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

رابطه بین خواص رزنانسی ، رسیدگی و سختی هندوانه

راضیه یزدان پناه[1]*، محمد حسین رئوفت[1] و سید مهدی نصیری[2]
۱ و ۲ – به ترتیب استاد و استادیار گروه مهندسی بیوسیستم دانشگاه کشاورزی شیراز
ایمیل مکاتبه کننده: R.yazdanpanah66@gmail.com

چکیده

در تحقیق حاضر امکان استفاده از رزنانس هندوانه به عنوان شاخصی از رسیدگی برای مصرف کننده نهایی مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور ٦۰ عدد هندوانه رقم چیلیان بلاگ انتخاب و به سه گروه نارس، رسیده و بیش از حد رسیده تفکیک گردید. در ادامه فرکانس رزنانسی نمونه ها در دو سطح شدت ضربه، دو سطح محل اعمال ضربه و سه موقعیت نصب میکروفن اندازه گیری شد. سختی هر نمونه به کمک دستگاه اینسترون اندازه گیری گردید. بررسی رابطه مراحل رسیدگی با فرکانس رزنانسی بیانگر آن است که فرکانس رزنانسی در مراحل رشد کاهش معنی داری پیدا کرده است و اثر موقعیت محل نصب میکروفن و موقعیت اعمال ضربه، بر فرکانس رزنانسی معنی دار بوده است. سختی هندوانه در مرحله بیش از حد رسیده نیزکاهش پیدا کرده است. مطالعه حاضر نشان داد که برای هندوانه رسیده ضریب همبستگی بین سختی و فرکانس تا حداکثر ٦۰ درصد محاسبه گردید.

واژه‌های کلیدی: ارتعاش، سختی، مراحل رشد، شدت ضربه.

مقدمه

درجه‌بندی[1] در واقع بررسی و ارزیابی بعضی از ویژگی‌های مواد غذایی برای تعیین کیفیت داخلی آن است. درجه‌بندی به طور معمول توسط فرد آموزش دیده انجام می‌گیرد. به دلیل هزینه زیاد پرسنل ماهر مورد نیاز برای جداسازی محصولات، انجام درجه بندی گرانتر از دسته‌بندی[2] است.

هندوانه با نام علمی Citrullus lanatus و از دسته *صیفی‌جات* است که در *جالیز* رشد می‌کند. از نظر گیاهشناسی هندوانه گیاهی یک ساله، علفی با گونه‌های مختلف می‌باشد. مجموع تولید هندوانه در بیست کشور اول جهان در سال ۲۰۱۱ میلادی بیش از ۲/۵ میلیون تن بوده است و ایران با تولید چهار فصل سال در مناطق مختلف کشور سالانه بیش از ۳۳٤ هزار تن هندوانه تولید می‌کند که جایگاه سوم جهان در تولید این محصول را به خود اختصاص داده است(بی نام، ۲۰۱۱). برداشت میوه هنگامی است که گوشت میوه رسیده و میزان قند آن حداکثر باشد. اگر در هنگام برداشت، میوه بیش از حد

[1] Grading
[2] Sorting

نارس باشد دیگر میوه نخواهد رسید. روش‌های متفاوتی برای تعیین رسیدگی میوه استفاده می شود. تشخیص میوه رسیده از نارس احتیاج به تجربه دارد. بهترین روش برای اینکه مشخص شود میوه رسیده است یا نه، نوع صدای ضربه‌ای است که با انگشت شست به میوه وارد می‌آید(بی نام، ۱۳۸۹ – خادمیان و همکاران،۱۳۸٤ – بهرامی سیرمندی و همکاران، ۱۳۹۰ و پیوست، ۱۳۸٤). وقتی که به یک جسم جامد ضربه وارد می‌شود، تولید صدا می‌کند. صدا نتیجه ارتعاش یک جسم است. صدا در محیط مادی (هوا یا آب) به صورت موج انتشار می‌یابد(اسمعیل بیگی، ۱۳۳٤). پیدایش ارتعاش در یک جسم به واسطه وجود همان ارتعاش در جسم دیگری که از آن فاصله دارد پدیده رزنانس گویند. عملاً در تمام کارهای جدید مربوط به آکوستیک، نوسان‌های فشار صوتی به وسیله نوعی دستگاه گیرنده الکتروآکوستیکی گرفته می‌شود(اسمعیل بیگی و همکاران، ۱۳٦٤). اندازه‌گیری پاسخ صدا نشانه قابل اعتماد از تغییرات خواص مکانیکی میوه قبل، در حین و پس از برداشت است. با توجه به ماهیت غیرمخرب اندازه‌گیری پاسخ صوتی، به عنوان یک روش برای ارزیابی شرایط پس از برداشت میوه مناسب می‌باشد(دوپارت و همکاران، ۱۹۹۷).

