مقایسه خواص فیزیکوشیمیایی انار سالم با انار سرمازده

سید علی موسوی [۱]، راضیه پوردربانی [۱*]، سجاد سبزی [۲]

۱- گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی ، دانشگاه محقق اردبیلی

۲- دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه صنعتی شریف

ایمیل نویسنده مسئول: r_pourdarbani@uma.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۰۶

چکیده

تخمین غیر مخرب خصوصیات فیزیکوشیمیایی مختلف مواد غذایی مانند میوه‌ها و سبزیجات، تحولی شگرف در صنعت غذایی ایجاد خواهد کرد. دلیل این تحول به غیر مخرب بودن، برخط بودن و از همه مهم‌تر سریع بودن آن بر می‌گردد. تعدادی از خصوصیات داخلی که مورد توجه مصرف کنندگان می‌باشد عبارتند از محتوای مواد محلول ، اسیدیته تتراسیون ، اسید، سفتی و بافت می‌باشد. بنابراین هدف این تحقیق مقایسه خواص فیزیکوشیمیایی با استفاده از داده های طیفی می باشد که در صورت معنی دار بودن بتوان گام بعدی را برای تخمین غیرمخرب خواص برداشت. ابتدا ۷۰ عدد انار سالم و سرما زده تهیه و برچسب گذاری شدند و داده های طیفی به کمک اسپکترومتر بازتابی در طیف ۹۰۰تا ۱۷۰۰ نانومتر استخراج شدند. سپس تک تک نمونه ها در معرض سنجش آزمونهای مخرب برای اندازه گیری پارامترهای پی اچ (pH)، اسیدیته (TA)، میزان مواد محلول جامد (SSC) و سفتی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که اولا بین تمام متغیرهای مورد بررسی اعم از داده های طیفی، پارامترهای پی اچ ، اسیدیته ، میزان مواد محلول جامد و سفتی، اختلافات معنی داری بین کلاس سالم و سرما زده مشاهده شد. سپس کلاستربندی انجام شد و تعداد نمونه های کلاسهای سالم و سرمازده که بدرستی خوشه بندی شدند شمارش شد. ۳ مورد نتوانستند با توجه به کلاس معین خود در هیچ کلاستری جایابی شوند. ٦٦ مورد از کلاس سالم و ٦٢ مورد از کلاس سرمازده در کلاستر صحیح جایابی شدند. نرخ کلاس بندی صحیح کل ۹۱٪ بدست امد.

کلمات کلیدی

"انار"، "سرما زده"، "داده طیفی"، "خواص فیزیکوشیمیایی".

۱- مقدمه

میوه‌ها جزو مواد غذایی می‌باشند که سرشار از ویتامین بوده و مصرف آن‌ها در میان مردم سراسر جهان رواج دارد. متناسب‌با آب، هوا و خاک هر منطقه از کره زمین، میوه‌های مختلفی رشد می‌کنند. بنابراین جهت توزیع این میوه‌ها در داخل کشورها یا به صورت صادراتی برای سایر کشورها، باید استانداردهایی لحاظ گردد در غیر اینصورت در مراحل پس‌از برداشت خساراتی به آن‌ها وارد شده و باعث افت کیفیت آن‌ها می‌شود. به‌طورکلی جهت بررسی کیفیت میوه‌ها باید از دو منظر به آن‌ها نگریست، کیفیت خارجی و کیفیت داخلی. کیفیت خارجی شامل اندازه، وزن، عدم خسارت روی پوست میوه‌ها و غیرو و کیفیت داخلی شامل میزان محتوای مواد جامد محلول[۱]، اسیدیته کل[۲]، میزان قند و غیرو می‌باشد. برای اندازه‌گیری کیفیت خارجی میوه‌ها تحقیقات فراوانی انجام شده است که نتایج آن‌ها تولید دستگاه‌های مختلف سورتینگ و درجه‌بندی می‌باشد (Blasco et al., ۲۰۰۳; Leemans et al., ۲۰۰۲; Kondo et al., ۲۰۰۰). این روش‌ها همگی روش‌های غیرمخرب بودند، یعنی نیاز به تخریب محصول جهت تعیین میزان کیفیت خارجی آن‌ها نیست. برخلاف روش‌های اندازه‌گیری کیفیت خارجی، اکثر روش‌های اندازه‌گیری کیفیت داخلی میوه‌ها مخرب، زمان‌بر و هزینه‌بر می‌باشند (Liu et al., ۲۰۱۰). در سال‌های اخیر تحقیقات مختلفی جهت پیش‌بینی خصوصیات شیمیایی میوه‌ها که تعیین کننده کیفیت داخلی آن‌ها می‌باشند انجام شده است (Arendse et al., ۲۰۱۷). روش‌های مختلفی جهت بررسی کیفی غیرمخرب پیشنهاد شده است که از میان آن‌ها می‌توان به طیف‌سنجی مادون قرمز نزدیک[۳] (Nicolai et al.,۲۰۰۷)، سیستم‌های تصویربرداری چند طیفی و فراطیفی[۴] (Gowen et al., ۲۰۰۷)، تصویربرداری رزونانس مغناطیسی هسته‌ای[۵]

