ارزیابی کیفیت درونی میوه کیوی به صورت غیر مخرب با استفاده از طیف سنجی مرئی و مادون قرمز نزدیک

علی مقیمی*- محمد حسین آق خانی- آمنه سازگارنیا- مجید سرمد[1]

تاریخ دریافت:۸۷/۴/۱۶

تاریخ پذیرش:۸۷/۹/۵

چکیده

تعیین رسیدگی مهمترین قسمت در ارزیابی کیفیت درونی میوه‌ها می‌باشد که به چند عامل مانند میزان مواد جامد محلول، سفتی و pH بستگی دارد. بیشتر روش‌ها برای اندازه گیری‌این عوامل مخرب، وقت گیر و گران می‌باشند. بنابراین توسعه یک روش غیر مخرب برای تعیین کیفیت میوه‌ها ضروری به نظر می‌رسد. هدف از انجام این تحقیق بررسی و ارزیابی روش طیف سنجی مادون قرمز درتعیین میزان مواد جامد محلول و pH میوه کیوی بود. طیف سنجی مادون قرمز یک روش سریع و غیر مخرب است که مهمترین مزیت آن اندازه گیری چند پارامتر کیفی با انجام یک آزمایش می‌باشد. برای‌این منظور در ناحیه بین ۴۰۰nm تا ۱۰۰۰ nm از میوه کیوی طیف گیری شد. سپس نمونه‌ها به دو دسته تقسیم شدند که دسته اول برای تدوین مدل کالیبراسیون و دسته دوم برای پیشگویی کیفیت درونی و ارزیابی مدل بود. قبل از مدل سازی به منظور حذف نویزها از جدیدترین روش‌های پیش پردازش داده‌های طیفی مانند تبدیل متغیر نرمال استاندارد، تصحیح پخش افزاینده، فیلتر میانه و مشتق گیری استفاده شد. در مرحله بعدی مدل‌ها با استفاده از روش‌های مختلف کالیبراسیون مانند آنالیز مولفه‌های اصلی و کمترین توان‌های دوم جزئی ساخته شدند. عملکرد مدل‌های مختلف با تعیین ضریب همبستگی بین پارامترهای اندازه گیری شده به صورت مخرب و پیشگویی شده به کمک مدل، مورد ارزیابی قرار گرفت. میزان مواد جامد محلول و pH کیوی به ترتیب با ضریب همبستگی ۰/۹۳ و ۰/۹۵۲ و میزان خطای ۰/۲۵۹ درجه بریکس و ۰/۲۳۶پیشگویی شدند. . نتایج پیشگویی نشان داد که می‌توان با کمک روش طیف سنجی مرئی و مادون قرمز نزدیک میزان مواد جامد محلول و pH کیوی را به صورت غیر مخرب پیشگویی کرد.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی کیفیت درونی میوه، روش‌های غیر مخرب، طیف سنجی مرئی و مادون قرمز، کیوی

مقدمه

امروزه با توجه به رشد دائمی جمعیت جهان و تقاضای روز افزون به محصولات غذایی ضرورت کشاورزی مکانیزه ومدرن بیش از پیش نمایان می‌شود. با توجه به‌این افزایش تقاضا و از بین رفتن مرزهای تجاری در سال‌های اخیر شاهد حجم بالای مبادلات محصولات غذایی در جهان بوده‌ایم. از طرفی بسیاری از کشورهای توسعه یافته مانند ژاپن و اتحادیه اروپا به منظور بر آورده کردن تقاضاهای مردم ، استانداردهای سطح بالایی برای کیفیت و سلامتی محصولات غذایی وارداتی تعریف کرده اند، لذا برای تسخیر بازار جهانی و رقابت با دیگر کشورها در صادرات محصولات باید در جهت پذیرش و توسعه بیشتر تکنولوژی

۱- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشینهای کشاورزی، استادیار گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی ، استادیار گروه فیزیک پزشکی، استادیار گروه ریاضی و آمار دانشگاه فردوسی مشهد

* - نویسنده مسئول Email: Ali-moghimi1981@yahoo.com

پس از برداشت[1] گام برداریم. ارزیابی و درجه بندی میوه‌ها یکی از فعالیت‌های پس از برداشت است که با توجه به رشد تقاضا برای محصولات سالم و دارای کیفیت بالا، بیشتر مورد توجه قرارگرفته است. در چهار دهه اخیر تکنیک‌های مختلفی مانند اشعه X، روش‌های نوری، اولتراسونیک[2]، طیف سنجی مادون قرمز نزدیک (NIR)[3] و الکترو مغناطیس[4] برای ارزیابی میوه‌ها و سبزی‌ها به صورت غیرمخرب کاربرد پیدا کرده اند.این فن آوری‌های غیر مخرب بسیار مطلوب می‌باشند و نسبت به روش‌های مخرب سریعتر و اقتصادی تر هستند. در میان روش‌های مذکور روش طیف سنجی مادون قرمز به علت دقت بالایی که دارد، جنبه عملی بیشتری پیدا کرده است(۱۱).

