



تعیین هوشمند خواص شیمیایی کیوی با استفاده از روش غیرمخرب فراصوت

نسترن جمشیدی^{۱*}، عادل حسین‌پور^۲ و حسن ذکی دیزجی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه ایلام، nastaranjamshidi@ymail.com

۲- استادیار گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه ایلام

۳- استادیار گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز

چکیده

کیوی محصول مفیدی است که در سال‌های اخیر افزایش قابل توجهی از لحاظ تولید و صادرات داشته است. تدوین استانداردهایی جهت بازاریابی این محصول، ضروری می‌باشد که لازمی آن آگاهی از خواص محصول است. اتخاذ یک روش غیرمخرب، با عملکرد بالا هدف تمامی پژوهشگران بوده است. در تحقیق حاضر از آزمون فراصوت و تلفیق آن با شبکه عصبی مصنوعی به عنوان یک روش غیرمخرب و هوشمند جهت تعیین خواص شیمیایی کیوی، استفاده شده است. نمونه‌های مورد آزمایش، ۱۵۰ عدد کیوی رقم هایوارد بودند که در هفته اول پس از برداشت، هفته‌ی چهارم و هفته‌ی هفتم مورد آزمایش قرار گرفتند. ابتدا آزمایش فراصوت روی نمونه‌ها صورت گرفت، سپس با استفاده از روش‌های مخرب، اسیدیته، ماده جامد محلول و PH تعیین شدند. نتایج اولیه‌ی تحلیل داده‌های حاصل از آزمایشات مخرب نشان دادند 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 و زاویه فاز در حوزه فرکانس به عنوان ورودی شبکه و داده‌های حاصل از آزمون‌های مخرب به عنوان خروجی انتخاب شدند. تعداد نرون‌ها در لایه مخفی از به حداقل رسانی میانگین مربعات خطا (MSE) تعیین گردید. با استفاده از شبکه MLP با تعداد ۲۰ نرون در لایه ورودی، میزان ماده جامد محلول، اسیدیته و PH به ترتیب با دقت ۰/۹۵۳، ۰/۹۵۲ و ۰/۹۲۰ ارزیابی شدند. شبکه‌های عصبی، آن دسته از خواص شیمیایی نمونه‌ها را که در سطح معناداری پایینی قرار داشتند، با دقت پایین‌تری پیش‌بینی نمود.

واژه‌های کلیدی: فراصوت، شبکه عصبی مصنوعی، کیوی، خواص شیمیایی

مقدمه

کیوی از جمله محصولات صادراتی ایران است که منفعت و ارزش‌آوری مناسب این محصول سبب شده تا میزان تولید آن در کشور رشد چشمگیری داشته باشد. حضور کیوی در بازارهای جهانی با وجود رقابتی قدرتمندی نظیر ایتالیا، نیازمند دارا بودن مزیت نسبی در تولید و به ویژه در صادرات این محصول است (فائو^۱، ۲۰۱۰). با توجه به این موضوع، تدوین استانداردهایی جهت بهبود کیفیت محصولات صادراتی، امری ضروری به نظر می‌رسد. رصد کردن تغییرات کیفی محصول تحت عوامل موثر محیطی و شرایط نگهداری،

1- Food and agriculture Organization of the United Nations

اطلاعات مناسبی برای تدوین استاندارد میوه در اختیار متخصصین قرار می‌دهد (مسعودی، ۱۳۸۳). به طور معمول از روش‌های مکانیکی برای اندازه‌گیری خواص محصولات کشاورزی استفاده می‌شود که اغلب آن‌ها مخرب و زمان‌بر هستند (ذکی دیزجی، ۱۳۸۸). اتخاذ یک روش ارزان قیمت، ساده، با عملکرد و انعطاف بالا، هدف تمامی پژوهشگران بوده است. سادگی نسبی، ارزانی و دقت ر باعث گردیده آزمون فراصوت به عنوان یک روش قابل اعتماد در اکثر علوم مهندسی مورد استفاده قرار گیرد.