[۱] Soluble Solids Content (SSC)

[۲] Total Acidity (TA)

[۳] Near Infrared Spectroscopy (NIRS)

[۴] Multispectral and Hyperspectral Imaging

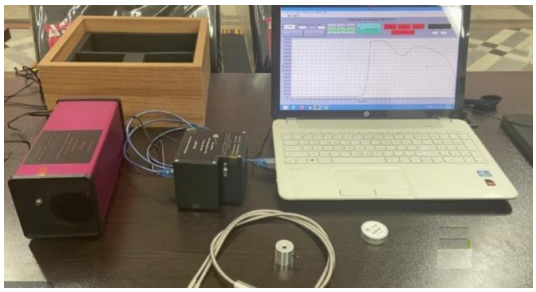
[۵] Nuclear Magnetic Resonance Imaging (NMR)

Marcone et al., ۲۰۱۳; Zhang and McCarthy,) ۲۰۱۳)، اشعه ایکس[۱] (Donis-González et al., ۲۰۱٤ ,□□□□□ □□□ □□□□□□□ □□□□□ □□□□ ۲۰۱٤) اشاره کرد. علاوه بر روش‌های ذکر شده روش طیف‌سنجی نور مرئی/ مادون قرمز نزدیک[۲] نیز مورد اسستقبال محققان مختلف قرار گرفته است، به‌طوری‌که یکی از موفق‌ترین روش‌های غیرمخرب برای اندازه‌گیری اجزا شیمیایی و خصوصیات کیفی میوه‌ها و سبزیجات می‌باشد (Clement et al., ۲۰۱۵ ,□□ □□ □□□ □□□□□□□□ □□ □□□□□□□□ ۲۰۰٦ ,□□ □□ □□□ ۲۰۰۸ Huang et al., ۲۰۱۸). روش طیف‌سنجی نور مرئی/ مادون قرمز بنابر اهداف مختلف بر روی میوه‌هایی مختلف مانند زردآلو (Amoriello et al.,۲۰۱۸)، زیتون (Moscetti et al.,۲۰۱٦)، گلابی (Bexiga et al.,۲۰۱۷)، سیب (Eisenstecken et al., ۲۰۱۹)، گریپ‌فروت (Ncama et al., ۲۰۱۷)، عناب (Nordey et al.,۲۰۱۷)، گوجه فرنگی (Huang et al., ۲۰۱۸) اعمال شده‌اند.در تحقیقی که توسط (Oliveira-Folador et al., ۲۰۱۸) انجام شد، با استفاده از دو روش طیف‌سنجی نزدیک مادون قرمز[۳] و میانه مادون قرمز[٤] یک روش سریع جهت ارزیابی کیفی میوه پیشن‌فروت[٥] پیشنهاد دادند. برای انجام آزمایش ۱۳۰ نمونه از میوه پیشن‌فروت مورد استفاده قرار گرفت. در نهایت با استفاده از تحلیل رگرسیون حداقل مربعات جزئی خطی[٦] مدل‌هایی برای پیش‌بینی خصوصیات شیمیایی فروکتوز[۷]، اسیدیته تیتراسیون[۸]، ویتامین ث[۹]، محتوای مواد جامد محلول، ساکارز[۱۰] و گلوکز[۱۱] ارائه دادند. ضریب تعیین این مدل‌ها در بازه ۰/۷٤ تا ۰/۹٥ قرار داشت. Bizzani et al.,۲۰۱۷ به ارائه یک روش غیر مخرب جهت تخمین استحکام[۱۲]، ضخامت پوست و محتوای کل پکتین[۱۳] پرداختند. آن‌ها از مدل‌های رگرسیون حداقل مربعات جزئی[۱٤] داده‌های طیف‌سنجی رزونانس مغناطیسی حوزه زمان[۱٥]، نزدیک مادون قرمز و طیف‌سنجی نیمه مادون قرمز برای پیش‌بینی این خصوصیات در پرتقال‌های تازه والنسیا استفاده کردند. نتایج نشان داد NIR و MIR دارای بهترین مدل‌های PLSR برای پیش‌بینی استحکام پرتقال به ترتیب با ضرایب همبستگی پیرسون ۰/۹۲ و ۰/۸٤ بودند. برای پیش‌بینی ضخامت پوست پرتقال مدل PLSR معتبر مربوطبه TD-NMR با ضرایب همبستگی پیرسون ۰/۷۲ بود. در نهایت محتوای کل پکتین با استفاده از مدل PLSR مربوطبه TD-NMR و NIR به ترتیب با ضرایب همبستگی پیرسون ۰/۷٦ و ۰/۷۰ پیش‌بینی شدند. Lu و همکاران (۲۰۱٥) بیان داشتند که مدل های TSS به دست آمده از طیف (NIR(٥۰۰-۱۰۱۰nm تا حد زیادی با توجه به نقطه نمونه گیری متفاوت هستند. محتوای TSS خربزه با موقعیت نمونه گیری قطر کوچک[۱٦] در مقایسه با موقعیت قطر بزرگ[۱۷]، بهتر پیش بینی شده است. به طور مشابه ، کل مواد جامد محلول در پرتقال Newhall وابسته به داده های طیفی حاصل از موقعیت‌های مختلف بودهدف این مقال مقایسه خواص فیزیکوشیمیایی انار سالم و یخ زده می باشد. زیرا در صورت موفقیت آمیز بودن نتایج، کمک شایانی به سیستم های آنلاین در تخمین غیرمخرب خواص فیزیکوشیمیایی محصولات کشاورزی می کند که هم سریع و هم دقیق می باشد

