است (Nicolai et al., 2007). استفاده از تکنیک اسپکتروسکوپی فروسرخ نزدیک در بسیاری از زمینه‌ها از جمله پزشکی، کشاورزی، نساجی، تولید لوازم آرایش و بهداشتی و داروسازی کاملا شناخته شده و رو به افزایش است. استفاده از این روش طیف سنجی همراه با تکنیک‌های شیمی‌سنجی[٤] (روش های پیشرفته آماری در اسپکتروسکوپی که توسط آن داده‌های مزاحم حذف و داده‌های اصلی حفظ می‌شوند.) منجر به ایجاد ابزاری موثر در تعیین ویژگی‌های متنوعی در بسیاری از زمینه‌ها گردیده است که از مزایای آن نسبت به سایر روش‌های غیر مخرب می‌توان به سرعت، دقت، هزینه کم و عدم نیاز به آماده سازی خاص نمونه اشاره داشت (Jamshidi et al., 2012; Tey et al., 2013). NIRs برای اولین بار در کشاورزی جهت سنجش رطوبت غلات در سال ۱۹٦٤ به کار برده شد. و از آن پس برای آنالیز سریع رطوبت، پروتئین، محتوی چربی تعداد زیادی از محصولات کشاورزی به کار رفت و در مورد محصولات باغبانی کاربرد آن برای اولین بار در رابطه با ماده خشک پیاز، میزان مواد جامد حل شدنی سیب و رطوبت قارچ بوده است به زودی مشخص گردید اسپکتروسکوپی NIR می تواند برای اندزه گیری صفات مرتبط با ساختار میکروسکوپی از قبیل سفتی آسیب های داخلی و حتی خواص حسی به کار رود (Nicolai et al., 2007). با پیشرفت‌های اخیر در NIRs و روش‌های شیمی‌سنجی و ساخت اسپکترومترهای قابل حمل این امکان در علم باغبانی فراهم آمده است تا بتوان با تعیین

۱- Ultrasonic
۲- Near Infrared Spectroscopy
۳- Microstructure
۴- Chemometrics

شاخص‌های رسیدگی محصول در مراحل مختلف رسیدگی و بلوغ 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 نیز از این روش استفاده شود (Nicolai et al., 2007; Jamshidi et al., 2012). انگور از مهمترین محصولات باغی دنیاست که هم به لحاظ سطح زیر کشت و هم به دلیل ارزش اقتصادی و تغذیه‌ای بالا مورد کشت و کار قرار می‌گیرد. ارزش این محصول به دلیل قابلیت مصرف آن به شکل‌های مختلف از جمله تازه‌خوری، تهیه کشمش، کنسانتره، آب‌میوه، فراورده‌های تخمیری، مربا، شیره و ... بسیار بالاست و از این لحاظ سهم بالایی در اقتصاد کشورهای در حال توسعه دارد. علاوه بر این فراورده‌های دیگری مانند آنتوسیانین و اتانول نیز از انگور تهیه می‌شوند که غالبا در صنعت کاربرد دارند (ظهوری و همکاران، ۱۳۸۵). ایرن از نظر تولید انگور و کشمش جایگاه ویژه‌ای در دنیا داشته و به ترتیب دارای رتبه هفتم و سوم است. آب، مواد قندی، انواع ویتامین‌ها، اسید مالیک، سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن و فسفر از جمله ترکیبات مهم انگور هستند که از نظر تغذیه‌ای مهم هستند (عبادی و همکاران، ۱۳۹۳). در زمینه استفاد از روش‌های غیر مخرب در تعیین ویژگی‌های کیفی یا تعیین رقم انگور در کشور تحقیقات چندانی به عمل نیامده است. هدف از انجام این پژوهش بررسی امکان تشخیص ارقام مهم انگور کشور بر اساس روش غیر مخرب اسپکتروسکوپی فروسرخ نزدیک و ارائه مدل‌های دارای قابلیت بالا بر پایه داده‌های اسپکتروسکوپی در یک مدت زمان کوتاه به صورت غیر مخرب بود.

مواد و روش‌ها

تهیه نمونه

نمونه‌های انگور شامل ارقام عسگری، بیدانه و شاهرودی بود که از ایستگاه تحقیقات انگور مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین تهیه و به سرد خانه در دمای ۱°c منتقل شد. زمان برداشت بر اساس میزان مواد جامد حل شدنی و شاخص طعم (نسبت قند به اسید) تعیین شد. به منظور ایجاد تنوع در نمونه‌ها، خوشه‌های انگور از درختان مختلف برداشت گردیدند. هیچ آماده سازی روی نمونه ها انجام نشد که این امر از مزیت های اسپکتروسکوپی NIR است. 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. حبه‌ها فاقد هر گونه آسیب شامل له شدگی، ترک و غیره بودند.