آقای شائو و همکاران در سال ۲۰۰۷ با استفاده از طیف سنجی بازتابشی مادون قرمز نزدیک به بررسی خصوصیات کیفی گوجه فرنگی مانند سفتی[5] (شامل نیروی فشاری[6] و نیروی لازم برای سوراخ کردن[7]) و همچنین مواد جامد محلول[8] و pH پرداختند و توانستنداین خصوصیات را با ضریب همبستگی بالا به صورت غیر مخرب پیشگویی کنند. به طور مثال ضریب همبستگی برای پیشگویی SSC برابر با ۰/۸۹ و میزان خطا نیز برابر با ۰/۳۷۷ درجه بریکس[9] بود (۹).

آقای‌های-کینگ و همکاران در سال ۲۰۰۷ به اندازه گیری مواد جامد محلول در میوه هندوانه به کمک روش طیف سنجی مادون قرمز پرداختند. مدل‌ها با کمک روش‌های کالیبراسیون کمترین توان‌های دوم جزئی[10] و رگرسیون مولفه‌های اصلی[11] تدوین شد، که بهترین ضریب همبستگی با مدل PLS و پیش پردازش مشتق اول بدست آمد دراین حالت میزان ضریب همبستگی و خطا به ترتیب برابر با ۰/۹۱۸ و ۰/۴۸ درجه بریکس بود(۴).

آقای گومز و همکارانشان در سال ۲۰۰۶ بر روی ارزیابی کاربرد طیف سنجی مرئی و مادون قرمز نزدیک[12] برای پیشگویی خصوصیات کیفی میوه نارنگی متمرکز شدند و توانستند رابطه‌ای بین خصوصیات فیزیولوژیکی مهم میوه مانند مواد جامد محلول، pH و سفتی با داده‌های بدست آمده از طیف سنجی برقرار کنند. آنها موفق شدند با استفاده از روش‌های PLS و PCR میزان مواد جامد محلول را با ضریب همبستگی ۰/۹۴ و میزان خطای ۰/۳۲۵ درجه بریکس پیشگویی کنند (۳).

هدف از انجام‌این پژوهش پیشگویی خواص درونی و کیفی میوه کیوی با یک مدل دارای قابلیت بالا در یک مدت زمان کوتاه به صورت غیر مخرب می‌باشد. برای انجام‌این امر احتیاج به تدوین یک مدل کالیبراسیون می‌باشد. پس از گرفتن طیف از نمونه برای از بین بردن نویزها باید پیش پردازش بر روی طیف‌ها انجام شود. سپس با استفاده از روش‌های کالیبراسیون، مدل تدوین می‌شود. با مقایسه بین نتایج بدست آمده از روش‌های مخرب و پیشگویی‌های انجام شده به کمک مدل، می‌توان دقت مدل را ارزیابی کرد.

مواد و روش‌ها

تهیه نمونه

نمونه‌های کیوی برای انجام آزمایش از بازار مرکزی میوه خریداری شدند که از واریته هایوارد[13] بودند. تعداد ۱۶۲ عدد کیوی به صورت تصادفی انتخاب و شماره گذاری شدند. هیچ آماده سازی خاصی برای نمونه‌ها لازم نیست

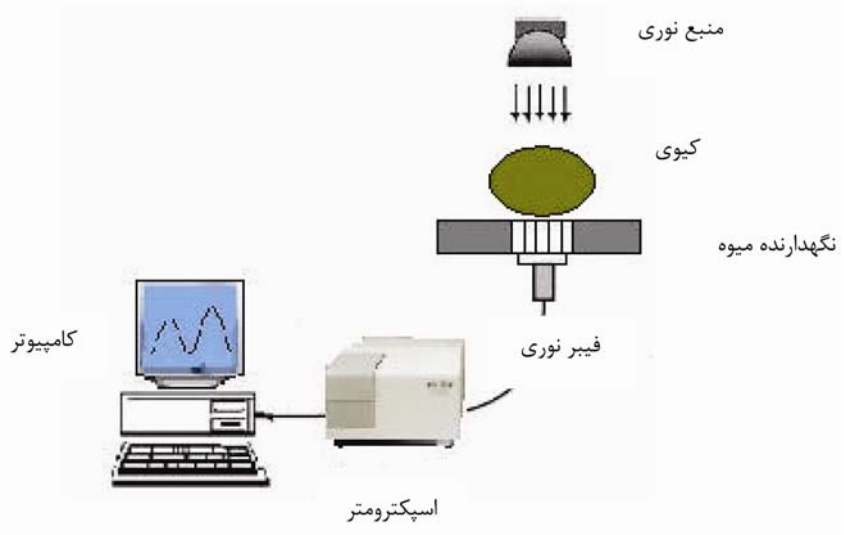
1 - Post Harvest
2 - Ultrasonic
3 - Near Infrared Spectroscopy
4 - Electro Magnetic
5 - Firmness
6 - Compression Force (Fc).
7 - Puncture force (Fp)
8 - Soluble Solid Content (SSC)
9 - Brix
10 - Partial Least Squares (PLS)
11 - Visible and Near Infrared (Vis/NIR)
12 - Principal Component Regression (PCR)
13 - Hayward