۲- روش انجام تحقیق

ابتدا۷۰ عدد انار سالم و یخ زده تهیه و برچسب گذاری شدند و داده های طیفی به کمک اسپکترومتر بازتابی (شرکت ایمن تجهیز، کاشان) استخراج شدند. تجهیزات سخت افزاری اسپکترومتر در شکل ۱ نشان داده شد است. اسپکترومتردر بازه طیفی ۹۰۰-۱۷۰۰ نانومتر کار می کند. فیبر مورد استفاده در این مدل از نوع سه شاخه (Y) است که یک شاخه آن به منبع نور، شاخه دوم به اسپکترومتر و شاخه سوم به عنوان پروب روی نمونه قرار داده می شود تا طیف بازتابی از نمونه توسط دستگاه آنالیز شود. منبع نور همراه دستگاه از نوع تنگستن است. به منظور ثبت داده مرجع در طیف سنجی بازتابی، همراه دستگاه یک عدد قرص بازتابنده مرجع ارائه می شود. سپس تک تک نمونه ها در معرض سنجش آزمونهای مخرب برای اندازه گیری پارامترهای پی اچ (pH)، اسیدیته (TA)، میزان مواد محلول جامد (SSC) و سفتی قرار گرفتند.

[۱] X-ray
[۲] Visible and near-infrared(Vis/NIR) spectroscopy
[۳] Near infrared (NIR) spectroscopy
[٤] Mid infrared (MIR) spectroscopy
[٥] Passion Fruit
[٦] Linear partial least square (PLS)
[۷] Fructose (FRU)
[۸] Titratable acidity (TA)
[۹] Vitamin C (ascorbic acid)
[۱۰] Sucrose (SUC)
[۱۱] Glucose (GLC)
[۱۲] Firmness
[۱۳] Fotal pectin content
[۱٤] Partial Least Square Regression (PLSR)
[۱٥] Time domain nuclear magnetic resonance (TD-NMR)
[۱٦] equatorial sampling position
[۱۷] stylarend position



شکل ۱. تجهیزات سخت افزاری اسپکترومتر بازتابی مدل NIR-GR-۹۱۷

۲-۱-خواص فیزیکی

۲-۱-۱-سنجش تغییرات بافتی

خصوصیات بافتی میوه انار شامل استحکام، انسجام، مقدار راحتی جهت جویدن و حالت ارتجاعی است. از بین این خصوصیات، استحکام شناخته‌شده‌ترین و مهم‌ترین خصوصیت بافتی می‌باشد که با دستگاه سنجش فشار در واحدهای نیوتن اندازه‌گیری می‌شود. آزمون به وسیله میله فولادی با قطر استاندارد ۸ میلیمتر که به دستگاه سفتی‌سنج (مطابق شکل٦) متصل شده صورت خواهد گرفت. نیروی متناظر با مقدار نفوذ حداکثری (نیروی نفوذ) به‌عنوان شاخص سفتی تلقی خواهد شد. آزمون نفوذ در مرکز میوه در چندین نقطه با فاصله برابر روی محیط میوه و پس از حذف یک تکه از پوست میوه انجام خواهد شد(Valero et al. ۲۰۰۷). مطالعات متعددی گزارش داده‌اند که ویژگی‌های بافتی میوه انار بسته به شرایط نگهداری تغییر می‌کند. با توجه به ذخیره‌سازی رقم های مختلف در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، ۱۵ درجه سانتی‌گراد و ۸ درجه سانتی‌گراد منجر به کاهش استحکام میوه بعد از ۱ ، ۵ و ۷ هفته شد.میردخان و همکاران (۲۰۰٦) گزارش دادند که اگر انار در ۲ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ٪۹۰ ذخیره شود، بعد از ۹۰ روز کاهش قابل‌توجهی در استحکام نشان می‌دهد. بر این اساس، میوه‌های انار پس از ۳۰ روز نگهداری در ۵ درجه سانتی‌گراد، سفت‌تر می‌شوند. بااین‌حال، کاهش استحکام میوه همچنین با تلفات رطوبت مرتبط است و درنتیجه سخت شدن پوست میوه به وجود می‌آید.