تعداد حبه‌ها شامل ۱٦۰ حبه از هر رقم بود. قبل از انجام عملیات اسپکترومتری، نمونه‌ها به مدت ۱۵ ساعت در دمای محیط قرار گرفته شدند تا به آن‌ها اجازه داده شود تا به دمای محیط برسند.

نحوه ثبت طیف از میوه

در این مطالعه از اسپکترومتر نوع فوتو دیودی[۵] متعلق به پژوهشکده لیزر دانشگاه شهید بهشتی تهران استفاده شد. آشکار ساز این اسپکترومتر ایندیم-گالیم-آرسناید بوده و دامنه کاری آن ۱۷۰۰-۹۰۰ نانومتر است و قادر به ایجاد طیفی با وضوح ۱۰۲٤ نانومتر است. مد اندازه‌گیری مورد استفاده در این آزمایش مد برهمکنش بود. پیش از اسپکترومتری، ابتدا طیف‌های تیره و سفید (مرجع) تعریف و ذخیره شدند. به این ترتیب که ابتدا با خاموش کردن منبع نور، طیف تیره گرفته شد سپس در حالت منبع نور روشن، از یک دیسک تفلون استاندارد که توانایی بازتاب ۹۵٪ را در محدوده ۲۲۰۰ nm - ۲۵۰ دارا بود برای دستیابی به طیف مرجع استفاده شد. بنابر این هنگام طیف‌سنجی از نمونه، نرم‌افزار اسپکترومتر میزان بازتاب نور را بر اساس رابطه (۱) به دست داد:

$$\%Tr_{\lambda} = \frac{S_{\lambda} - D_{\lambda}}{\mathrm{Re}f_{\lambda} - D_{\lambda}} \times 100 \qquad (۱)$$

که در این رابطه:

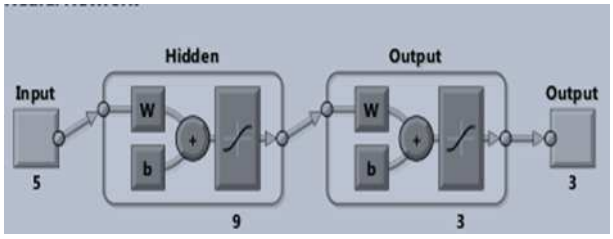
Tr_{λ} = بازتاب یا عبور در طول موج λ، S_{λ} = شدت نور خروجی نمونه در طول موج λ، Ref_{λ} = شدت نور خروجی مرجع در طول موج λ، D_{λ} = شدت نور خروجی تیره در طول موج λ.

پیش‌گویی رقم

در این پژوهش به منظور پیش‌گویی رقم بر اساس طیف‌های NIR، از شبکه عصبی مصنوعی[۶] (ANN) استفاده شد. به طور کلی روش شبکه عصبی مصنوعی ابزاری مفید در بازشناسی الگو، تخمین و تشخیص یک پارامتر می‌باشد. یک مدل مناسب شبکه عصبی قادر است در یک سیستم پیچیده روابط بین متغیرهای ورودی و خروجی را تعیین کند (کیا، ۱۳۹۱). در مسائل مربوط به طیف‌سنجی شبکه عصبی معمولا به همراه آنالیز مولفه‌های اصلی[۷] (PCA) به کار گرفته می‌شود که به PCA-ANN موسوم است. در این روش ابتدا ابعاد ماتریس داده‌های حاصل از اسپکترومتری با استفاده از روش آنالیز مولفه‌های اصلی کاهش یافته و مولفه‌های اصلی از طیف استخراج شدند. این مولفه‌های اصلی باید به گونه‌ای باشند که حداقل ۸۵ درصد واریانس موجود در ماتریس داده‌های حاصل از اسپکتروسکوپی را

۵- Photo Diode Array
۶- Artificial Neural Network
۷- Principal Component Analysis

