تعیین برخی خواص شیمیایی میوه کیوی با استفاده از روش غیرمخرب فراصوت

نسترن جمشیدی[1]، عادل حسین‌پور[2]* و حسن ذکی دیزجی[3]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایران
۲- استادیار گروه مکانیک بیوسیستم دانشگاه ارومیه، ایران
۳- استادیار گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران
*نویسنده مسئول:

پست الکترونیکی: a.hosainpour@urmia.ac.ir

دریافت: ۱۳۹۶/۰۲/۰۲ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۷/۱۵

چکیده

در سال‌های اخیر تولید و صادرات کیوی در کشور رشد فزاینده‌ای داشته است. تدوین استانداردهایی جهت بازارپسندی این محصول ضروری می‌باشد و لازمه‌ی آن آگاهی از خواص محصول است. بکارگیری یک روش غیرمخرب با عملکرد بالا جهت تعیین خواص کیفی محصولات کشاورزی، هدف پژوهشگران در این زمینه بوده است. در این تحقیق از آزمون فراصوت و تلفیق آن با شبکه عصبی مصنوعی به عنوان یک روش غیرمخرب و هوشمند جهت تعیین برخی از خواص شیمیایی کیوی استفاده شده است. نمونه‌های مورد آزمایش، ۱۵۰ عدد کیوی رقم هایوارد بودند که در هفته اول، چهارم و هفتم پس از برداشت، مورد آزمایش قرار گرفتند. ابتدا آزمایش فراصوت روی نمونه‌ها صورت گرفت، سپس با استفاده از روش‌های مخرب، اسیدیته و ماده جامد محلول تعیین شدند. نتایج آزمایش‌های مخرب نشان داد که خواص شیمیایی کیوی در سه مرحله آزمایش، تفاوت معنی‌داری با همدیگر دارند. تحلیل داده‌های فراصوت با استفاده از شبکه‌های عصبی انجام شد. خصوصیت دامنه‌ی سیگنال در حوزه زمان و چگالی طیف توان در حوزه فرکانس به عنوان ورودی شبکه و داده‌های حاصل از آزمون‌های مخرب به عنوان خروجی انتخاب شدند. تعداد نرون‌ها در لایه مخفی از طریق به حداقل رسانی میانگین مربعات خطا (MSE) تعیین گردید. با استفاده از شبکه MLP با تعداد ۲۳ نرون در لایه ورودی، میزان ماده جامد محلول و اسیدیته به ترتیب با دقت ۹۸/۷ و ۹۶/۹ درصد ارزیابی شدند.

واژه‌های کلیدی: *فراصوت، شبکه عصبی مصنوعی، کیوی، اسیدیته، مواد جامد محلول*

۱- مقدمه

کیوی از جمله محصولات صادارتی ایران است که منفعت و ارزآوری مناسب آن سبب شده تا میزان تولید آن در کشور رشد چشمگیری داشته باشد. حضور کیوی در بازارهای جهانی با وجود رقبای قدرتمندی نظیر ایتالیا، مستلزم برنامه ریزی دقیق در این زمینه می‌باشد. با توجه به این موضوع، تدوین استانداردهایی جهت بهبود کیفیت محصولات صادراتی، امری ضروری به نظر می‌رسد. رصد کردن تغییرات کیفی محصول تحت عوامل مؤثر محیطی و

شرایط نگهداری، اطلاعات مناسبی برای تدوین استاندارد میوه در اختیار متخصصین قرار می‌دهد. به طور معمول از روش‌های مکانیکی برای اندازه‌گیری خواص محصولات کشاورزی استفاده می‌شود که اغلب آن‌ها مخرب و زمان‌بر هستند (ذکی دیزجی و همکاران، ۲۰۰۹). اتخاذ یک روش ارزان قیمت، ساده، با عملکرد و انعطاف بالا، هدف تمامی پژوهشگران در این زمینه بوده است. سادگی نسبی، ارزانی و دقت روش فراصوت باعث گردیده این روش به عنوان یک روش قابل اعتماد در اکثر علوم مهندسی مورد استفاده قرار گیرد.