شکل ۲- دستگاه سفتی سنج میوه

۲-۲-بررسی خواص شیمیایی

بدین منظور انارها آبگیری و سپس خواص شیمیایی آنها به‌صورت زیر اندازه‌گیری خواهد شد .

۲-۲-۱-مواد جامد محلول

میزان مواد جامد محلول توسط دستگاه رفرکتومتر چشمی برحسب درصد با ریختن یک یا دو قطره آب‌میوه بر روی صفحه شیشه‌ای رفرکتومتر اندازه گیری می‌شود.

شکل ۳- دستگاه رفرکتومتر برای اندازه گیری مواد جامد محلول

طبق استانداردهای رسیدگی برای انارهای رقم Wonderfulکه در کالیفرنیا اصلاح‌شده است، کل مواد جامد محلول باید بیش از ۱۷ درصد باشد. بااین‌حال، این مقادیر رقمی وابسته به جغرافیایی منطقه هم هست. گزارش‌شده است که رقم Wonderful به‌طور متوسط ٪۲۱.٤٥ کل مواد جامد محلول در قبرس را دارد. طبق همین تحقیقات، رقم Acco دارای ٪۱۷.۲۹ و هرسکوویتز به‌طور متوسط ٪۱٦.۰۰ کل مواد جامد محلول را دارد.اکبرپور و همکاران. (۲۰۰۹) مطالعه‌ای را در مورد کل مواد جامد محلول در ۱۲ ارقام در ایران انجام داد و گزارش داد که کل مواد جامد محلول از ۱۵.۱۷ تا ۲۲.۰۳ بریکس متغیر می‌باشد.

۲-۲-۲-pH

جهت اندازه‌گیری pH آب‌میوه، از pH سنج دیجیتالی در دمای محیط استفاده خواهد میشود. مقداری از آب‌میوه در بشر ریخته و با وارد کردن الکترود درون آب‌میوه، مقدار pH اندازه‌گیری می‌شود.

شکل ٤- دستگاه pH متر برای اندازه گیری اسید

۲-۲-۳- اسیدیته قابل تیتراسیون

اسیدیته آب انار در بین ارقام متفاوت است. گزارش‌شده است که شرایط ذخیره‌سازی بر اسیدیته تأثیر می‌گذارد و باعث کاهش دما بین ۰ تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱٦ هفته می‌شود. وارسته و همکاران (۲۰۰۹) پنج رقم در ایران را مورد ارزیابی قراردادند و گزارش کردند که اسیدیته از ۰/۷۹ تا ٪۱.۳۵ متغیر بوده است.جهت تعیین میزان اسیدیته میوه، از روش تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال استفاده می‌شود و از روی میزان سود مصرفی مقدار اسیدیته قابل تیتراسیون بر اساس اسید مالیک محاسبه می‌شود (Saini et al, ۲۰۰٦).برای تحلیل آماری و یافتن رابطه همبستگی بین متغیرها از ضریب پیرسون استفاده شد. ضریب همبستگی پیرسون یک روش مبتنی بر آمار پارامتریک است که شدت و جهت رابطه دو متغیر را نشان می‌دهد. این روش هم مثل سایر روش‌های همبستگی روابط بین متغیرها را دو به دو در نظر می‌گیرد. یعنی در صورتی که رابطه بین دو متغیر A و B را با حضور یا بدون حضور متغیری مانند C ارزیابی کنیم، همچنان میزان این رابطه یکسان به دست می‌آید. ین ضریب میزان همبستگی بین دو متغیر فاصله‌ای یا نسبی را محاسبه می‌کند که مقدار آن بین ۱+ و ۱- متغیر است. در صورتی که مقدار به دست آمده مثبت باشد، به این معنی است که تغییرات دو متغیر به صورت هم جهت اتفاق می‌افتد. به عبارت دیگر، با افزایش در هر متغیر، متغیر دیگر نیز افزایش می‌یابد. در مقابل، اگر مقدار r منفی شد، به این معنی است که دو متغیر در جهت عکس هم عمل می‌کنند. به عبارت دیگر، با افزایش مقدار یک متغیر، مقادیر متغیر دیگر کاهش می‌یابد و بر عکس. از سوی دیگر، اگر مقدار به دست آمده صفر باشد، نشان می‌دهد که هیچ رابطه‌ای بین دو متغیر وجود ندارد و اگر ۱+ باشد، همبستگی مثبت کامل و اگر ۱- باشد، همبستگی کامل و منفی است