کلارک و میکلسون برای اولین بار مدول صوتی را با استفاده از یک آزمایش ارتعاشی برای میوه‌هایی که به شکل تقریباً کروی بودند تخمین زدند. در این روش از فرکانس طبیعی میوه برای اندازه‌گیری سفتی استفاده می‌شود.(کلارک و همکاران، ۱۹٤۲). بنابر قضیه فوریه، هر تابع متناوب تک مقداری و پیوسته را می‌توان به مجموع تعداد محدود یا نامحدودی از توابع ساده‌ای تقسیم کرد که فرکانس‌های آن‌ها مضاربی از فرکانس اصلی باشند. این قضیه در آکوستیک و ارتعاشات اجسام کاربرد فراوان دارد(اسمعیل بیگی،۱۳۳٤). روش رزونانس پیشنهاد شده توسط ابوت و همکاران شامل قرار دادن کل میوه در یک پلت فرم است که می‌تواند بیش از یک محدوده فرکانس از ۲۰ تا ٤۰۰۰ هرتز ارتعاش ایجاد کرده و با استفاده از شتاب-سنج پاسخ ارتعاش را اندازه‌گیری کنند. فرکانس‌های رزونانس با استفاده از تبدیل فوریه به سرعت محاسبه می‌شوند. (ابوت و همکاران، ۱۹٦۸). کوک و رند یک مدل ریاضی برای تفسیر رفتار ارتعاشی میوه‌های دست نخورده ارائه شد. آن‌ها نشان دادند که مدول الاستیک (مدول یانگ) را می‌توان به طور رضایت بخشی برآورد کرد(کوک و رند، ۱۹۷۳).

در روش التراسونیک از امواج فراصوت با فرکانس بالاتر از ۲۰ کیلو هرتز استفاده می‌شود و صوت به درون میوه نفوذ داده می‌شود و بعد از عبور از درون میوه به وسیله اسیلوسکوپ دریافت می‌شود. این روش برای برآورد کردن کیفیت داخلی آووکادو و سیب موفقیت‌آمیز بوده است(چن و همکاران، ۱۹۹٦). موراماتسو و همکاران با روش آکوستیک[3] غیرمخرب (انعکاس صدا) و روش مکانیکی مخرب، استحکام بافت میوه کیوی را اندازه‌گیری نمودند. آن‌ها نشان دادند که روش آکوستیک نتایج مشابهی با روش‌های مخرب مکانیکی متداول و مرسوم داشته است. بنابراین روش غیرمخرب انعکاس صدا را می‌توان برای ارزیابی استحکام و سفتی میوه‌کیوی استفاده نمود(موراماتسو و همکاران، ۱۹۹۷).

نصیری و جوادی برای تعیین سفتی بافت کیوی از روش‌های ضربه‌ای استفاده شد. آن‌ها آزمایشات را در دو سطح درجه حرارت نگهداری ۲ و ۲۰ درجه سانتی گراد به مدت دو هفته انجام دادند. اولین فرکانس رزونانسی، ضریب استحکام و مدول الاستیسیته بررسی شد. نتایج نشان داد که ترکیب روش‌های ضربه و صوت به عنوان یک روش غیرمخرب توانست سفتی بافت میوه کیوی را در مدت نگهداری با دقت قابل قبولی برآورد کند(نصیری و جوادی، ۲۰۱٤).