تا کنون تحقیقات گسترده‌ای در مورد استفاده‌ی روش فراصوت در کیفیت سنجی محصولات کشاورزی صورت گرفته است. در تحقیقی ، ضریب همبستگی بالایی (۰/۹۳) بین میرایی امواج فراصوت و میزان قند آلو، طی زمان نگهداری بدست آمد (Mizrach, 2004). در تحقیقی دیگر، از امواج فراصوت در کیفیت‌سنجی گوجه برای سنجش میزان قند و همچنین سفتی آن طی زمان انبارداری در دمای اتاق استفاده شد (Mizrach, 2007). این آزمایش‌ها نشان دادند که با گذشت زمان میزان قند محصول ثابت می‌ماند، اما یک رابطه‌ی خطی مناسب بین میرایی امواج فراصوت و سفتی محصول ($R^2 = 0.915$) وجود دارد (Mizrach, 2007). در ادامه، محققان ایرانی به تعیین پارامترهای رسیدگی هلو با استفاده از سامانه امواج فراصوت پرداختند. ضریب همبستگی بین سرعت موج فراصوت با pH و اسیدیته میوه بیشتر از ۰/۸ گزارش شد (ذکی دیزجی و همکاران، ۲۰۰۹).

در بررسی آماری داده‌ها، گاهی یافتن ارتباط بین متغیرهای مسأله بسیار پیچیده می‌باشد. این امر باعث می‌شود تحلیل و پردازش داده‌ها به سختی صورت گرفته و حتی در بعضی مواقع نمی‌توان رابطه‌ی معینی بین متغیرها بدست آورد. یک راه‌حل منطقی در این گونه مواقع، پردازش روی داده‌های تجربی و کشف قانون نهفته در آن‌ها به صورت هوشمند با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی می‌باشد.

در این تحقیق، جهت تعیین خواص شیمیایی میوی کیوی، امواج فراصوت از درون بافت میوه عبور داده شد و سپس ارتباط این سیگنال‌ها با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی با داده‌های حاصل از آزمون‌های مخرب بررسی شدند. هدف از این آزمایشات پیش‌بینی خواص شیمیایی میوه کیوی با استفاده از این سامانه به صورت غیرمخرب و با دقت بالا می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

این تحقیق در آزمایشگاه دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز انجام شد. نمونه‌های کیوی رقم هایوارد از باغات شهرستان بابل در هفته نخست چیدن آن‌ها از درخت جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل شدند. از بین تمام کیوی‌ها ۱۵۰ نمونه‌ی آن‌ها به طور تصادفی انتخاب و در سه گروه دسته‌بندی شدند. نمونه‌های ۵۰ تایی کیوی در هفته اول، هفته چهارم و هفته هفتم ابتدا تحت آزمایش غیرمخرب فراصوت و سپس آزمایش مخرب قرار گرفتند.

سیستم مورد استفاده برای انجام تحقیق در شکل (۱) نشان داده شده است. سخت‌افزار سامانه‌ی فراصوت امواج متمرکز فراصوت را تولید می‌کند. این سیستم آشکارسازی و مشاهده و ثبت سیگنال را برای آنالیز کامپیوتری امکان‌پذیر می‌نماید.

شکل ۱. *سخت افزار سامانه فراصوت*

Fig. 1. Ultrosonic system

۲-۱- اندازه‌گیری اسیدیته

اغلب محصولات باغی دارای مقدار زیادی اسیدهای آلی هستند که در متابولیسم سلولی آن‌ها نقش مهمی داشته و مقدار این اسیدها در کیفیت مواد باغی، به ویژه میوه‌ها مؤثر است. نوع اسید آلی و مقدار آن در هر محصول متفاوت می‌باشد. مهمترین اسیدهای آلی میوه‌ها اسید سیتریک، اسید مالیک و اسید تارتاریک می‌باشند. مقدار و نوع اسید موجود در میوه‌ها بر کیفیت مزه و همچنین عمر پس از برداشت آن‌ها مؤثر است.