۳- نتایج

طبق نتایج جدول ۱، بین تمام متغیرهای مورد بررسی اعم از داده های طیفی، پارامترهای پی اچ (pH)، اسیدیته (TA)، میزان مواد محلول جامد (SSC) و سفتی، اختلافات معنی داری بین کلاس سالم و یخ زده مشاهده شد. بنابراین شناسایی غیر مخرب دو کلاس سالم و یخ زده امکانپذیر است.کلاستربندی در نرم SPSS انجام شد و تعداد نمونه های کلاسهای سالم و سرمازده (۷۰ نمونه از هر کلاس) که بدرستی خوشه بندی شدند شمارش شد. ۳ مورد نتوانستند با توجه به کلاس معین خود در هیچ کلاستری جایابی شوند. ٦٦ مورد از کلاس سالم و ٦۲ مورد از کلاس سرمازده در کلاستر صحیح جایابی شدند. نرخ کلاس بندی صحیح کل ۹۱٪ بدست امدبه منظور امکانسنجی تخمین خواص فیزیکوشیمیایی با استفاده از داده های طیفی، باید به کمک ابزار شبکه عصبی مصنوعی به دنبال رصد طول موجهای موثر که در انها، اختلافات خواص بین کلاس سالم و سرمازده بیشترین میشود بود.

٤- نتیجه گیری

تخمین غیر مخرب خصوصیات فیزیکوشیمیایی میوه‌ها و سبزیجات، گامی موثر در صنعت غذایی است. چرا که به خاطر غیرمخرب بودنش منجر به برخط بودن و از همه مهم‌تر سریع بودن سیستم می گردد. بنابراین هدف این تحقیق امکانسجی تخمین غیرمخرب خواص فیزیکوشیمیایی با استفاده از داده های طیفی می باشد که بین تمام متغیرهای مورد بررسی اعم از داده های طیفی، پارامترهای پی اچ ، اسیدیته ، میزان مواد محلول جامد و سفتی، اختلافات معنی داری بین کلاس سالم و سرما زده مشاهده شد. اما برای تخمین خواص نیازمند تعیین طول موج موثر می باشد.

جدول ۱. تحلیل واریانس ANOVA برای متغیرهای مختلف در دو کلاس سالم و یخ زده

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
spectra	Between Groups	۱.٦٤٧E٩	۱	۱.٦٤٧E٩	٥٩.١٠٥	.٠٠٠
	Within Groups	۳.۸٤٦E٩	۱۳۸	۲.۷۸۷E۷		
	Total	٥.٤٩۳E٩	۱۳۹			
SSC	Between Groups	۳٤.٥۲۲	۱	۳٤.٥۲۲	۱٤.۲۰٤	.٠٠٠
	Within Groups	۳۳٥.۳۹٤	۱۳۸	۲.٤۳۰		
	Total	۳٦۹.۹۱٥	۱۳۹			
pH	Between Groups	.۸٤۲	۱	.۸٤۲	۹.٤٦٦	.٠۰۳
	Within Groups	۱۲.۲۸۱	۱۳۸	.٠۸۹		
	Total	۱۳.۱۲۳	۱۳۹			
TA	Between Groups	۱.٤۹۸E۸	۱	۱.٤۹۸E۸	۳۸.۱٥۷	.٠٠٠
	Within Groups	٥.٤۱٦E۸	۱۳۸	۳۹۲٤۹۱۲.٠٠۸		
	Total	٦.۹۱٤E۸	۱۳۹			
Firmness	Between Groups	۲۸۷٥٦.٠۱۱	۱	۲۸۷٥٦.٠۱۱	۱۰٤.۱٤۳	.٠٠٠
	Within Groups	۳۸۱۰٤.۷٠٥	۱۳۸	۲۷٦.۱۲۱		
	Total	٦٦۸٦٠.۷۱٦	۱۳۹			

Initial Cluster Centers

	Cluster	
	۱	۲
pH	۲.٦٥	۳.۷۸
SSC	۱٦.٠٠	۱٥.۸۹
TA	۱.٠٤E٤	٥۳٠٠.٠٠
Firmness	٦٥.۲٠	۸۹.۳۷
Spectrum	۲.٤٤E٤	٥۳۳۸.۱۹

Final Cluster Centers

	Cluster	
	۱	۲
pH	۳.٠٤	۳.٠٤
SSC	۱۷.٤٥	۱۷.٠٥
TA	۸۸۲٥.٠٠	۸۳۷٠.٦٥
Firmness	۷٠.۱٤	۸٦.٤٥
Spectrum	۱.۷٥E٤	٦٤٥۱.٠۷

Class	healthy	Freezed	total	CCR%
Healthy	٦٦	۲	٦۸	۹۱٪
Freezed	۷	٦۲	٦۹	
۳ Missing			۱٤٠	

Number of Cases in each Cluster

Cluster	۱	٦۸.٠٠٠
	۲	٦۹.٠٠٠
Valid		۱٤٠.٠٠٠
Missing		۳.٠٠٠

منابع

Arendse, Ebrahiema, Fawole, Olaniyi Amos, Magwaza, Lembe Samukelo, & Opara, Umezuruike Linus. (۲۰۱۷). Non-destructive prediction of internal and external quality attributes of fruit with thick rind: A review. *Journal of Food Engineering*. doi: ۱۰,۱۰۱٦/j.jfoodeng. ۲۰۱۷,۰۸,۰۰۹

Baranska, M, Schutze, W, & Schulz, H. (۲۰۰٦). Determination of lycopene and *B*-carotene content in tomato fruits and related products: comparison of FT-Raman, ATR-IR, and NIR spectroscopy. *Anal. Chem, 78*, ۸٤٥٦-۸٤٦۱.