[3]- Acoustic

آزمون نفوذ در حال حاضر یک روش استاندارد برای اندازه‌گیری سفتی یا تردی در کارخانه‌ها می‌باشد آزمون نفوذ یک روش مخرب است فقط مناسب بدست آوردن مقدار میانگین در یک جمعیت بزرگ است. بنابراین برای اندازه‌گیری سفتی یا تردی هر میوه یا ماده غذایی به طور جداگانه باید بتوانیم از روشی غیرمخرب استفاده کنیم(لو و تیپر، ۲۰۰۹). اساس اندازه‌گیری نیرو – تغییر فرم تئوری خط هرتز می‌باشد. این تئوری بیان می‌کند که تنش فشاری دو جسم در تماس با یکدیگر ارتباط مستقیم با مدول الاستیسیته و رابطه عکس با شعاع انحنا دارد. نمودار نیرو–تغییر فرم می‌تواند توسط فنر یا سنسور پیزوالکتریک که در پشت پیستون قرار دارد ثبت شود(مکنیش و همکاران، ۱۹۹۷).

میزارچ با استفاده از روش فراصوتی غیر مخرب، کیفیت گوجه‌فرنگی را در طول مفید انبارمانی نظارت و ارزیابی کرد. نتایج او نشان داد که روند میرایی امواج فراصوتی گذرنده از بافت گوجه فرنگی و نیز سختی آن‌ها در طول زمان انبارمانی تقریبا کاهشی است(میزارچ، ۲۰۰۷).

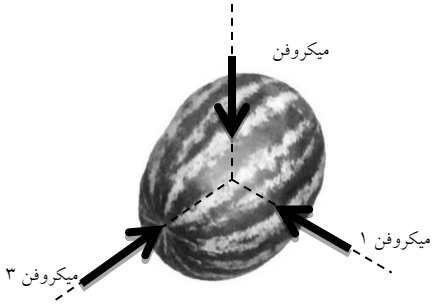
مواد و روش‌ها

برای تهیه نمونه از هنداونه های کشت شده در مزرعه ای در نزدیکی اسماعیل آباد از توابع شهرستان شیراز استان فارس استفاده شد. تاریخ کاشت هندوانه۹۳/۱/٤ بود و در تاریخ ۹۳/٤/۲ اولین مرحله برداشت نمونه شروع شد. تعداد ٦۰ عدد نمونه در یک فصل زراعی انتخاب و کدگذاری شد، که در سه مرحله برداشت شد و آزمایشات طی ۳ مرحله (نارس، رسیده، بیش ازحد رسیده) انجام شد. انتخاب نمونه ها به صورت تصادفی بود. سه مرحله نارس، رسیده و بیش از حد رسیده با توجه به قند نمونه ها مشخص شد. در مرحله نارس ۲۰ نمونه مورد آزمایش قرار گرفت و ٤۰ نمونه روی بوته باقی ماند، در مرحله رسیده ۲۰ نمونه از ٤۰ نمونه باقی مانده روی بوته به آزمایشگاه منتقل شد و در مرحله بیش از حد رسیده ۲۰ نمونه آخر از بوته جدا شد و تحت آزمایش قرار گرفت. تحریک میوه بر اساس اعمال ضربه ای صورت گرفت. برای اعمال ضربه از یک گلوله تفلونی به وزن ۱۳ گرم و شعاع ۳۰ میلی متر که به نخی به طول ۱۳۰ میلی متر بسته شده بود استفاده شد و نیروی اعمالی تنها نیروی ثقل (وزن ضربه زن) بود(دیزما لگلسیاس و همکاران، ۲۰۰٤). در این آزمون از دو زاویه ۳۰ و ٦۰ درجه استفاده شد. در ابتدا آزمون صوتی ضربه بر روی میوه دست نخورده انجام گرفت. بدین منظور با گلوله تفلونی از قسمت شعاعی به هندوانه ضربه زده شد و صوت توسط سه میکروفن ثبت شد. این ضربه با دو زاویه ۳۰ و ٦۰ درجه انجام شد و سپس محل اعمال ضربه بر روی خط محوری قرار گرفت و دوباره آزمایش تکرار شد. این آزمایش بر روی هر ٦۰ عدد هندوانه انجام شد.