توصیف کنند (میره‌ای، ۱۳۸۹). ورودی شبکه عصبی برابر تعداد مولفه‌های اصلی، و تعداد نرون در لایه خروجی برابر تعداد رقم بود (شکل۱). بهینه نرون در لایه مخفی در این پژوهش توسط سعی و خطا به نحوی انتخاب شد تا بیشترین دقت و کمترین خطا حاصل گردید. برای آموزش شبکه از الگوریتم یادگیری پس انتشار[۸] (کیا، ۱۳۹۱) استفاده شد. در این تحقیق ۷۰٪ داده‌ها به آموزش، ۱۵٪ داده‌ها به اعتبار سنجی و ۱۵٪ داده‌ها به آزمون شبکه اختصاص داده شد. وظیفه داده‌های اعتبار سنجی جلوگیری از بیش برازش و آموزش بیش ازحد شبکه است. دسته آزمون وظیفه ارزیابی عملکرد مدل آموزش دیده را با استفاده از داده‌های کاملا مستقل بر عهده دارد. نتایج حاصل از این‌چنین تحلیل‌هایی به صورت جداولی موسوم به ماتریس اغتشاش[۹] ارائه می‌شود. در این جدول درصد صحیح جداسازی یا دقت طبقه بندی در هر کلاس و نحوه تعلق نمونه‌ها به کلاس‌های صحیح یا اشتباه نشان داده می‌شود (کیا، ۱۳۹۱). تمام عملیات مربوط به آنالیز مولفه‌های اصلی و معماری شبکه در این پژوهش توسط نرم‌افزار Matlab 2012 انجام شد.



شکل۱– تصویر ANN معماری شده برای تشخیص سه رقم انگور عسگری, بیدانه و شاهرودی بر اساس مولفه‌های اصلی طیف NIR حاصل

نتایج و بحث

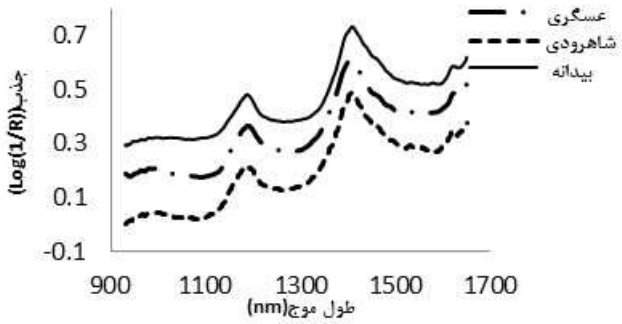
شکل ۲ طیف جذبی یک نمونه از هر رقم را که به طور تصادفی انتخاب شده در محدوده۱٦٥٠–۹۳۰nm نشان می‌دهد (طول موج های ابتدایی و انتهایی به دلیل وجود نویز حذف شدند.). همانطور که دیده می‌شود طیف‌های جذبی سه رقم بسیار شبیه به هم بوده و نیاز به روش‌های مناسب برای استخراج اطلاعات از طیف‌ها است. طیف‌های جذبی دارای یک پیک بسیار پهن اطراف ۹۷۰nm وابسته به اورتون دوم OH، و پیک های مشخص دیگری وابسته به اورتون‌های دوم CH و اول OH به ترتیب در حدود ۱۲۰۰nm و ۱٤۲۰nm و همچنین یک پیک کوچک در حدود ۱٦۳۰nm مربوط به اورتون اول CH بودند (Cen and He, 2007).