جهت اندازه‌گیری اسیدیته نمونه‌های کیوی به روش تیتراسیون، محلول‌هایی از جمله سود ۰/۱ نرمال و فنل فتالئین ۱٪ مورد نیاز است. غلظت اسیدهای آلی فوق الذکر در ۱۰۰ سی سی از آب میوه نمونه‌ی موردنظر با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد (استاندارد OECD، ۱۹۹۸):

$$C = \frac{N*V*E}{S*1000} * 100 \qquad (۱)$$

C: غلظت اسید در ۱۰۰ سی سی از آب میوه نمونه مورد نظر، N: نرمالیته سود مصرفی، V: مقدار سود مصرفی (سی سی) ، S: حجم نمونه مورد استفاده در آزمایش (سی سی) ، E: والانس گرم اسید مورد نظر (برای اسید سیتریک ۶۴ است).

۲-۲- اندازه گیری میزان ماده جامد محلول

به منظور اندازه‌گیری میزان مواد جامد حل شدنی کل (TSS) نمونه‌ها، از دستگاه رفراکتومتر استفاده شد. رفراکتومتر دارای انواع مختلفی است، که در این تحقیق رفراکتومتر دستی، چشمی مدل CTX-2 مورد استفاده قرار گرفت. اساس کار رفراکتومتر بر میزان شکست نور بنا نهاده شده است. نور به نمونه‌ای از آب میوه تابانده می‌شود و با توجه به میزان مواد جامد محلول در آب میوه میزان شکست نور متفاوت خواهد بود که شاخصی برای تعیین میزان ماده جامد محلول است. این شاخص به صورت درصدی از کل محلول بیان می‌شود و به آن درجه بریکس می‌گویند (McGlone et al., 20045; Das and Evans, 1992).

۲-۳- آنالیز آماری

۲-۳-۱- تحلیل آماری داده‌های حاصل از آزمون‌های مخرب

طرح آماری مورد استفاده برای داده‌های حاصل از آزمون‌های مخرب، طرح فاکتوریل کاملاً تصادفی و شامل زمان انبارمانی میوه کیوی در سه سطح و در سه تکرار برای هر تیمار بود. داده‌های حاصل از اجرای این طرح، با استفاده از نرم‌افزار SPSS تجزیه و تحلیل شدند. در این پژوهش برای بررسی اختلاف معنی‌دار بین نمونه‌ها از روش تجزیه واریانس (ANOVA) و جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون

چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد و حداکثر خطای قابل قبول، ۵ درصد در نظر گرفته شد.

۲-۳-۲- انتخاب ویژگی‌های امواج فراصوت در آزمون غیرمخرب

در این مرحله نحوه انتخاب ویژگی‌ها و نوع ویژگی‌هایی که می‌توانستند در پیش‌بینی خواص شیمیایی میوه‌ی کیوی مورد استفاده قرار گیرند، شناسایی شدند. برای این منظور سیگنال‌های صوتی در دو حوزه زمان و فرکانس مورد پردازش قرار گرفته و ویژگی‌های آن‌ها استخراج شد.

از سیگنال دریافتی سامانه فراصوت یک پنجره ی ۱۸۰ داده‌ای به عنوان داده‌های حوزه زمان لحاظ گردید. این ۱۸۰ داده خصوصیاتی مانند دامنه سیگنال دریافتی، میزان تضعیف سیگنال دریافتی و میزان میرایی سیگنال را شامل می‌شدند.

سیگنال‌های فراصوتی دریافتی توسط تبدیل سریع فوریه ۱۰۲۴ نقطه‌ای به حوزه فرکانس منتقل شدند. این کار در نرم نرم‌افزار MATLAB انجام گرفت. برای اینکه دقت تبدیل سیگنال از حوزه زمان به حوزه فرکانس به حد کافی بالا باشد، طول بردار در حوزه فرکانس برابر ۱۰۲۴ در نظر گرفته شد. در قدم بعدی اندازه، فاز و چگالی طیف توان (PSD) سیگنال‌های حوزه فرکانس محاسبه شدند.