که‌این از مزیت‌های طیف سنجی NIR می‌باشد. در طول آزمایش نمونه‌ها در محلی سرد نگهداری می‌شدند.

نحوه ثبت طیف عبوری از میوه کیوی

با توجه به‌این نکته که کیوی میوه‌ای پوست نازک است و روش اندازه گیری عبوری اطلاعات مفیدتری نسبت به دیگر روش‌ها از خواص درونی میوه به ما می‌دهد، لذا ازاین روش برای طیف گیری از کیوی استفاده شد(۱۳).

از لامپ‌هالوژنه تنگستن اسرام[1] با توان ۳۰۰W به عنوان منبع نوری استفاده شد.این لامپ محصول کشور آلمان بوده و درایران هم تولید می‌شود. طیف نشری آن در ناحیه بین طول موج‌های ۳۵۰nm تا ۱۶۰۰ nm از شدت قابل ملاحظه‌ای برخوردار است. نمونه در داخل یک محفظه چوبی به صورت افقی قرار گرفت به طوری که فاصله بین منبع نوری و نمونه در حدود ۵۰mm بود. نور عبوری از کیوی توسط یک مجموعه فیبر نوری با سطح مقطع کل ۴ mm^2 به سمت آشکار سازهای اسپکترومتر[2] (مدل JASCO-FP6200، ساخت ژاپن) هدایت شد. به منظور جلوگیری از ورود پرتوهایی غیر از نور عبوری از درون کیوی به داخل فیبر نوری فضای اطراف فیبر نوری و زیر سطح میوه توسط خمیری پوشیده شد. شکل شماتیک نحوه طیف نگاری از کیوی در شکل۱ نشان داده شده است.



شکل (۱) نحوه ثبت طیف عبوری از کیوی در حالت افقی

پیش پردازش داده‌ها و مدل سازی

داده‌های به دست آمده از آشکار ساز اسپکترومتر دارای نویزهایی می‌باشد که برای به دست آوردن مدل کالیبراسیون دقیق و قابل اعتماد، انجام پیش پردازش و از بین بردن نویزها ضروری است(۱،۲،۸). طیف بدست آمده از نمونه‌های کیوی میزان شدت عبور پرتو را بر حسب طول موج مشخص می‌کرد. اولین پردازش بر روی داده‌ها نرمالیزه کردن آنها بر حسب میزان تابش لامپ‌هالوژنه و میزان عبور نور از فیبر نوری می‌باشد. زیرا شدت تابش لامپ در طول موج‌های مختلف متفاوت بوده و فیبر نوری هم به هر حال میزانی از نور را جذب می‌کند. برای‌این منظور طیف نور ساطع شده از لامپ‌هالوژنه و عبوری از فیبر نوری بدست آمد. دراین حالت نور مستقیماً و بدون عبور از کیوی وارد فیبر نوری شده است. سپس برای نرمالیزه کردن طیف‌ها از فرمول زیر استفاده شد(۵).

$$Abs = \log_{10}(I_0 / I) \qquad (۱)$$

1 - Co. Osram, made in Germany
2 - Spectrometer, model: JASCO-FP6200, made in Japan

که دراین رابطه:

Abs: میزان جذب نور توسط کیوی

I_0: شدت تابش لامپ‌هالوژنه و عبوری از فیبر نوری

I: شدت نور عبوری از کیوی و فیبر نوری

طیف بدست آمده از میوه به عواملی مانند اندازه آن، میزان رسیدگی، سفتی و غیره بستگی دارد. بنابراین دو نمونه‌ای که SSC و یا pH برابر دارند ممکن است دارای طیف‌های متفاتی باشند. برای کاهش اثراین متغیرهای پنهان روی طیف کیوی‌هایی که دارای SSC و یا pH یکسان بودند، میانگین گیری شد. برای حالتی که SSC مساوی بود تعداد نمونه‌ها به ۸۸ عدد کاهش یافت و برای حالتی که pH برابر بود تعداد نمونه‌ها به ۷۱ تقلیل یافت. سپس طیف جذبی به دست آمده از فرمول (۱) را برای انجام پیش پردازش به نرم افزار پارلس [۱] وارد کرده و جدیدترین پیش پردازش‌ها شامل تبدیل متغیر نرمال استاندارد [۲]، تصحیح پخش افزاینده [۳]، تبدیل موجک [۴]، فیلتر ساویزکی و گلی [۵]، فیلتر میانه، مشتق اول و مشتق دوم و غیره بر روی داده‌ها انجام شد که در هر مرحله چند روش به صورت ترکیبی اعمال می‌شدند(۱۲).

در آزمایش‌های انجام شده متغیر مستقل طول موج‌ها و متغیر وابسته میزان SSC و pH می‌باشد. هدف از تدوین مدل یافتن رابطه‌ای بین میزان عبور نور از کیوی و خصوصیات کیفی آن است. برای ساخت مدل از نرم افزارهای پارلس، R [۶] و مطلب [۷] استفاده شد که به کمک آنها آنالیز مولفه‌های اصلی PCA [۸] و کمترین توان‌های دوم جزئی PLS اعمال گردید. پس از پیش پردازش، آنالیز مولفه‌های اصلی با نرم افزار پارلس انجام شد. تعداد مولفه‌های اصلی بین ۱ تا ۳۰ قابل تغییر بود. با انجام آنالیز مولفه‌های اصلی می‌توان نمونه‌های پرت را شناسایی و از مجموعه کالیبراسیون حذف کرده تا دقت مدل افزایش یابد. سپس اعتبار سنجی متقابل انجام گرفت. باید به‌این نکته توجه داشت که تعداد فاکتورهای انتخاب شده برای اعتبار سنجی متقابل باید با تعداد مولفه‌های اصلی برابر باشد. اعتبار سنجی متقابل در تعیین بهترین فاکتور برای انجام PLS و مدل سازی کمک می‌کند(۶). در نهایت با انتخاب یک فاکتور مناسب برای PLS یک مدل ساخته می‌شود.

برای ارزیابی مدل ساخته شده و مقایسه بین پیشگویی‌های انجام شده توسط آن و مقادیر واقعی باید بلافاصله پس از طیف نگاری از هر نمونه آزمایش‌های متداول برای اندازه گیری دقیق هر پارامتر کیفی انجام شود.این آزمایش‌ها به صورت مخرب در آزمایشگاه‌ها انجام می‌گردد. برای‌این منظور بعد از طیف نگاری نمونه‌های برش داده شده و مخلوطی از آب میوه و تفاله‌ها برای هر نمونه تهیه شد. سپس با کمک pH متر [۹] و رفراکتومتر دیجیتالی [۱۰] به ترتیب میزان pH و مواد جامد محلول میوه کیوی اندازه گیری شد. برای ارزیابی مدل ضریب همبستگی (r) بین مقادیر اندازه گیری شده توسط روش‌های مخرب و پیشگویی شده توسط مدل تعیین شد. همچنین با استفاده از فرمول زیر میزان خطای مدل بدست آمد(۷).

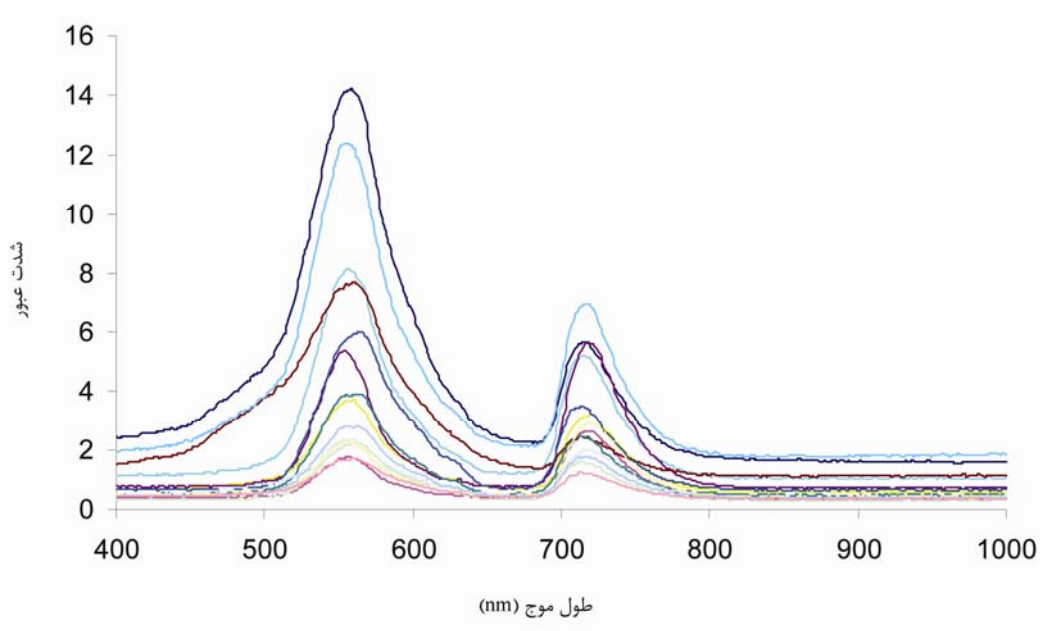
$$\text{RMSEP} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_p} (\hat{y}_i - y_i)^2}{n_p}} \qquad (۲)$$