۸- Back Propagation Learning Rule
۹- Confusion Matrix

برای تشخیص سه رقم انگوره توسط شبکه عصبی مصنوعی ابتدا داده‌های پرت طیفی برای هر رقم شناسایی و حذف گردید (پس از حذف داده‌های پرت، تعداد حبه رقم عسگری برابر با ۱٥٤، تعداد حبه رقم بیدانه برابر با ۱٥۲ و تعداد حبه رقم شاهرودی برابر با ۱٥۹ گردید.) و بدون هیچ پیش پردازشی مولفه‌های اصلی طیف‌ها استخراج و از آن‌ها به عنوان ورودی به شبکه عصبی استفاده شد. پنج مولفه اصلی اول (جدول ۱) قادر به توصیف ۹۹/۹۸ درصد واریانس موجود در داده‌های حاصل از طیف سنجی بودند. با استفاده از روش سعی و خطا تعداد بهینه نرون‌ها در لایه مخفی که بتواند بیشترین دقت پیش‌بینی را به دست دهد ۹ تعیین گردید. بردار خروجی برای سه رقم (سه نرون در لایه خروجی) به صورت یک کد سه بیتی از ارقام ۰ و ۱ در نظر گرفته شد. بدین شکل که بردارهای (0 0 1)، (0 1 0) و (1 0 0) بیانگر ارقام عسگری، بیدانه و شاهرودی بودند. پس از آموزش شبکه، مدل PCA-ANN در مجموع توانست واریته‌های عسگری، بیدانه و شاهرودی را برای تمامی داده‌ها بادقت‌های ٪۸۷/۰، ٪۹۲/۱ و ٪۹۱/۸ و خطای٪ ۱۳، ٪۷/۹ و٪۸/۲ شناسایی کند. جدول ۲ نتایج درجه بندی سه رقم انگور در سه مرحله آموزش، اعتبارسنجی، آزمون و کل داده‌ها را نشان می‌دهد. براساس داده‌های جدول ۲ PCA-ANN توانست کلاس‌های رقم عسگری، بیدانه و شاهرودی را با به ترتیب دقت‌های٪۸۰/۰، ٪۹٥/۰ و ٪۹٦/۷ در مرحله آزمون تفکیک کند. دقت تفکیک سه رقم انگور با استفاده از اسپکتروسکوپی NIR و PCA-ANN در مرحله آزمون در مجموع برابر ٪۹۱/٤ بود. در زمینه درجه بندی انگور بر پایه داده‌های طیفی فروسرخ نزدیک Cao et al. (2010) از ماشین بردار پشتیبان[۱۰] (SVM) برای استفاده از داده‌های طیفی فروسرخ نزدیک به‌منظور تشخیص رقم انگور استفاده کردند. دقت مدل ساخته شده توسط آن‌ها در مجموع، معادل ٪۹٦/٥۸ گزارش گردیده است. مدل‌های ساخته شده برمبنای داده‌های NIR و استفاده از روش حداقل مجذور مربعات توسط Arana et al. (2005) برای تشخیص رقم دارای دقت ٪۸۰/۰ و برای تشخیص باغ تولید کننده دارای دقت ٪۹۷/۲ بوده است. مقایسه روش مدل‌سازی مستقل نرم مقایسه کلاس[۱۱] (SIMCA) با آنالیز مولفه‌های اصلی به همراه شبکه عصبی مصنوعی توسط Wu et al. (2009) نشان داد که روش PCA-ANN دارای دقت بیشتری (٪۹۸/۲۸) از روش مدل‌سازی SIMCA برای استفاده از داده‌های طیفی برای تشخیص رقم انگور است. بهترین مدل پیشنهادی توسط Yang et al. (2012) برای تشخیص بذر ارقام انگور توسط اسپکتروسکوپی فروسرخ نزدیک، مدل رگرسیون خطی مولفه‌های اصلی‌طیف‌ها بود که درمجموع قادر بود بذر سه رقم انگور را با دقت ٪ ۱۰۰ جداسازی نماید. نتایج تحقیق حاضر با یافته‌های پژوهشگران مذکور همراستاست. البته پیشنهاد می‌شود نتایج طیف‌سنجی به دلیل تفاوت در دامنه کاری طیف‌سنج‌ها و تفاوت تجهیزات، تغییر ویژگی‌های

۱۰- Support Vector Machine
۱۱- Soft Independent Modeling of Class Analogy

کیفی میوه‌ها و تغییر میزان صفت مورد بررسی به دلیل تغییر محیط و رقم و غیره مقایسه نگردد (Nicolai et al., 2007).



شکل۲- تصویر طیف جذبی حاصل از اسپکترومتر سه رقم عسگری, بیدانه و شاهرودی

جدول ۱- واریانس توصیف شده طیف NIR به دست آمده برای سه رقم انگور توسط پنج مولفه اصلی اول

مولفه‌های اصلی (PCs)	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
واریانس توصیف شده(درصد)	۹۷/۸٦	۹۹/۸٤	۹۹/۹۱	۹۹/۹٦	۹۹/۹۸

جدول۲- نتایج طبقه‌بندی سه رقم انگور در مراحل آموزش، اعتبار سنجی و آزمون بر اساس PCA-ANN

دسته داده	رقم(کلاس نمونه)	تعداد نمونه	نتایج تفکیک			دقت(درصد)
			عسگری	بیدانه	شاهرودی	
آموزش	عسگری	۱۰۸	۹۷	٦	٥	۸۹/۸
	بیدانه	۱۱۳	۷	۱۰۲	٤	۹۰/۳
	شاهرودی	۱۰٤	۷	۰	۹۷	۹۳/۳
	مجموع	۳۲٥	–	–	–	۹۱/۱
اعتبار سنجی	عسگری	۲٦	۲۱	٤	۱	۸۰/۸
	بیدانه	۱۹	۰	۱۹	۰	۱۰۰
	شاهرودی	۲٥	٤	۱	۲۰	۸۰/۰