تاکنون تحقیقاتی در مورد استفادهی روش فراصوت در کیفیت سنجی محصولات کشاورزی صورت گرفته است.

در تحقیقی که در سال ۲۰۰۴ انجام شد، ضریب همبستگی بالایی ($R^2=0.88$)، بین میرایی امواج فراصوت و میزان قند آلو، طی زمان نگهداری بدست آمد (مزارچ^۱، ۲۰۰۴). 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. این آزمایشات 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 (مزارچ^۲، ۲۰۰۷). در ادامه، محققان ایرانی به تعیین پارامترهای رسیدگی هلو با استفاده از سامانه امواج فراصوت پرداختند. ضریب همبستگی بین سرعت موج با PH و اسیدیته میوه بالاتر از ۰/۸ گزارش شد (ابوالقاسمی و همکاران، ۲۰۱۰).

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^۳ می‌باشد.

- 1- Mizrach
- 2- Artificial neural network



در این تحقیق، جهت تعیین خواص شیمیایی میوه کیوی، امواج فراصوت از درون بافت میوه عبور داده شد و سپس ارتباط این سیگنال - ها 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.

مواد و روش‌ها

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

سیستم مورد استفاده برای انجام تحقیق در شکل نشان داده شده است. سخت‌افزار سامانه‌ی فراصوت، یک سیستم پیشرفته ریز پردازنده- یی با کارایی کاملاً تخصصی در تولید امواج متمرکز فراصوت می‌باشد (شکل ۱). این سیستم آشکارسازی و مشاهده و ثبت سیگنال برای آنالیز کامپیوتری را امکان‌پذیر می‌نماید (ذکی و منتظر، ۱۳۸۹).



شکل ۱: سخت افزار سامانه فراصوت

اندازه گیری اسیدپت

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 موثر 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 موثر است.



جهت اندازه‌گیری اسیدیته نمونه‌های کیوی به روش تیتراسیون، محلول‌هایی از جمله سود ۰/۱ نرمال و فنل فتالین ۱٪ مورد نیاز است.

غلظت اسید آلی در ۱۰۰ سی سی از آب میوه نمونه‌ی مورد نظر از فرمول ۱ بدست می‌آید:

$$C = \frac{N * V * E}{S * 1000} * 100 \quad (1)$$

C : غلظت اسید در ۱۰۰ سی سی از آب میوه نمونه مورد نظر، N : نرمالیه 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).

دستگاه اندازه گیری PH

برای اندازه‌گیری میزان PH آب میوه کیوی از دستگاه PH Meter شکل مدل WTW, PH330i استفاده شد. این دستگاه یک دستگاه اندازه‌گیری PH و به صورت پورتابل می‌باشد. دستگاه قابلیت نمایش میزان PH را در صفحه نمایش به صورت دیجیتالی دارد و توسط یک پراب که درون ماده قرار می‌گیرد، مقدار PH را اندازه می‌گیرد. پراب قبل از استفاده توسط آب مقطر تمیز شده و توسط پارچه-ای نرم کاملاً خشک و با دو محلول بافر $PH=4$ و $PH=7$ (پارک^۱ و همکاران، ۲۰۰۶ و OECD، ۱۹۹۸).

دستگاه اندازه گیری میزان ماده جامد محلول

به منظور اندازه‌گیری میزان مواد جامد محلول (TSS) نمونه‌ها، از دستگاه رفاکتومتر استفاده شد. رفاکتومتر دارای انواع مختلفی است، که در این تحقیق رفاکتومتر دستی، چشمی مدل CTX-2 مورد استفاده قرار گرفت. اساس کار رفاکتومتر 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 می‌باشد. این شاخص به صورت درصدی از کل محلول بیان می‌شود و به آن در اصطلاح درجه بریکس می‌گویند (مک گلون و همکاران، ۲۰۰۴).

آنالیز آماری

تحلیل آماری داده‌های حاصل از آزمون‌های مخرب

طرح آماری مورد استفاده برای داده‌های حاصل از آزمون‌های مخرب، طرح کاملاً تصادفی و شامل 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 سنجش 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.