که دراین رابطه RMSEP [۱۱] ریشه میانگین توان‌های دوم خطای پیشگویی، n_p تعداد نمونه‌های مجموعه پیشگویی، $\hat{y}_i$ مقدار پیشگویی شده هر پارامتر برای نمونه iام و y_i مقدار اندازه گیری شده برای نمونه iام می‌باشد.

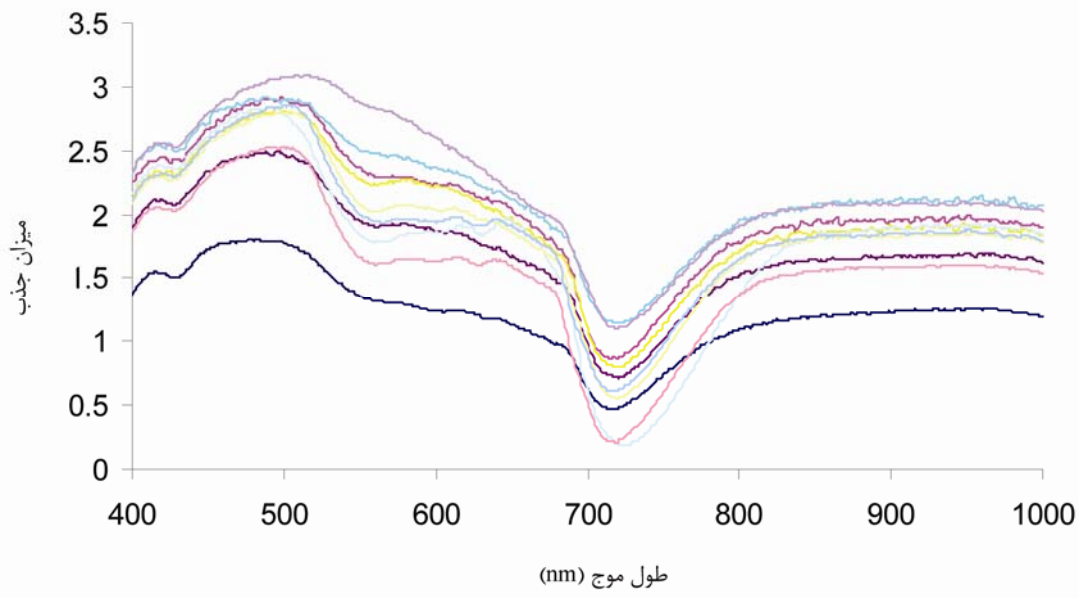
1 - ParLeS
2 - Standard Normal Variate transformation (SNV)
3 - Multiplicative Scatter Correction (MSC)
4 - Wavelet Transform (WT)
5 - Savitzky and Golay
۶- نرم افزار آماری متن باز
7 - MATLAB
8 - Principle Component Analysis (PCA)
9 - Hanna HI model:8519
10 - Schmidt+Haensch made in Germany
11 - Root Mean Square Error of Prediction (RMSEP)

نتایج و بحث

شکل ۲ طیف بدست آمده از تعدادی کیوی و شکل۳ میزان جذب را بر حسب طول موج‌های مختلف برای ۱۰ عدد کیوی که به صورت تصادفی انتخاب شدند را نشان می‌دهد. شدت نور عبوری از کیوی با استفاده از فرمول ۱ به میزان جذب تبدیل و طیف بر اساس شدت تابش لامپ و میزان عبور نور از فیبر نوری نرمالیزه می‌شود. برای حذف نویزها پیش پردازش‌های مختلفی بر روی داده‌ها اعمال شد که در نهایت برای هر پیش پردازش یک مدل کالیبراسیون تدوین گشت و مشخص گردید که انجام پیش پردازش تا چه اندازه می‌تواند در میزان دقت و خطای هر مدل تاثیر داشته باشد.