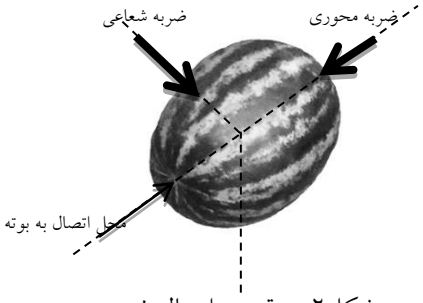
در ادامه به منظور ارزیابی تاثیر تغییرات سختی کل میوه بر رفتار صوتی هندوانه، با استفاده از دستگاه اینسترن، نیروی مورد نیاز برای فشرده سازی کل میوه به اندازه ۱۰ درصد طول میوه اندازه گیری گردید. (ابعاد میوه در راستایی مورد نظر که برای تعیین سختی می باشد اندازه گیری شد. سپس ۱۰ درصد این طول به عنوان کرنش اعمالی در نظر گرفته شد. پروب اینسترن به اندازه کرنش تعیین شده پایین آمد و نیروی مورد نیاز برای فشرده سازی این مقدار اندازه گیری شد. هدف از این روش این بود که به هر هندوانه با توجه به ابعاد خود نمونه، نیرو وارد شود تا خطای آزمایش کم شود. این مقدار نیرو به عنوان سختی معرفی شد.) سختی میوه در دو موقعیت اعمال نیرو در دو راستای خط مرکزی و محوری انجام شد. در پایان هفته دوم داده ها جمع آوری شد و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. به این منظور آزمایشی به صورت فاکتوریل در

قالب طرح کاملا تصادفی انجام شد. آزمون ضربه با سه متغیر مستقل محل اعمال ضربه به صورت محوری و شعاعی، شدت ضربه در دو سطح ۲٤۰ و ٤٦٤ g.m.s-1 و سه محل نصب موقعیت میکروفن: دو میکروفن روی خط مرکزی و میکروفن سوم در محل اتصال میوه به ساقه انجام گرفت. این سه میکروفن نسبت به هم زاویه ۹۰ درجه دارند .

در آزمون ضربه پس از اعمال ضربه به میوه و مرتعش نمودن آن سیگنال صوتی ایجاد شده ثبت گردید. صوت ایجاد شده در محدوده شنوایی انسان بود. برای ضبط سیگنال صوتی در سه جهت احتیاج به ۳ میکروفن و ۳ لپ تاپ بود. ۳ میکروفن با مشخصات مشابه تهیه شد. با توجه به شکل ۱ میکروفن ها در سه موقعیت ۱، ۲ و۳ قرار دارند و با توجه به شکل ۲ موقعیت ضربه اعمالی در دو جهت شعاعی و محوری می باشد.