۲-۳-۳- تجزیه به مولفه‌های اصلی (PCA)

برای هر نمونه کیوی، از مجموع ۱۸۰ داده‌ی حوزه‌ی زمان و ۱۰۲۴ مولفه‌ی چگالی طیف توان و ۱۰۲۴ مولفه‌ی زاویه فاز، در حوزه‌ی فرکانس، ۲۲۲۸ ویژگی وجود خواهد داشت. به سبب تقارن زوج برای چگالی طیف توان و تقارن فرد برای فاز می توان نصف داده‌های مرتبط با چگالی طیف توان و نصف داده‌های مرتبط با فاز را حذف کرد. در این حال تعداد ویژگی‌ها برای هر کیوی به ۱۲۰۴ کاهش خواهد یافت. به علت اینکه این حجم از ویژگی‌ها جهت پیش‌بینی خواص بسیار بالا می‌باشند، بنابراین از روش آماری تجزیه به مولفه‌های اصلی PCA برای کاهش تعداد ویژگی‌ها استفاده شد. این روش اعضای بردار ورودی را به مولفه‌های اصلی که با یکدیگر همبستگی ندارند تبدیل می‌کند.

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در نرم‌افزار MATLAB صورت گرفت. قبل از عمل PCA، داده‌ها نرمال شدند تا در محدوده‌ی ۱+ و ۱- قرار گیرند. در این تحقیق داده‌های سیگنال دریافتی نسبت به داده‌های سیگنال ورودی نرمال شدند، زیرا اختلاف جزئی در سیگنال‌های ارسالی مشاهده شد و این امکان وجود داشت که تغییرات در سیگنال‌های خروجی علاوه بر تأثیر خواص کیفی محصول، به تفاوت در پالس‌های ارسالی نیز وابسته باشد. نرمال کردن داده‌ها عملی استاندارد قبل از تجزیه به مولفه‌های اصلی است. از رابطه‌ی ۲ برای نرمال کردن داده‌ها استفاده شد:

$$P_n = 2 * \frac{P - P_{min}}{P_{max} - P_{min}} - 1 \qquad (۲)$$

پس از نرمال‌سازی، همه‌ی داده‌ها به مولفه‌های اصلی تجزیه شده و به عنوان ماتریس ورودی مدل شبکه عصبی در نظر گرفته شدند. برای ایجاد مدل‌های شبکه‌ی عصبی از نرم افزار NeuroSolution استفاده شد. این برنامه‌ی الحاقی Microsoft Excel عمل ورود و خروج داده‌ها به شبکه‌های عصبی را به سهولت و توان بیشتر امکان‌پذیر می‌سازد.

۳- نتایج و بحث

از آنجا که خواص شیمیایی محصولات کشاورزی عاملی تعیین کننده بر فرایندهای پس از برداشت از قبیل مدت زمان انبارداری، فرآوری، طراحی ماشین‌آلات مخصوص فراوری محصول می‌باشد (Park and Jung, 2006). در این تحقیق سعی گردید اسیدیته و شاخص بریکس به عنوان اصلی‌ترین خواص شیمیایی محصول کیوی به روش غیر مخرب امواج فراصوتی اندازه‌گیری و با کمک شبکه عصبی مصنوعی مورد پیش بینی قرار گیرد. اسیدیته در میوه کیوی معیار مناسبی از طعم محصول می‌باشد، که با افزایش زمان نگهداری از طعم ترش اولیه فاصله می‌گیرد.

جدول ۱ مقایسه میانگین‌های اسیدیته و شاخص بریکس کیوی در زمان‌های مختلف انبارداری را نشان می‌دهد.

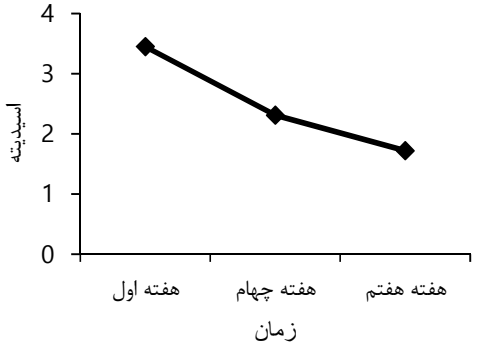
جدول ۱. نتایج حاصل از تجزیه واریانس و مقایسه میانگین خواص کیفی نمونه‌های کیوی

Table 1. The results of ANOVA and mean comparison between kiwi fruit samples

خواص کیفی نمونه‌ها	میانگین			مقدار F
	هفته اول	هفته دوم	هفته سوم	
اسیدیته	۳/۴۵^{a}	۲/۳۱^{b}	۱/۷۱^{c}	۸۲۵/۷**
بریکس	۱۱/۸۵^{c}	۱۳/۶۲^{b}	۱۶/۴۶^{a}	۴۱۲/۶**

** معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد

شکل۲ میانگین تغییرات اسیدیته نمونه‌ها را به وضوح نشان می‌دهد.