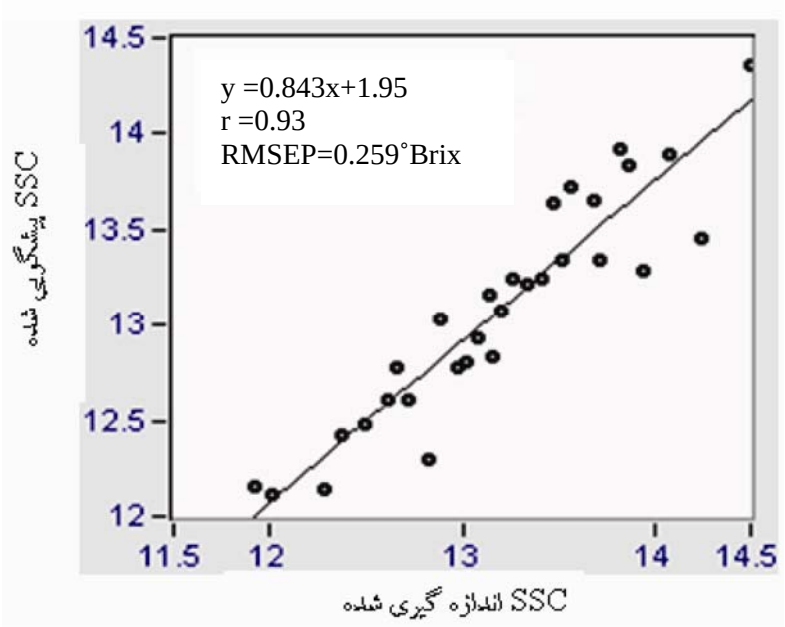


شکل (۲) شدت عبور نور بر حسب طول موج برای ۱۳ عدد کیوی



شکل (۳) میزان جذب بر حسب طول موج برای ۱۰ نمونه کیوی

برای پیشگویی SSC بهترین مدل با انجام پیش پردازش‌های SNV، فیلتر میانه با درجه ۴ و مشتق اول بدست آمد که برای فاکتور نهم PLS میزان ضریب همبستگی به بالاترین مقدار خود یعنی ۰/۹۳ و میزان خطا RMSEP هم بسیار پایین به میزان ۰/۲۵۹ درجه بریکس بود. در (شکل ۴) این نتایج قابل مشاهده می‌باشد.



شکل (۴) نتایج پیشگویی SSC برای مدل پیش پردازش شده با SNV، فیلتر میانه(۴) و مشتق اول

نتایج‌این تحقیق با نتایج بدست آمده توسط آقای اسلاگتر (r=۰/۹۹ و SEC=۰/۷۲ °Brix[1]) برای پیشگویی SSC میوه کیوی مطابقت دارد(۱۰).

در جدول ۱ چند مدل دیگر که دقت بیشتر و خطای کمتری داشتند، آورده شده است. مقایسه‌این مدل‌ها نشان می‌دهد که انجام پیش پردازش تا چه اندازه در دقت مدل و میزان خطای آن نقش مهمی دارد. با اعمال پیش پردازش، ضریب همبستگی در حدود ۳۳٪ بیشتر شده است.

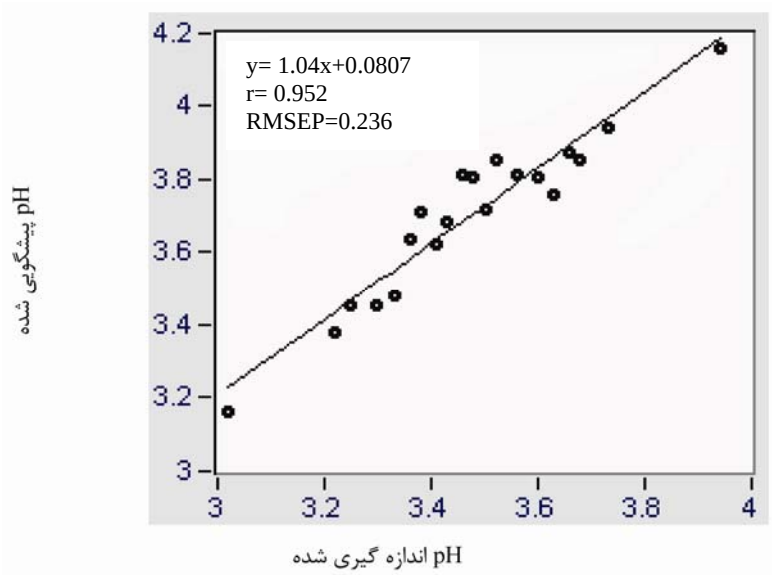
جدول (۱) مدل‌های ساخته شده به کمک پیش پردازش‌های مختلف برای SSC