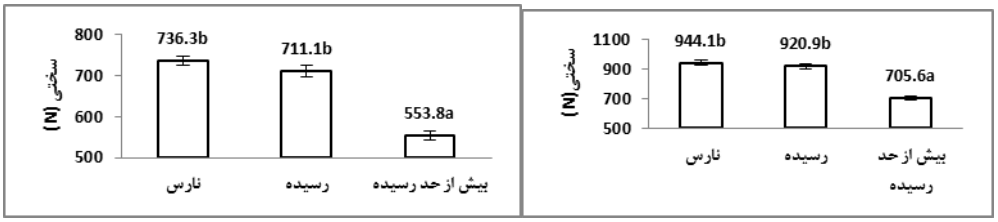
شکل۱: موقعیت قرار گیری میکروفن ها



شکل۲: موقعیت اعمال ضربه

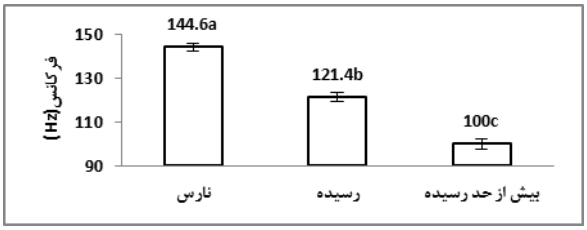
نتایج و بحث

۱. تاثیر مراحل رشد بر سختی: نتایج به دست آمده نشان داد که مراحل رشد (نارس، رسیده، بیش از حد رسیده) و موقعیت اعمال نیرو (محوری و شعاعی) بر سختی تاثیر معنی داری داشته است. با توجه به شکل ۳ و ٤ با رسیدگی هندوانه میزان سختی میوه کاهش پیدا می کند و در مرحله بیش از حد رسیده کاهش معنی دار است. هندوانه از نوع میوه سته می باشد و در مراحل رشد، بافت میوه در حال نرم شدن و پوست آن در حال سخت شدن است[۲۰] و به طور کلی اثر این دو با هم باعث شده روند سختی در دوره نارس تا رسیده تقریباً ثابت باقی بماند و از مرحله رسیده تا بیش از حد رسیده پوست به آخرین حد سختی خود رسیده اما بافت گوشت در حال نرم شدن است بنابراین در این مرحله از میزان سختی کل میوه کم می شود. بعد از آنکه میوه به حداکثر اندازه خود رسید تغییرات شیمیایی مناسب در آن آغاز می شود که سبب می شود دیواره سلول تضعیف گردد که در نتیجه، نیروی مکانیکی لازم برای جدا کردن سلول ها از یکدیگر را بسیار کاهش می دهد(مجتهدی و لسانی، ۱۳۸٤) سوگیاما و همکاران و دیزما لگلسیاس گزارش کردند که تغییرات سفتی گوشت هندوانه با گذشت زمان کاهش یافته است(دیزما لگلسیاس و همکاران، ۲۰۰٤ و سوگیاما و همکاران، ۱۹۹٦). نیروی لازم برای فشرده سازی میوه در مرحله نارس با میانگین ۸٤۰/۲ نیوتن ، در مرحله رسیده با میانگین ۸۱٦ نیوتن و در مرحله بیش از حد رسیده با میانگین ۵۵۱/۹ نیوتن کاهش پیدا کرده است .



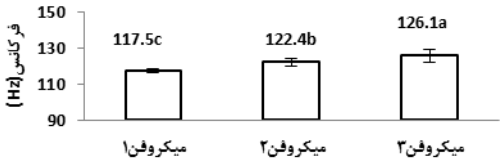
شکل۳و٤: به ترتیب از سمت راست تاثیر مراحل رشد بر سختی محاسبه شده در راستای شعاعی و تاثیر مراحل رشد بر سختی محاسبه شده در راستای محوری

۲. تاثیر مراحل رسیدگی بر فرکانس رزنانسی: تاثیر مراحل رسیدگی بر فرکانس رزنانسی بررسی شد. با توجه به شکل ۵ فرکانس در طول مرحله رسیدگی کاهش پیدا کرده است و به دلیل افزایش جرم حجمی، صوت با سرعت بیشتری میرا شده و در هر سه مرحله کاهش فرکانس اثر معنی داری داشته است. سوگیاما و همکاران ۱۹۹٤ و نصیری و جوادی ۲۰۱٤ نتایج مشابهی را گزارش کردند(سوگیاما و همکاران، ۱۹۹٦ و نصیری و جوادی، ۲۰۱٤)



شکل۵: تاثیر مراحل رسیدگی بر فرکانس

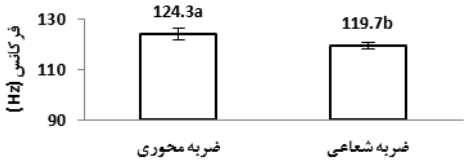
۳. تاثیر موقعیت میکروفن بر فرکانس رزنانسی: با توجه به شکل ٦ بین سه میکروفن تفاوت معنی داری وجود دارد. میکروفن اول فرکانس کمتری ثبت کرده است و میکروفن دوم وسوم فرکانس بالاتری ثبت کرده است. ضریب همبستگی بین بین قند و میکروفن اول، دوم و سوم به ترتیب برابر با ۰/٦۷٤، ۰/۵۱۵ و ۰/٤۰۸ بود. بنابراین میکروفن یک بهترین موقعیت برای ثبت سیگنال صوتی است.