شکل ۲. کاهش اسیدیته در سه دوره ی رسیدگی

Fig. 2. Acidity reduction in 3 levels of ripening

میزان اسیدهای قابل تیتراسیون با رسیدگی میوه در ارتباط می‌باشد و موجب طعم ترش در میوه‌ها می‌گردند. با رسیدن میوه، میزان اسیدهای آلی کاهش می‌یابد. میزان اسیدهای آلی در دوره برداشت میوه به محتوای مواد جامد قابل حل و سرعت تجزیه اسیدها بستگی دارد. تجزیه اسیدهای آلی در دوره رسیدن میوه به سرعت تنفس وابسته می‌باشد (Park and Jung, 2006).

جدول ۱ نشان می‌دهد که اثر گذشت زمان بر تغییرات خواص شیمیایی در سطح احتمال یک درصد معنی دار بوده است. کاهش جرم میوه، و به تبع آن کاهش میزان آب محصول باعث می‌شود میزان ماده‌ی جامد در مقدار آب کمتری حل شود و میزان بریکس میوه‌ها با گذشت زمان روندی صعودی داشته است (شکل ۳). قسمت اعظم مواد جامد قابل حل در میوه‌ها شامل قندها و درصد کمی نیز شامل اسیدهای آمینه، اسیدهای آلی، ویتامین‌ها و موادمعدنی می‌باشد. با افزایش زمان نگهداری میزان ماده‌ی جامد محلول افزایش می‌یابد. دلیل این افزایش، کاهش تدریجی مقدار آب میوه است که با گذشت زمان اتفاق

می‌افتد و باعث می‌شود مواد جامد محلول در میزان آب کمتری قرار داشته باشند و در نتیجه بریکس غلظت بیشتری پیدا می‌کند (Park and Jung, 2006).

شکل ۳. افزایش درصد بریکس طی سه دوره ی رسیدگی
Fig. 3. Brix increasing within 3 levels of ripening

یکی از اهداف اصلی این تحقیق، مطالعه‌ی پتانسیل امواج فراصوت در اندازه‌گیری خواص کیفی محصول کیوی بود. برای این منظور امواج دریافتی از سامانه فراصوتی مورد پردازش قرار گرفته و بهترین ویژگی‌ها برای این منظور انتخاب گردید. جدول ۲، قابلیت ویژگی‌های حوزه زمان برای پیش‌بینی بریکس و اسیدیته میوه‌ی کیوی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی را نشان می‌دهد. جدول ۲ حاکی از آن است که ۲۳ مولفه‌ی ورودی حوزه زمان، با دقت قابل قبولی خواص کیفی محصول را پیش‌بینی می‌کند.

جدول ۲. عملکرد شبکه با ویژگی‌های حوزه زمان جهت تعیین بریکس و اسیدیته نمونه‌های کیوی
Table 2. Network performance with time domaun features for determination of Brix and acidity of samples

درصد واریانس حذف شده	تعداد مولفه‌های اصلی	تعداد نرون‌های لایه‌ی پنهان	ضریب تبیین (R^2)	
			بریکس	اسیدیته
۰/۰۵	۶	۱۹	۰/۳۹۱	۰/۵۱۰
۰/۰۲	۱۲	۱۲	۰/۶۲۴	۰/۸۶۸
۰/۰۱	۱۶	۱۹	۰/۷۵۹	۰/۹۳۶
۰/۰۰۵	۲۳	۱۳	۰/۹۶۹	۰/۹۷۸

جدول ۳. عملکرد شبکه در تعداد مختلف مولفه‌های حوزه فرکانس (PSD) جهت پیش‌بینی خواص کیفی نمونه‌های کیوی
Table 3. Network performance with frequency domain features for predictiong quality charactristics of samples