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 به شرح زیر استخراج گردید

سیگنال‌های صوتی توسط تبدیل سریع فوریه (FFT^1) ۱۰۲۴ نقطه‌ای به حوزه فرکانس منتقل شدند. این کار در نرم‌افزار MATLAB توسط کد زیر انجام گرفت:

```
fft signal= fft (signal,1024);
```

در رابطه‌ی فوق signal نمایشگر ماتریس سیگنال حاصل از امواج عبوری در حوزه زمان، و fft signal تبدیل فوریه سیگنال در حوزه فرکانس و عدد ۱۰۲۴ طول بردار تبدیل فوریه می‌باشد.

برای اینکه دقت تبدیل سیگنال از حوزه زمان به حوزه فرکانس به حد کافی بالا باشد، طول fft برابر ۱۰۲۴ در نظر گرفته شد. در قدم بعدی اندازه، فاز و چگالی طیف توان (PSD) سیگنال‌های حوزه فرکانس محاسبه می‌شوند.

```
Amp fft= abs (fft signal);
```

```
Phase fft= angle (fft signal);
```

```
PSD= fft signal.*conj (fft signal)/1024;
```

در روابط فوق Ampfft بردار دامنه‌ی تبدیل فوریه و phasefft بردار زاویه فاز تبدیل فوریه می‌باشد. از آنجا که آرایه‌های بردار fftsignal اعداد مختلطی هستند، اغلب توسط بردارهای دامنه (Ampfft) نشان داده می‌شوند (پنهایم، ۱۹۹۹). چگالی طیف توان از حاصلضرب بردار دامنه و مزدوج آن در حوزه فرکانس بدست می‌آید، معمولاً چگالی طیف توان را با دسی بل می‌سنجند تا نمایش بهتری از سیگنال ارائه نماید.

تجزیه به مولفه‌های اصلی

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 می‌توان 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 نیز جهت پیش‌بینی خواص بسیار بالا می‌باشند، بنابراین از روش آماری 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 مولفه‌های اصلی در محیط نرم‌افزار MATLAB صورت گرفت. قبل از عمل PCA داده‌ها نرمال شدند تا در محدوده‌ی ۱+ و ۱- قرار گیرند. در این تحقیق داده‌ها نسبت به داده‌های ورودی نرمال شدند، زیرا تغییراتی جزئی در سیگنال‌های ورودی مشاهده -

2- Fast Fourier transform



شده بود و این امکان وجود داشت که تصور شود تغییرات سیگنال

دلیل تفاوت در سیگنال‌های ورودی است. نرمال کردن داده‌ها عملی استاندارد قبل از تجزیه به مولفه‌های اصلی است. برای اینکار از دستور premnmx استفاده شد.

[Nsignal, minsignal, maxsignal] = premnmx (signal);

رابطه‌ی بکار رفته برای نرمال کردن داده‌ها از رابطه‌ی زیر استفاده می‌کند:

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

پس از نرمال‌سازی همه‌ی داده‌ها، از دستور prepca برای انجام عمل تجزیه به مولفه‌های اصلی استفاده شد.

[ptransSignal, transMatSignal] = prepca (Nsignal, 0.02);

در مثال فوق عدد ۰/۰۲ نشانگر آن است که تابع تجزیه به مولفه‌های اصلی (prepca)، آن دسته از مولفه‌های اصلی را که کمتر از ۲٪ تغییرات مجموعه‌ی داده‌ها را به خود اختصاص داده‌اند، حذف می‌کند.

برای ایجاد مدل‌های شبکه‌ی عصبی در محیط Excel، از گزینه‌ی Neuro Solution for Excel استفاده شد. این برنامه‌ی الحاقی Microsoft Excel عمل ورود و خروج داده‌ها به شبکه‌های عصبی Neuro Solution را به سهولت و توان بیشتر امکان‌پذیر می‌سازد. از مزیت‌های دیگر این برنامه، امکان انجام انواع پیش پردازش‌ها بر روی داده‌ها، طراحی انواع شبکه‌های عصبی و تهیه‌ی گزارش نتایج می‌باشد.