پیش پردازش‌های اعمال شده	مولفه‌های اصلی	بهترین فاکتور	r	RMSEP
بدون اعمال پیش پردازش	۱۰	۱۰	۰/۶۰	۰/۵۵۱
MSC، ساویتزکی و مشتق اول	۱۰	۹	۰/۷۵۲	۰/۴۲۸
SNV، موجک، مشتق اول	۱۰	۶	۰/۷۹۱	۰/۴۰۱
SNV، فیلتر میانه، مشتق دوم و mean center	۱۰	۵	۰/۹۰۵	۰/۲۷۱
SNV، فیلتر میانه، مشتق اول و mean center	۱۰	۸	۰/۹۲۰	۰/۲۶۲

برای pH بهترین مدل با انجام پیش پردازش‌های MSC، فیلتر میانه با درجه ۴ و مشتق اول بدست آمد که در مورد SSC با پیش پردازش SNV بهترین مدل بدست می‌آمد. برای فاکتور دهم PLS، میزان ضریب همبستگی به بالاترین مقدار خود یعنی ۰/۹۵۲ و میزان خطا RMSEP هم

1 - Standard Error of Calibration (SEC)

بسیار پایین به میزان ۰/۲۳۶ بود. در شکل ۵ این نتایج قابل مشاهده می‌باشد.



شکل (۵) نتایج پیشگویی pH برای مدل پیش پردازش شده با MSC، فیلتر میانه (۴) و مشتق اول

مدل بعدی که نسبت به دیگر مدل‌ها دقت بالاتری داشت با پیش پردازش SNV، فیلتر میانه، مشتق اول، مرکز متوسط و فاکتور نهم PLS بدست آمد. دراینحالت ضریب همبستگی ۰/۹۵۰ و میزان RMSEP برابر با ۰/۰۷۳ بود. در جدول ۲ چند مدل دیگر که دقت بیشتر و خطای کمتری داشتند، آورده شده است.

جدول (۲) مدل‌های ساخته شده به کمک پیش پردازش‌های مختلف برای pH

پیش پردازش‌های اعمال شده	مولفه‌های اصلی	بهترین فاکتور	r	RMSEP
بدون اعمال پیش پردازش	۱۰	۸	۰/۸۴۹	۰/۱۱۵
MSC، ساویتزکی و مشتق اول	۱۰	۱۰	۰/۹۰۴	۰/۱۹۸
SNV، موجک، مشتق اول	۱۰	۶	۰/۷۵۱	۰/۵۴
SNV، فیلتر میانه، مشتق دوم و mean center	۱۰	۷	۰/۹۲۹	۰/۰۸۸
SNV، فیلتر میانه، مشتق اول	۱۰	۱۰	۰/۹۳۵	۰/۰۸

نتیجه گیری

با انتخاب پیش پردازش‌های مختلف، دقت مدل‌ها تغییر می‌کرد که در نهایت با انتخاب پیش پردازش ترکیبی تبدیل متغیر نرمال استاندارد، فیلتر میانه و مشتق اول دقت مدل برای پیشگویی SSC به بالاترین میزان خود یعنی ۰/۹۳ رسید،این در حالی بود که میزان خطا نیز تا ۰/۲۵۹ درجه بریکس کاهش یافت. همچنین برای پیشگویی میزان pH کیوی با انجام پیش پردازش تصحیح پخش افزاینده، فیلتر میانه و مشتق اول بالاترین دقت و کمترین میزان خطا بدست آمد، دراینحالت میزان ضریب همبستگی و خطا به ترتیب ۰/۹۵۲ و ۰/۲۳۶ بود. برای بدست آوردن بهترین نتایج در پیشگویی SSC و pH پیش پردازش‌های مختلفی انجام شد و دقیقترین مدل برای پیشگویی این دو خصوصیت با استفاده از پیش پردازش‌های متفاوتی بدست آمد.

بدین ترتیب با استفاده از روش طیف سنجی NIR می‌توان خصوصیات کیفی میوه‌ها و سبزی‌ها را پیشگویی

کرد. به طور کلی‌این روش دارای مزایایی است که در زیر به آنها اشاره شده است:

۱) غیر مخرب می‌باشد.

۲) سریع قابل انجام هست.

۳) هیچ آماده سازی خاصی برای نمونه لازم نیست.

۴) با انجام یک آزمایش می‌توان چند عامل کیفی را پیشگویی کرد.

۵) اقتصادی تر از روش‌های متداول و سنتی می‌باشد.