درصد واریانس حذف شده	تعداد مولفه‌های اصلی	تعداد نرون‌های لایه‌ی پنهان	ضریب همبستگی (R^2)	
			بریکس	اسیدیته
۰/۰۵	۲	۱۴	۰/۲۹۷	۰/۳۳۸
۰/۰۲	۵	۹	۰/۵۰۴	۰/۷۱۶
۰/۰۱	۹	۸	۰/۶۵۴	۰/۷۶۱
۰/۰۰۵	۱۴	۱۶	۰/۸۲۲	۰/۸۹۵

برای نیل به یک سیستم پیش‌بینی کننده‌ی کاراتر، ویژگی‌های حوزه فرکانس نیز برای این منظور مورد مطالعه قرار گرفت. جدول ۳، دقت داده‌های چگالی طیف توان (PSD) در حوزه فرکانس جهت پیش‌بینی خواص شیمیایی موردنظر را نشان می‌دهد.

شبکه عصبی با تعداد ورودی کمتر، از سرعت بالاتری برخوردار است و هزینه کمتری در ایجاد ورودی‌ها برای شبکه نیاز دارد، اما معیار مهم‌تر، دقت بالای شبکه است، که اگر در تعداد ورودی‌های کمتر حاصل گردد، بهترین شبکه را خواهد ساخت. هر چند تعداد ویژگی‌های حوزه فرکانس کمتر از ورودی‌های حوزه زمان است، اما دقت کمتری نسبت به مولفه‌های حوزه زمان در پیش‌بینی خواص کیفی محصول دارند (جدول ۳).

در جدول ۴، دقت مطلوب‌ترین شبکه‌های حوزه زمان (۲-۱۳-۲۳) و حوزه فرکانس (۲-۱۶-۱۴) با استفاده از میانگین مربعات خطا و ضریب تبیین با هم مقایسه شده‌اند. در شبکه‌های عصبی مصنوعی سازگاری سریع از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با افزایش ورودی‌های شبکه، سرعت سازگاری آن پایین آمده و برای سازگاری بهتر نیاز به تکرار بیشتر است. هرچند با کاهش ورودی‌ها سرعت افزایش می‌یابد اما خطاها نیز تا حدودی افزایش خواهند داشت. برای انتخاب شبکه مناسب پس از آزمایش باید شبکه‌ای که خطای قابل قبولی داشته و سرعت بالاتری دارد انتخاب گردد (امید و همکاران، ۲۰۱۰). در این تحقیق شبکه عصبی با توپولوژی ۲-۱۳-۲۳ (۲۳ ویژگی به عنوان ورودی، ۱۳ نرون در لایه‌ی میانی و دو خروجی) به عنوان مناسب‌ترین شبکه ی پیش‌بینی کننده‌ی شاخص بریکس و اسیدیته میوه‌ی کیوی انتخاب شد. این مدل ضریب تبیین بالا و خطای کمتری نسبت به سایر مدل‌ها داشت و به خوبی توانست داده‌های واقعی را تقریب بزند.

جدول ٤. ارزیابی دو ساختار مطلوب در پیش‌بینی برخی خواص کیفی میوه کیوی

Table 4. Evaluation of two topologies in prediction of some quality parameters

بریکس	اسیدیته	ارزیابی	نوع شبکه
۰/۰۳۲	۰/۰۲۳	MSE	۱۴-۱۶-۱
۰/۸۲۲	۰/۸۹۵	R^2	
۰/۰۱۱	۰/۱۴۷	MSE	۲۳-۱۳-۱
۰/۹۶۹	۰/۹۷۸	R^2	

۴- نتیجه‌گیری

تحلیل‌ها نشان دادند که آن دسته از ویژگی‌ها که با حذف مقدار کمتری از واریانس بین داده‌ها، تعداد مولفه‌های بیشتری را حاصل می‌نمایند، قابلیت بیشتری در تعیین خواص شیمیایی نمونه‌ها دارند. نرم افزار Neurosolution بهترین شبکه در تخمین خواص شیمیایی نمونه‌ها را پرسپترون چند لایه با ساختار ۲-۱۳-۲۳ از ترکیب مولفه‌های حوزه زمان نتیجه داد که میزان اسیدیته و ماده جامد محلول در این شبکه به ترتیب با دقت ۰/۹۷۸و ۰/۹۶۹ تعیین شد.