داده‌های حاصل از تبدیل PCA ابتدا در حوزه زمان، سپس در حوزه فرکانس (PSD & Ang) انتخاب و به محیط Excel وارد - شدند و بهترین مدل شبکه جهت پیش‌بینی خواص شیمیایی مشخص شد.

نتایج و بحث

از آنجا که خواص شیمیایی محصولات کشاورزی بر فرایندهای پس از برداشت از قبیل مدت زمان انبارداری، صادرات، فراوری در کارخانجات و نیز کاربرد در طراحی ماشین آلات مخصوص فرایندهای پس از برداشت مفید می‌باشد (هارکر و همکاران، ۱۹۹۶)، اختلاف بین نمونه‌ها از روش تجزیه واریانس (ANOVA) و مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در جدول ۱ گزارش شده است.



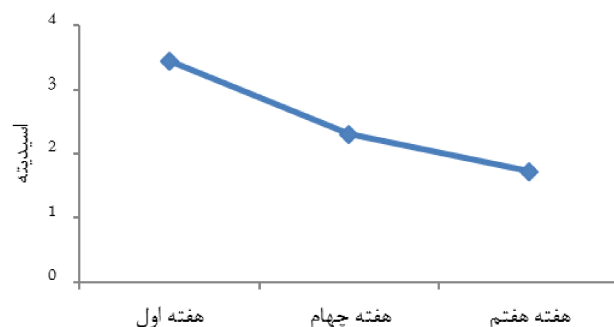
جدول ۱: نتایج حاصل از تجزیه واریانس و مقایسه میانگین خواص کیفی نمونه‌های کیوی

خواص کیفی نمونه‌ها	میانگین			F
	هفته اول	هفته دوم	هفته سوم	
اسیدیته	۳/۴۵ ^a	۲/۳۱ ^b	۱/۷۱ ^c	۸۲۵/۷۴۶**
بریکس	۱۱/۸۵ ^c	۱۳/۶۳ ^b	۱۶/۴۶ ^a	۴۱۲/۶۱۹**
PH	۳/۶۴ ^c	۳/۹۴ ^b	۴/۲۶ ^a	۳۳۴/۷۷**

** معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد

اسیدیته در میوه کیوی معیار مناسبی از طعم محصول می‌باشد، که با افزایش زمان نگهداری از طعم ترش اولیه فاصله گرفته است.

شکل ۲ میانگین تغییرات اسیدیته نمونه‌ها را به وضوح نشان می‌دهد



شکل ۲: کاهش اسیدیته طی سه دوره ی رسیدگی

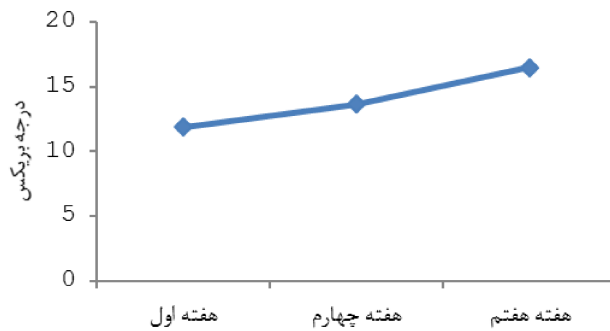
میزان اسیدهای قابل تیتراسیون با رسیدگی میوه در ارتباط می‌باشد و موجب طعم ترش در میوه‌ها می‌گردند با رسیدن میوه، میزان

اسیدهای آلی کاهش می

دارد، تجزیه اسیدهای آلی در دوره رسیدن میوه به سرعت تنفس وابسته می‌باشد (جلیل مرندی ۱۳۸۳، هاشمی دزفولی ۱۳۷۶).