Bexiga, Florentino, Rodrigues, Daniela, Guerra, Rui, Brázio, António, Balegas, Tiago, Cavaco, Ana M., . . . Oliveira, José Valente de. (۲۰۱۷). A TSS classification study of 'Rocha' pear (Pyrus communis L.) based on noninvasive visible/near infra-red reflectance spectra. *Postharvest Biology and Technology, 132* ۲۳–۳۰.

Blasco, J, Aleixos, N, & Molto, E. (۲۰۰۳). Machine vision system for automatic quality grading of fruit. *Biosystems engineering, 85(4)*, ٤۱٥-٤۲۳.

Clement, A, Dorais, M, & Vernon, M. (۲۰۰۸). Nondestructive measurement of fresh tomato lycopene content and other physicochemical characteristics using visible-NIR spectroscopy. *J. Agric. Food Chem, 56*, ۹۸۱۳–۹۸۱۸.

Crisosto, C.H, Crisosto, G.M, & Metheney, P. (۲۰۰۳). Consumer acceptance of 'Brooks' and 'Bing' cherries is mainly dependent on fruit SSC and visual skin color. *Postharvest Biol. Technol., 28*, ۱٥۹–۱٦۷.

Donis-González, I.R, Guyer, D.E, Fulbright, D.W, & Pease, A. (۲۰۱٤). Postharvest noninvasive assessment of fresh chestnut (Castanea spp.) internal decay using computer tomography images. *Postharvest Biol Technol, 94*, ۱٤–۲٥.

Eisenstecken, Daniela, Stürz, Barbara, Robatscher, Peter, Lozano, Lidia, Angelo Zanella, & Oberhuber, Michael. (۲۰۱۹). The potential of near infrared spectroscopy (NIRS) to trace apple origin: Study on different cultivars and orchard elevations. *Postharvest Biology and Technology, 147* ۱۲۳–۱۳۱.

Francis, F.J. (۱۹۹٥). Quality as influenced by color. *Food Qual. Prefer, 6*, ۱٤۹–۱٥٥.

Gowen, A.A, O'Donnell, C.P, Cullen, P.J, Downey, G, & Frias, J.M. (۲۰۰۷). Hyperspectral imaging-an emerging process analytical tool for food quality and safety control. *Trends in Food Science & Technology, 18*, ٥۹۰–٥۹۸.

Hertog, M.L.A.T.M, Lammertyn, J, Desmet, M, Scheerlinck, N, & Nicolai, B.M. (۲۰۰٤). The impact of biological variation on postharvest behavior of tomato fruit. *Postharvest Biol. Technol., 34*, ۲۷۱–۲۸٤.

Huang, Yuping, Lu, Renfu, & Chen, Kunjie. (۲۰۱۸). Assessment of tomato soluble solids content and pH by spatially-resolved and conventional Vis/NIR spectroscopy. *Journal of Food Engineering, 236*, ۱۹–۲۸.

Huang, Yuping, Lu, Renfu, Hu, Dong, & Chen, Kunjie. (۲۰۱۸). Quality assessment of tomato fruit by optical absorption and scattering properties. *Postharvest Biology and Technology, 143*, ۷۸–۸٥.

Kondo, N, Ahmad, U, Monta, M, & Murase, H. (۲۰۰۰). Machine vision based quality evaluation of Lyokan orange fruit using neural networks. *Computers and Electronics in Agriculture, 29* (۱–۲), ۱۳٥–۱٤۷.

Lana, M.M, Tijskens, L.M.M, Theije, A de, Hogenkamp, M, & Kooten, O van. (۲۰۰٦). Assessment of changes in optical properties of fresh-cut tomato using video image analysis. *Postharvest Biol. Technol., 41*, ۲۹٦–۳۰٦.

Leemans, V, Magein, H, & Destain, M.F. (۲۰۰۲). AE-automation and emerging technologies: on-line fruit grading according to their external quality using machine vision. *Biosystems Engineering, 83* (٤), ۳۹۷–٤۰٤.

Liu, Yande, Sun, Xudong, Zhang, Hailiang, & Aiguo, Ouyang. (۲۰۱۰). Nondestructive measurement of internal quality of Nanfeng mandarin fruit by charge coupled device near infrared spectroscopy. *Computers and Electronics in Agriculture, 71S* S۱۰–S۱٤.

Magwaza, L.S, & Opara, U.L. (۲۰۱٤). Investigating non-destructive quantification and characterization of pomegranate fruit internal structure using X-ray computed tomography. *Postharvest Biol Technol, 95*, ۱–٦.