۵- فهرست منابع

1- Das, K., and M. D. Evans. 1992. Detecting fertility of haching eggs using machine, I: histogram characterization method. Trans. of the ASAE 35(4): 1335- 1341.

2- FAO. Statitical database. 2012. Available From: http://www.fao.org/es/ess/top/country.

3- McGlone, V.A., Jordan R.B., Seelye, R. and Martinsen, P.J. 2004. Comparing density and NIR methods for measurement of Kiwifruit dry matter and soluble solids content. Postharvest Biol. Tec. 26:191–198.

4- Mizrach, A. 2000. Determination of avocado and mango fruit properties by ultrasonic technique. Ultrasonics. 38: 717–722.

5- Mizrach, A. 2004. Assessing plum fruit quality attributes with an ultrasonic method. Food Res. Int. 37: 627–631.

6- Mizrach, A., 2007. Nondestructive ultrasonic monitoring of tomato quality during shelf-life storage. Postharvest Biol. Tec. 46: 271–274.

7- OECD Standard. 1998. Guidance on Objective Tests for Determining the Ripeness of Fruit. OECD Scheme for the Application of International Standards for Fruit and Vegetables.

8- Omid, M., Mahmoudi, A., Akbari, M.A. and Akram, A.A. 2010. An ANN and Acoustic-Based Machine for Sorting Pistachio Nuts. . J. Agr. Eng. Res. 10(4):13-24. (in Farsi)

9- Park, Y.S. and Jung, S.T. 2006. Ethylene treatment of 'Hayward' kiwifruits (Actinidia deliciosa) during ripening and its influence on ethylene biosynthesis and antioxidant activity. Sci. Hortic-Amsterdam. 108: 22–28.

10- Zaki Dizaji, H., Minaei, S., Tavakkoli Hashtjin, T. and Mokhtari, M. 2009. Development of an Ultrasonic System and Evaluation of Effective Parameters in Ultrasonic Measurement of Agricultural Products. J. Agr. Eng. Res. 10(1): 27-48. (in Farsi)

Determination of Kiwifruit Chemical Properties by Non-destructive Ultrasonic Technique

N. Jamshidi[1], A. Hosienpoor[2*], H . Zaki Dizaji[3]

[1] Graduated of M.Sc., mechanic of Biosystem Engineering, Faculty of Agricultural Engineering, Ilam University, Iran
[2]Assistant Professor, Department of Mechanical Engineering of Biosystems, Urmia University, Urmia, Iran
[3] Assistant professor, Agricultural Machinery Eng. and mechanization Dept., Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran

[*]Corresponding author E-mail: a.hosainpour@urmia.ac.ir

Received: 2017-04-22 Accepted: 2017-10-07

Abstract

Kiwifruit is a useful product which has been increasingly produced and exported. It is essential to set some qualitative standards for marketing of this product. The first step in setting such standards and improving its processing line is getting aware of its various benefits. All researchers aim at choosing nondestructive method with a high performance and flexibility. In the present research, ultrasonic test and its combination with artificial neural networks were used as a nondestructive and smart method for assessing kiwi fruit chemical attributes. 150 samples of Hayward kiwifruit were tested during the first, fourth and seventh week of their storage. First, ultrasonic test was conducted on the samples. Then, some qualitative benefits, including acidity and soluble solids were determined by using the destructive methods. The initial common statistical tests showed that the qualitative benefits of kiwi in three states have significant differences. For data analysis by using artificial neural networks, signal domain characteristic in the area of time and power spectral density and phase in the area of frequency as the efficient feature were identified. By using MLP network with 20 neurons in input layer, acidity, soluble solids and pH were determined with the accuracies of 98.7% and 96.9%. These results suggest high capability of ultrasonic over time consuming and expensive destructive methods.

Key words: *Ultrasonic, Artificial neural network, Kiwi,* Acidity, Soluble solids