کاهش جرم میوه، و به تبع آن کاهش میزان آب محصول باعث می‌شود میزان ماده‌ی جامد در مقدار آب کمتری حل شود. این

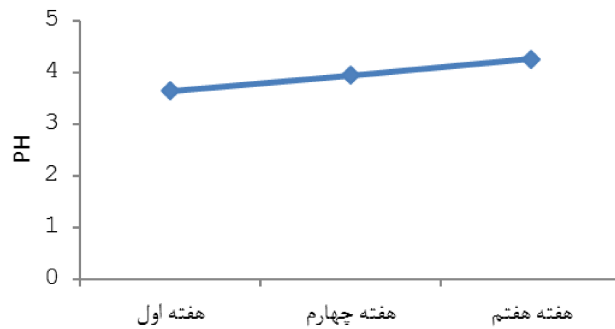
نتیجه بر حسب میزان بریکس در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳: افزایش درصد بریکس طی سه دوره ی رسیدگی

میزان بریکس میوهها با گذشت زمان روندی صعودی داشته است. 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 (جلیل مرندی، ۱۳۸۳؛ میدانی و هاشمی دزفولی، ۱۳۷۶).

با کاهش اسیدیته و افزایش بریکس، PH محصول افزایش می‌یابد. این افزایش، همانطور که در شکل ۴ مشخص است به صورت خطی می‌باشد.



شکل ۴: افزایش PH طی سه دوره ی رسیدگی

با افزایش زمان ماندگاری، میزان PH افزایش می‌یابد. میزان PH به چگونگی فعالیت‌های بیوشیمیایی، نوع بافت، نوع اسیدهای آلی و رقم میوه بستگی دارد و افزایش PH به علت فعالیت‌های بیوشیمیایی داخل میوه می‌باشد که باعث شده‌اند مواد اسیدی موجود در میوه به فراورده‌های قندی تبدیل شوند (میدانی و هاشمی، ۱۳۷۶).

نتایج تحلیل‌های اولیه نشان دادند که اثر گذشت زمان بر تغییرت خواص شیمیایی معنی دار بوده است. حال به بررسی سیگنال‌های فراصوت در پیش‌بینی این خواص با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی پرداخته می‌شود. ابتدا داده‌های حوزه زمان مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج تحلیل‌های حوزه زمان در جدول ۲ نشان داده شده است.



جدول ۲: عملکرد شبکه در تعداد مختلف مولفه‌های حوزه زمان جهت تعیین خواص کیفی نمونه‌های کیوی

ضریب همستگی (R^2)			تعداد نرون‌های لایه‌ی پنهان	تعداد مولفه‌های اصلی	درصد واریانس حذف شده
PH	اسیدیته	بریکس			
۰/۴۶۷	۰/۵۱۰	۰/۳۹۱	۱۹	۶	۰/۰۵
۰/۸۹۳	۰/۸۶۸	۰/۶۲۴	۱۲	۱۲	۰/۰۲
۰/۹۰۶	۰/۹۳۶	۰/۷۵۹	۱۹	۱۶	۰/۰۱
۰/۹۶۴	۰/۹۷۸	۰/۹۶۹	۱۳	۲۳	۰/۰۰۵

گزارشات جدول ۲ حاکی از آن است که ۲۳ مولفه‌ی ورودی حوزه زمان، با دقت بالایی خواص کیفی محصول را پیش‌بینی می‌کند. اما آیا داده‌های حوزه زمان مطمئن‌ترین راه در پیش‌بینی خواص مورد نظر هستند؟ برای پاسخ به این سوال، در ادامه به بررسی شاخص - های حوزه فرکانس در این زمینه پرداخته خواهد شد. در جدول ۳ دقت داده‌های PSD حوزه فرکانس جهت پیش‌بینی خواص کیفی مورد بررسی قرار گرفته است.