شکل٦: تاثیر موقعیت میکروفن بر فرکانس

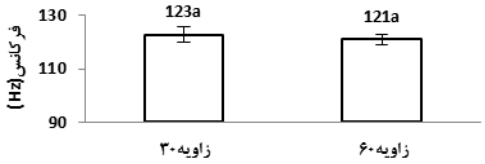
٤. تاثیر موقعیت اعمال ضربه بر فرکانس رزنانسی: موقعیت ضربه بر فرکانس رزنانسی تاثیر گذار است. شکل ۷ نشان می دهد محل اعمال ضربه اثر معنی داری بر فرکانس داشته است. فرکانس ثبت شده در ضربه شعاعی کمتر است و ارتباط

بهتری با قند اندازه گیری شده وجود دارد و ضریب همبستگی برای ضربه شعاعی و محوری به ترتیب برابر با ۰/۵۹۳ و ۰/۵۱۰ بود. بنابراین ضربه شعاعی در تشخیص کیفیت هندوانه بهتر عمل کرده است .



شکل۷: تاثیر موقعیت ضربه بر فرکانس

۵. تاثیر زاویه ضربه زن بر فرکانس رزنانسی: تاثیر زاویه ضربه زن بر فرکانس رزنانسی بررسی شد. با توجه به شکل ۸ زاویه ضربه زن بر فرکانس رزنانسی تاثیر معنی داری نداشته است. ضریب همبستگی بین قند و فرکانس رزنانسی حاصل از ضربه ۳۰ و ٦۰ درجه به ترتیب برابر با ۰/٤٦۰ و ۰/٦۵۳ بود. بنابراین فرکانس ثبت شده توسط ضربه زن ٦۰ درجه کیفیت داخلی را بهتر تشخیص داده است. و افزایش شدت ضربه باعث وضوح بهتر در ثبت سیگنال صوتی می شود. نتایج این پژوهش با نتایج نصیری و جوادی هم خوانی دارد(نصیری و جوادی، ۲۰۱٤).

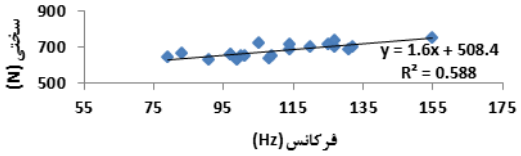


شکل ۸: تاثیر زاویه ضربه زن بر فرکانس

بین فرکانس رزنانسی و قند ضریب همبستگی محاسبه شد و مشخص شد فرکانس حاصل از ضربه شعاعی در زاویه ٦۰ درجه بهترین موقعیت و شدت ضربه بوده و میکروفن اول نیز بالاترین ضریب همبستگی را با قند داشته است. بنابراین این فرکانس با سختی نیز مقایسه شد و ضریب همبستگی به صورت زیر می باشد.

رابطه سختی با فرکانس رزنانسی: ضریب همبستگی بین فرکانس رزنانسی و سختی میوه در دو راستای شعاعی و محوری به ترتیب برابر $R^2=0.557$ و $R^2=0.411$ بود. سختی محاسبه شده در راستای شعاعی ضریب همبستگی بالاتری با فرکانس رزنانسی دارد و به دلیل تغییر ضخامت پوست هندوانه در راستای محوری (پوست محل اتصال به ساقه ضخیم ترین قسمت پوست هندوانه است) ضریب همبستگی کاهش پیدا کرده است.

با توجه به شکل ۹ فرکانس رزنانسی در مرحله رسیده بیشترین ضریب همبستگی را با سختی اندازه گیری شده در راستای شعاعی داشته است.



شکل۹: ارتباط بین فرکانس رزنانسی و سختی اندازه گیری شده در راستای شعاعی در مرحله رسیده

نتیجه‌گیری

در مرحله بیش از حد رسیده سختی هندوانه کاهش معنی داری پیدا کرده است. بین هر سه مرحله نارس، رسیده و بیش از حد رسیده تفاوت معنی داری در فرکانس رزنانسی وجود داشت. بین ضربه محوری و شعاعی تفاوت معنی داری در فرکانس خروجی وجود داشت. موقعیت هر سه میکروفن برای ضبط سیگنال صوتی در فرکانس رزنانسی تاثیر معنی داری ایجاد می نمود. دو زاویه ۳۰ و ٦۰ درجه اختلاف معنی داری در فرکانس رزنانسی ایجاد ننمودند و فقط زاویه ٦۰ درجه وضوح بهتری داشت.

به طور کلی سختی هندوانه در مرحله بیش از حد رسیده کاهش پیدا کرده است و حمل به بازارهای دور در این مرحله احتمال آسیب دیدن و ترک خوردگی هندوانه را بیشتر می کند و بین فرکانس رزنانسی و سختی ارتباط وجود دارد.