	مجموع	۷۰	–	–	–	۸۵/۷
آزمون	عسگری	۲۰	۱٦	۱	۳	۸۰/۰
	بیدانه	۲۰	۱	۱۹	۰	۹۵/۰
	شاهرودی	۳۰	۱	۰	۲۹	۹٦/۷
	مجموع	۷۰	–	–	–	۹۱/٤
کل	عسگری	۱۵٤	۱۳٤	۱۱	۹	۸۷/۰
	بیدانه	۱۵۲	۸	۱٤۰	٤	۹۲/۱
	شاهرودی	۱۵۹	۱۲	۱	۱٤٦	۹۱/۸
	مجموع	٤٦۵	–	–	–	۹۰/۳

نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست آمده از این پژوهش نشان داد که از پنج مولفه اصلی طیف‌های NIR انگور در ناحیه ۱۷۰۰-۹۰۰ نانومتر می‌توان برای تشخیص رقم این محصول استفاده کرد. نتایج این پژوهش گویای آن بود که دقت طبقه‌بندی ارقام در صورت استفاده از پنج مولفه اصلی اول همراه با یک شبکه عصبی مناسب در مجموع بسیار بالا بوده (۹۱/٤٪) و در صورت آموزش صحیح شبکه و اطمینان از نوع رقم انگور می‌توان بر پایه اسپکتروسکوپی NIR و ANN، رقم انگور را بدون نیاز به آزمایش‌های تخریبی به خوبی تشخیص داد.

منابع

۱. عبادی، ع. حدادی نژاد، م. ۱۳۹۳. فیزیولوژی، اصلاح و تولید انگور. انتشارات دانشگاه تهران. ۳۸۳ ص.
۲. ظهوری، م. فرقانی، ح. خانجانی، م. ۱۳۸۵. راهنمای انگور، کاشت، داشت و برداشت. انتشارات سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. ۲٦۰ص.
۳. کیا، م. ۱۳۹۱. شبکه های عصبی در MATLAB. انتشارات دانشگاهی کیان. ٤۰۸ص.
٤. مقیمی، ع. آق‌خانی، م. ح. سازگارنیا، آ. سرمد، م. ۱۳۸۷. ارزیابی کیفیت درونی میوه کیوی به صورت غیر مخرب با استفاده از طیف‌سنجی مرئی و مادون قرمز نزدیک. مجله علوم باغبانی. دوره ۲۲(۲). ۱۱۳-۱۲۱.

۵. میره‌ای، ا. ۱۳۸۹. ارزیابی پارامترهای موثر بر میزان رسیدگی خرمای مضافتی و شاهانی توسط روش غیر مخرب اسپکتروسکوپی NIR. رساله دکتری. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تهران.

6. Arana, I., Jaren, C. and Arazuri, S. (2005). Maturity, variety and origin determination in white grapes (Vitis Vinifera L.) using near infrared reflectance technology. Journal of Near Infrared Spectroscopy. Vol. 13(1), 349-357.
7. 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.
8. 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.
9. Yang, H., Luo, W. & Wang, W. 2012. Nondestructive discrimination of grape seed varieties using UV-VIS-NIR spectroscopy and chemometrics. Applied Mechanics and Materials. Vol. 236, 89-94.
10. 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.
11. Kader, A.A., 2003. Postharvest technology of horticultural crops. University of California, Agriculture and Natural Resources, UCD Press, p.535.
12. 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.
13. Teye, E., Huang, X. Y. & Afoakwa, N. (2013). Review on the potential use of near infrared spectroscopy (NIRS) for the measurement of chemical residues in food. American Journal of Food Science and Technology. Vol. 1(1), 1-8.
14. 13. Wu, D., He, Y. and Bao, Y. (2009). Variety discrimination of grapes based on visible-near reflection infrared spectroscopy. Acta Optica Sinica. Vol. 29, 43-49.

Varieties discrimination of some Iranian grapes based on near- infrared spectroscopy and artificial neural network

Abstract

Various destructive and non-destructive methods are used to determine properties and to grade horticultural products. Destructive methods often consume time, need chemical analysis and are costly. Nondestructive method of near infrared spectroscopy (NIRs) is a rapid and inexpensive method for determining the characteristics of agricultural commodities. This study evaluated the feasibility of using near infrared spectroscopy to discriminate major Iranian grape varieties (Asgari, Bidaneh and Shahroodi). For this purpose, after the spectroscopy of berries in the range of 900-1700 nm, principal components (PCs) of NIR spectra were extracted. The first five PCs and an artificial neural network with 9 neurons in the hidden layer (5-9-3 structure) that had minimum error was used. The results of the confusion matrix showed that NIR spectroscopy in this structure had the high ability to discriminate the grape varieties. Asgari, Bidaneh and Shahroodi grape varieties were predicted with the accuracy of 80%, 95% and 96.7% respectively in the test class.

Keywords: Near Infrared Spectroscopy, Grape, Variety.