جدول ۳: عملکرد شبکه در تعداد مختلف مولفه‌های حوزه فرکانس (PSD) جهت پیش‌بینی خواص کیفی نمونه‌های کیوی

ضریب همستگی (R^2)			تعداد نرون‌های لایه‌ی پنهان	تعداد مولفه‌های اصلی	درصد واریانس حذف شده
PH	اسیدیته	بریکس			
۰/۲۲۶	۰/۳۳۸	۰/۲۹۷	۱۴	۲	۰/۰۵
۰/۳۸۰	۰/۷۱۶	۰/۵۰۴	۹	۵	۰/۰۲
۰/۵۱۴	۰/۷۶۱	۰/۶۵۴	۸	۹	۰/۰۱
۰/۸۳۳	۰/۸۹۵	۰/۸۲۲	۱۶	۱۴	۰/۰۰۵

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. در جدول ۳ تعداد ورودی‌ها کمتر از ورودی‌های حوزه زمان است، اما دقت کمتری نسبت به مولفه‌های حوزه زمان در پیش‌بینی خواص کیفی محصول دارند و از این نظر نمی‌توانند ورودی‌های مطلوبی باشند.



در ادامه‌ی بررسی ویژگی‌های حوزه فرکانس به بررسی مولفه‌های زاویه فاز پراخته می‌شود. جدول ۴ روند افزایش دقت پیش‌بینی خواص کیفی محصول را به ترتیب از مولفه‌های اصلی کم به زیاد نشان می‌دهد.

جدول ۴: عملکرد شبکه در تعداد مختلف مولفه‌های حوزه فرکانس (Ang) در پیش‌بینی خواص کیفی نمونه‌های کیوی

ضریب همبستگی (R^2)			تعداد نرون‌های لایه‌ی پنهان	تعداد مولفه‌های اصلی	درصد واریانس حذف شده
PH	اسیدیته	بریکس			
۰/۲۷۶	۰/۲۶۲	۰/۳۵۹	۱۲	۴	۰/۰۵
۰/۷۸۴	۰/۷۲۸	۰/۸۶۰	۱۶	۹	۰/۰۲
۰/۹۶۰	۰/۹۴۸	۰/۹۴۳	۱۸	۲۰	۰/۰۱
۰/۹۸۳	۰/۹۸۱	۰/۹۷۹	۸	۳۶	۰/۰۰۵

جدول فوق نشان می‌دهد که با ۳۶ مولفه‌ی زاویه‌ی فاز حوزه فرکانس، بالاترین دقت بدست می‌آید اما همانطور که قبلاً نیز ذکر شد، افزایش ورودی‌ها سبب افزایش هزینه و زمان می‌شود و این در یک سیستم بلادرنگ مطلوب نمی‌باشد بنابراین به دنبال مناسب‌ترین شبکه، ترکیبی از ویژگی‌های حوزه زمان و فرکانس در پیش‌بینی خواص محصول بکار گرفته شد. جدول ۵ عملکرد شبکه را برای ترکیبی از مولفه‌های حوزه زمان و فرکانس به عنوان بردار ورودی نشان داده است.

جدول ۵: عملکرد شبکه در تعداد مختلف مولفه‌های مرکب در پیش‌بینی خواص کیفی نمونه‌های کیوی

ضریب همبستگی (R^2)			تعداد نرون‌های لایه‌ی پنهان	تعداد مولفه‌های اصلی	درصد واریانس حذف شده
PH	اسیدیته	بریکس			
۰/۴۶۱	۰/۵۳۲	۰/۵۱۲	۱۲	۶	Psd0.05+Ang0.05
۰/۷۲۱	۰/۷۸۳	۰/۷۹۶	۱۵	۸	Amp0.05+ Ang0.05
۰/۷۸۵	۰/۸۲۷	۰/۸۱۵	۱۹	۱۲	Amp0.05+Psd0.05+ Ang0.05
۰/۹۲۶	۰/۹۶۲	۰/۹۱۵	۹	۱۸	Psd0.005+ Ang0.05
۰/۹۱۲	۰/۹۳۳	۰/۹۲۴	۸	۱۹	Amp0.02+ Psd0.02+ Psd0.05
۰/۹۲۰	۰/۹۵۲	۰/۹۵۳	۱۹	۲۰	Amp0.01+ Ang0.05