Marcone, M.F, Wang, S, Albabish, W, Nie, S, Somnarain, D, & Hill, A. (۲۰۱۳). Diverse food based applications of nuclear magnetic resonance (NMR) technology. *Food Research International, 51*, ۷۲۹–۷۴۷.

Moscetti, Roberto, Haff, Ron P., Monarca, Danilo, Cecchini, Massimo, & Massantini, Riccardo. (۲۰۱۶). Near-infrared spectroscopy for detection of hailstorm damage on olive fruit. *Postharvest Biology and Technology, 120* ۲۰۴–۲۱۲.

Ncama, Khayelihle, Opara, Umezuruike Linus, Tesfay, Samson Zeray, Fawole, Olaniyi Amos, & Magwaza, Lembe Samukelo. (۲۰۱۷). Application of Vis/NIR spectroscopy for predicting sweetness and flavour parameters of 'Valencia' orange (Citrus sinensis) and 'Star Ruby' grapefruit (Citrus x paradisi Macfad). *Journal of Food Engineering, 193* ۸۶-۹۴.

Nicolaï, B.M, Beullens, K, Bobelyn, E, Peirs, A, Saeys, W, & Theron, I.K. (۲۰۰۷). Non- destructive measurement of fruit and vegetable quality by means of NIR spectroscopy: A review. *Postharvest Biology and Technology, 46*, ۹۹–۱۱۸.

Nisha, P, Singhal, R.S, & Pandit, A.B. (۲۰۱۱). Kinetic modelling of colour degradation in tomato puree (Lycopersicon esculentum L.). *Food Bioprocess Technol. , 4*, ۷۸۱–۷۸۷.

Nordey, Thibault, Joas, Jacques, Davrieux, Fabrice, Chillet, Marc, & Lechaudel, Mathieu. (۲۰۱۷). Robust NIRS models for non-destructive prediction of mango internalquality. *Scientia Horticulturae, 216* ۵۱–۵۷.

Oliveira-Folador, Gabrieli, Bicudo, Milene de Oliveira, Andrade, Eriel Forville de, Renard, Catherine Marie-Geneviève Claire, Bureau, Sylvie, & Castilhos, Fernanda de. (۲۰۱۸). Quality traits prediction of the passion fruit pulp using NIR and MIR spectroscopy. *LWT - Food Science and Technology* doi: ۱۰,۱۰۱۶/j.lwt.۲۰۱۸,۰۴,۰۷۸

Pan, L, Lu, R, Zhu, Q, McGrath, J.M, & Tu, K. (۲۰۱۵). Measurement of moisture, soluble solids, sucrose content and mechanical properties in sugar beet using portable visible and near-infrared spectroscopy. *Postharvest Biol. Technol, 102*, ۴۲–۵۰. doi: http://dx.doi.org/۱۰,۱۰۱۶/j.postharvbio.۲۰۱۵,۰۲,۰۰۵

Tilahun, Shimeles, Park, Do Su, Seo, Mu Hong, Hwang, In Geun, Kim, Seok Hyeon, Choi, Han Ryul, & Jeong, Cheon Soon. (۲۰۱۸). Prediction of lycopene and β-carotene in tomatoes by portable chromameter and VIS/NIR spectra. *Postharvest Biology and Technology, 136* ۵۰–۵۶.

Uwadaira, Yasuhiro, Sekiyama, Yasuyo, & Ikehata, Akifumi. (۲۰۱۸). An examination of the principle of non-destructive flesh firmness measurement of peach fruit by using VIS-NIR spectroscopy. *Heliyon, 4*, e۰۰۵۳۱. doi: ۱۰,۱۰۱۶/j.heliyon.۲۰۱۸.e۰۰۵۳۱

Zhang, Shanwen, Wu, Xiaowei, You, Zhuhong, & Zhang, Liqing. (۲۰۱۶). Leaf image based cucumber disease recognition using sparse representation classification. *Computers and Electronics in Agriculture, 134*, ۱۳۵-۱۴۱.

Comparison of physicochemical properties of healthy pomegranate with frozen ones

Ali Mousavi[۱] ; Razieh Pourdarbani[۱], Sajad Sabzi[۲]

۱ Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

۲ Faculty of Computer Engineering, Sharif University of Technology, Tehran, Iran

Abstract

Non-destructive estimation of various physicochemical properties of food such as fruits and vegetables will create a tremendous change in the food industry because it is non-destructive, online, and most importantly, fast. A number of internal characteristics that are of interest to consumers are the content of soluble solids content (SSC), acidity of titration (TA), PH and texture. Therefore, the aim of this research is to compare the physicochemical properties using spectral data, so that if it is significant, the next step can be taken for the non-destructive estimation of the properties. First, ۷۰ healthy and frozen pomegranates were prepared and labeled, and spectral data were extracted using a reflection spectrometer in the range of ۹۰۰-۱۷۰۰ nm. Then each sample was subjected to destructive tests to measure pH, acidity (TA), soluble solids content (SSC) and firmness. The results showed that, firstly, significant differences were observed between the healthy and frozen classes among all the investigated variables, including spectral data, pH, TA, SC and Firmness. Then clustering was done and the number of healthy and frozen classes that were correctly clustered was extracted. ۳ cases could not be placed in any cluster according to their specific class. ٦٦ cases from the healthy class and ٦٢ cases from the frozen class were placed in the correct cluster. The total correct classification rate was ۹۱٪