منابع

1. Blanco, M. & Villarroya, I.2002.NIR spectroscopy. A rapid-response analytical tool. *Tractrends in analytical chemistry, 21,240-250.*
2. Cen, H., and He, Y.2007.Theory and application of near infrared reflectance spectroscopy in determination of food quality. *Trends in Food Science & Technology,18: 72-83.*
3. Gomez, H., He, Y., and Pereira, A.G.2006. Non-destructive measurement of acidity, soluble solids and firmness of Satsuma mandarin using Vis/NIR spectroscopy techniques. *Journal of Food Engineering, 77:313-319.*
4. Hai-qing, T., Yi-bin, Y., Hui-shan, L., Xia-ping, F., and Hai-yan, Y.2007. Measurement of soluble solids content in watermelon by Vis/NIR diffuse transmittance technique. *Journal of Zhejiang University SCIENCE B, 8 :105-110.*
5. McPherson, R. A., Pincus, M. R.2007. *Henry's Clinical Diagnosis and Management by Laboratory Methods*.21st ed. Saunders Elsevier, USA.
6. Martens, H., Naes, T.1989. *Multivariate calibration*. Wiley, New York.
7. Nicolai, M.B., Beullens, K., Bobelyn, E., Peirs, A., Saeys, W.,Theron, I.K., and lammertyn, J.2007. Nondestructive measurement of fruit and vegetable quality by means of NIR spectroscopy: A review. *Postharvest Biology and Technology, 46: 99-118.*
8. Osborne, B.G., Fearn, T. & Hindle, P.H.1993. *Practical NIR spectroscopy with practical application in food and beverage analysis*, 2nd ed. Pp. 1-220.Harlow, UK: Longman Scientific and Techninal.
9. Shao, Y., Gomez, H., Pereir, G., Qiu, Z., and Zhag, Y.2007. Visible/near infrared spectrometric technique for nondestructive assessment of tomato 'Heatwave' (Lycopersicum esculentum) quality characteristics. *Journal of Food Engineering, 85:672-678.*
10. Slaughter, D., Crisosto, C.H.1998. Nondestructive internal quality assessment of kiwifruit using near-infrared spectroscopy.*Seminars in Food Analysis, 3:131-140.*
11. Sang-He, N., and Kyu-Hong, C. Nondestructive quality evaluation technologies for fruits and vegetables. www.unapcaem.org, visited: 2007/04/08.
12. Viscarra Rossel, R.A.2008. ParLeS: Software for chemometric analysis of spectroscopic data. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems, 90: 72-83.*
13. Xing-ping, F., Yi-bin, Y., Hui-shan, L., and Huirong, X.2007. Comparison of diffuse reflectance and transmission mode of visible-near infrared spectroscopy for detecting brown heart of pear. *Journal of Food Engineering.83,317-323.*

Nondestructive evaluation of internal quality characteristics of kiwifruit by Vis/NIR spectroscopy

A. Moghimi[*] – M.H. Aghkhani – A. Sazgarnia – M. Sarmad[1]

Abstract

The assessment of ripeness is a major part of quality evaluation and depends on several factors such as soluble solid content (SSC), acidity and firmness. Most of the methods THAT measure these qualities are destructive. So it is essential to develop an efficient and nondestructive method for measuring internal attributes of fruit. The objective of this study was to investigate visible and near infrared (Vis/NIR) spectroscopy method for prediction of SSC and pH of kiwi fruit. Near infrared spectroscopy is a fast and a nondestructive analytical technique. One of the main advantages of NIR spectroscopy is that IT allows several constituents to be measured at the same time. Transmittance determinations in the 400-1000 nm range were carried out on samples which WERE separated randomly into two groups: first group for making calibration models and second one for quality predictions. Different data preprocessing and spectra treatments such as standard normal variate transformation (SNV), multiplicative scatter correction (MSC), median filter and derivative were used to eliminate noise. Then calibration models were developed by using principal component analysis (PCA) and partial least squares (PLS). Performance of different models was assessed in terms of root mean square errors of prediction (RMSEP) and correlation coefficient (r) between the predicted and measured parameter values. The correlation coefficient and root mean square errors of prediction to soluble solids content and pH were 0.93, 0.952 and 0.259˚Brix, 0.236, respectively. The results indicated the feasibility of Vis/NIR transmittance spectral analysis to predict SSC and pH of kiwi fruit in a nondestructive way.

Keywords: internal quality evaluation of fruit, kiwi fruit, Visible/NIR spectroscopy and nondestructive measurements

* - Coressponding author Email: Ali-moghimi1981@yahoo.com
1 - Contribution from College of Agriculture Ferdowsi University of Mashhad