جدول ۵. Amp0.01 + Ang0.05 با تعداد ۲۰ ورودی، حداکثر میزان ضریب همبستگی را برآورد می‌کند. هرچند سایر ساختارهایی با مولفه‌های ورودی ۱۲، ۱۸ و ۱۹ نیز عملکرد خوبی داشته‌اند ولی برای مقایسه مدل ساختاری ویژگی‌های مرکب با ویژگی‌های حوزه زمان و فرکانس، می‌بایست ساختاری با بیشترین دقت انتخاب گردد که در واقع همان ساختار ۱-۱۹-۲۰ بود. از ویژگی‌های حوزه زمان و فرکانس و ترکیبی از آنها، یک نوع ساختار شبکه، که بهترین ساختار آن حوزه بود، انتخاب گردید و این ساختارها از نظر MSE و ضرایب همبستگی با هم مقایسه شدند (جدول ۶).

جدول ۶. ارزیابی ۴ ساختار مطلوب در پیش‌بینی برخی خواص کیفی میوه کیوی

نوع شبکه	ارزیابی	اسیدیته	بریکس	PH
۱۴-۱۶-۱	MSE	۰/۰۲۳	۰/۰۲۳	۰/۰۱۸
	R ²	۰/۸۹۵	۰/۸۲۲	۰/۸۳۳
۲۳-۱۳-۱	MSE	۰/۱۴۷	۰/۰۱۱	۰/۰۱۰
	R ²	۰/۹۷۸	۰/۹۶۹	۰/۹۶۴
	MSE	۰/۰۰۶	۰/۰۱۱	۰/۰۰۹
۳۶-۸-۱	R ²	۰/۹۸۱	۰/۹۷۹	۰/۹۸۳
۲۰-۱۹-۱	MSE	۰/۰۱۳	۰/۰۱۲	۰/۰۱۵
	R ²	۰/۹۵۲	۰/۹۵۳	۰/۹۲۰

در شبکه‌های عصبی سازگاری سریع شبکه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، با افزایش ورودی‌های شبکه سرعت سازگاری آن پایین آمده و برای سازگاری نیاز به تکرارهای بیشتر و دوره‌های بالاتر دارد. هرچند با کاهش ورودی‌ها سرعت افزایش می‌یابد اما خطاها 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. در چهار مدل ارائه شده سریعترین شبکه مربوط به مدل ۱-۱۶-۱۴ می‌باشد. اما همانطور که از جدول مشاهده می‌شود خطای این شبکه نسبت به سایر شبکه‌ها بیشتر است، بنابراین نمی‌تواند شبکه‌ای مناسب باشد. به طوری کلی مدل ۱-۱۹-۲۰ کاربردی‌تر از سه مدل دیگر است زیرا با داشتن حداقل تعداد ورودی ضریب همبستگی مناسب و خطای قابل قبولی در تقریب داده‌های واقعی داشت.

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 پرسترون چند لایه با ساختار ۱-۱۹-۲۰ از ترکیب مولفه‌های حوزه زمان و فرکانس نتیجه داد که میزان اسیدیته، میزان جامد محلول و PH در این شبکه به ترتیب با دقت ۰/۹۵۲، ۰/۹۵۳ و ۰/۹۲۰ تعیین شد. کمترین دقت (۰/۹۲۰) مربوط به پیش‌بینی میزان PH می‌باشد که از روش‌های آماری تحلیلی نیز این ویژگی کیفی طی سه هفته انبارداری، میانگین تغییرات کمتری نسبت به دیگر ویژگی‌ها داشت.