Introduction

Fruits are among the foods that are rich in vitamins and their consumption is popular among people all over the world. According to the water, air and soil of each region of the globe, different fruits grow. Therefore, in order to distribute these fruits inside the countries or for export to other countries, standards must be taken into account, otherwise, damages will be caused to them in the post-harvest stages and it will cause their quality to decline.Many researches have been done to measure the external quality of fruits, the results of which are the production of different sorting and grading devices (Blasco et al., ۲۰۰۳; Leemans et al., ۲۰۰۲; Kondo et al., ۲۰۰۰). These methods were all non-destructive methods, that there is no need to destroy the product to determine their external quality. Unlike external quality measurement methods, most of the internal quality measurement methods of fruits are destructive, time-consuming and expensive (Liu et al., ۲۰۱۰). In recent years, various researches have been conducted to predict the chemical characteristics of fruits that determine their internal quality (Arendse et al., ۲۰۱۷). Various methods have been proposed for non-destructive quality inspection, among which are near-infrared spectroscopy (Nicolai et al., ۲۰۰۷), multispectral and hyperspectral imaging systems (Gowen et al., ۲۰۰۷), nuclear magnetic resonance imaging (Marcone et al. al., ۲۰۱۳; Zhang and McCarthy, ۲۰۱۳), X-rays (Donis-González et al., ۲۰۱٤; Magwaza and Opara, ۲۰۱٤). In a research conducted by (Oliveira-Folador et al., ۲۰۱۸), using two near-infrared and mid-infrared spectroscopic methods, they proposed a quick method to evaluate the quality of passion fruit. ۱۳۰ samples of passion fruit were used for the experiment. Finally, using linear partial least squares regression analysis, they presented models for predicting the chemical properties of fructose, titration acidity, vitamin C, content of soluble solids, sucrose and glucose. The coefficient of determination of these models was in the range of ۰,۷٤ to ۰,۹٥.Bizzani et al., ۲۰۱۷ presented a non-destructive method to estimate the strength, skin thickness and total pectin content. They used partial least squares regression models of time-domain magnetic resonance spectroscopy, near-infrared and mid-infrared spectroscopy data to predict these characteristics in fresh Valencia oranges. The results showed that NIR and MIR had the best PLSR models for predicting orange firmness with Pearson correlation coefficients of ۰,۹۲ and ۰,۸٤, respectively.

The purpose of this article is to compare the physicochemical properties of healthy and frozen pomegranates. Because if the results are successful, it will help online systems in non-destructive estimation of the physicochemical properties of agricultural products, which is both fast and accurate

Methodology

First, ۷۰ healthy and frozen pomegranates were prepared and labeled, and spectral data were extracted with the help of a reflection spectrometer (Iman Tajhiz Co., Kashan). The spectrometer works in the spectral range of ۱۷۰۰-۹۰۰ nm. Then each sample was subjected to destructive tests to measure pH, TA, SSC and firmness.The textural characteristics of pomegranate fruit include firmness, cohesion, and elasticity. Among these characteristics, firmness is the most known and important tissue characteristic, which is measured with a pressure measuring device in Newton units.This test will be done by means of a steel rod with a standard diameter of ۸ mm, which is connected to a hardness tester. The force corresponding to the maximum penetration value (penetration force) will be considered as a firmness index. Penetration test in the center of the fruit will be done at several points with equal distance on the periphery of the fruit and after removing a piece of the fruit skin.SSC is measured by an optical refractometer in terms of percentage by pouring one or two drops of fruit juice on the glass plate of the refractometer. To measure the pH of fruit juice, a digital pH meter will be used at ambient temperature. A quantity of juice is poured into the beaker and the pH value is measured by inserting the electrode into the juice.

Conclusion

According to the results of Table ۱, significant differences were observed between the healthy and frozen classes among all the investigated variables including spectral data, pH parameters, TA, SSC and firmness. Therefore, non-destructive identification of healthy and frozen classes is possible.Clustering was done in SPSS software and the number of healthy and frozen classes that were correctly clustered was extracted. ۳ cases could not be placed in any cluster according to their specific class. ٦٦ cases from the healthy class and ٦٢ cases from the frozen class were placed in the correct cluster. The total correct classification rate was ۹۱٪.In order to make it possible to estimate the physicochemical properties using spectral data, with the help of artificial neural network tools, it is necessary to observe the effective wavelengths in which the differences in properties between the healthy and frozen classes are the largest.

Keywords

Pomegranate, frozen, spectral data, physicochemical properties.