منابع

- ۱- ابوالقاسمی نجف آبادی، ر. عمادی، ب. آقخانی، م. بیرقی طوسی، ش. ۱۳۸۸. تعیین پارامترهای رسیدگی هلو با استفاده از امواج فراصوت. نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی ایران. جلد ۵، شماره ۱، ص ۶۳-۷۴.
- ۲- ذکی دیزجی، ح.، مینایی س. توکلی هشتجین، ت. مختاری دیزجی، م. ۱۳۸۸. طراحی و ساخت سامانه‌ی سنجش فراصوتی و بررسی عوامل موثر در اندازه‌گیری شاخص‌های فراصوتی محصولات کشاورزی. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی. جلد ۱۰، شماره ۱، ص ۲۷-۴۸.
- ۳- ذکی دیزجی، ح.، منتظر، ع. ۱۳۸۹. بهینه‌سازی سامانه فراصوتی محصولات کشاورزی و روش‌های واسنجی آن. ششمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون. پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران (کرج). ۲۴ و ۲۵ شهریور ۱۳۸۹.
- ۴- محمودی، ا. م. امید. ۱۳۸۵. ارائه یک الگوریتم مناسب مبتنی بر شبکه عصبی مصنوعی جهت جداسازی پسته‌های خندان از پسته‌های ناخندان به روش آکوستیکی به صورت زمان واقعی، پایان‌نامه دکتری مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی. دانشگاه تهران.
- ۵- مسعودی ح. بررسی میزان تغییرخواص مکانیکی سه رقم سیب صادراتی در طی انبارداری. پایان نامه کارشناسی ارشد. گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشکده کشاورزی. دانشگاه تهران ۱۳۸۳.

- 6- Das, K., and M. D. Evans. 1992. Detecting fertility of hatching eggs using machine, I: histogram characterization method. Transaction of the ASAE 35(4): 1335- 1341.
- 7- FAO. 2010. Food and Agricultural Organization, <http://www.fao.org/es/ess/top/country>.
- 8- McGlone VA, Jordan RB, Seelye R, Martinsen PJ. 2004. Comparing density and NIR methods for measurement of Kiwifruit dry matter and soluble solids content. Journal of the Postharvest Biology and Technology; 26:191-198.
- 9- Mizrach, A. 2000. Determination of avocado and mango fruit properties by ultrasonic technique. Ultrasonic, 38, 717-722.
- 10- Mizrach, A. 2004. Assessing plum fruit quality attributes with an ultrasonic method. Food Research International, 37, 627-631.
- 11- Mizrach, A., 2007. Nondestructive ultrasonic monitoring of tomato quality during shelf-life storage. Postharvest Biology and Technology, 46: 271-274.



- 12- 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.
- 13- Oppenheim, A. V. and R. W. Schafer. 1999. Discrete time signal processing. Prentice Hall, International.
- 14- Park YS, Jung ST. 2006. Ethylene treatment of 'Hayward' kiwifruits (*Actinidia deliciosa*) during ripening and its influence on ethylene biosynthesis and antioxidant activity. *Scientia Horticulturae*; 108: 22-28.
- 15- Yang, C. C., S. O. Prashier, J. A. Landry, H. S. Ramaswamy, and A. ditommaso. 2000. Application of neural networks in image recognition and classification of crop and weeds. *Canadian Agricultural Engineering* 42 (3): 147- 152.





INTELLIGENT ASSESSING KIWIFRUIT CHEMICAL ATTRIBUTES BY NONDESTRUCTIVE ULTRASONIC

Nastaran Jamshidi^{1*} Adel Hossainpour² and Hasan Zaki dizaji¹

1- MSc Student, Department of machinery mechanic Engineering, Ilam University
nastaranjamshidi@gmail.com

2- Assistant, Department of machinery mechanic Engineering, Ilam University

3- Assistant, Department of machinery mechanic Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz

Abstract

Kiwi 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 these standards and improving its various processing lines is being 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 blending with artificial neural networks was used as a nondestructive and smart for assessing kiwi fruit chemical attributes. 150 samples of Hayward kiwifruit were tested during the first, fourth and seventh week of their keeping. First, ultrasonic test was conducted on the samples. Then using the destructive methods, some qualitative benefits including acidity, soluble solids and PH were determined. The initial common statistical tests show that the qualitative benefits of kiwi in three states, have significant differences. For data analysis 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 was identified. Using MLP network with 20 neurons in input layer, acidity, soluble solids and PH were determined as 0.952, 0.953 and 0.920 respectively and these results suggest high capability of ultrasonic over time consuming and expensive destructive methods. Furthermore, results showed that neural networks, PH of samples, that were lower significantly than other qualitative criteria with Duncan and variance analysis, predict with a lower accuracy.

Keywords: ultrasonic, artificial neural network, kiwi, chemical attributes