منابع و مآخذ

۱. اسمعیل‌بیگی، ض. ۱۳۳٤. اکوستیک (صوت). انتشارات دانشگاه تهران.
۲. اسمعیل‌بیگی، ض. و برکشلی، م. ۱۳٦٤. مبانی آکوستیک. موسسه انتشارات امیرکبیر. تهران.
۳. بهرامی سیرمندی، س. بهرامی سیرمندی، ح. و حسن زاده، ر. ۱۳۹۰. راهنمای جامع و مصور کشت و پرورش صیفی جات (هندوانه، طالبی، خربزه، کدو و ...). انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی.(۱۹) ۱۲۷–۱۳۵ ص.
٤. بی نام. ۱۳۸۹. شناسنامه تصویری هندوانه. دفتر آمار و فناوری اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی. ٤۱ ص.
۵. پیوست، غ.ع. ۱۳۸٤. سبزیکاری، انتشارات دانش پذیر. ۲۹۱–۲۹۳ ص.
٦. خادمیان، ح. تهذیبی، ف. غلامحسین پور،ز. و طلوعی، م. ۱۳۸٤. هندوانه تجاری. مرکز نشر سپهر. ۱۱۸ ص.
۷. خوشخوی، م. شیبانی، ب. روحانی، ا. و تفضلی، ع.ا. ۱۳۸۳. اصول باغبانی (مبانی دانش بوستانداری). انتشارات دانشگاه شیراز. ۱۸٦، ٤٤۸ ص.
۸. مجتهدی، م. و لسانی، ح. ۱۳۸٤. زندگی گیاه سبز. انتشارات دانشگاه تهران. چاپ پنجم.
9. Abbott, J. A. Bachmann, G. SChilders, N. F. Fitzgerald, J. V. & Matusik, K. F. 1968.Sonic techniques for measuring texture of fruits and vegetables. Food Technol. 22(5), 635-64.
10. Anonymous. 2011. Food and agriculture organization of the united nation. Faostat.fao.org/site/656. (Accented on 21/6/2014).
11. Chen, P. McCarthy, M. J. Kim, S. M. & Zion, B. 1996. Development of a high speed NMR technique for sensing maturity of avocados. Transactions of the ASAE. 39(6), 2205-2209.
12. Clark, H. & Mikelson, l. 1942. Fruit ripeness tester. U. S. Patent 2, 227-337.

13. Cooke J. R. & Rand, R. H. 1973. A mathematical study of resonance in intact fruits and vegetables using a 3-media elastic sphere model. Journal of Agricultural Engineering. 18, 141-157.
14. Diezma Lglesias, B. Ruiz Altisent, M. & Barreiro, P. 2004. Detection of internal quality in seedless water melon by acoustic impulse response. Journal of biosystems eng. 2, 221-230.
15. Dupart, f. Grotte, M. Pietri, E. & Loonis, D. 1997. The acoustic impules response method for measuring the overall firmness of fruit. Journal of Agricultural Engineering research. 66, 251-259.
16. Lu, R. & Tipper, N. C. 2009. A portable device ortable device for the bioyield detection to measure apple firmness. Transactions of the ASABE American Society of Agricultural and Biological Engineers. 25(4), 517-523.
17. Macnish, A. J. Joyced, C. & Shorter, A. J. 1997. A simple nondestructive method for laboratory evaluation of fruit firmness. Aust J EXP Agr. 37, 709-713.
18. Mizrach, A. 2007. Nondestructive ultrasonic monitoring of tomato quality during shelf-life storage. Postharvest Bilogy and Technology. 46, 271-274.
19. Muramatsu, N. Sakarai, N. Yamamoto, R. Nevins, D. Takahara, T.& Osata, T. 1997.comparison of a non-destructive acoustic method with an intrusive method for firmness measurement of kiwifruit. Postharvest biology and technology. 221-228.
20. Nassiri, S. M. & Javadi, sh. 2014. Application of acoustic method for estimation of kiwifruit firmness during storage. Journal of Agricultural machinery science. 10(1), 13-17.
21. Sugiyama, J. Katurai, T. Hong, J. Koyama H. & Mikuriya, K. 1996. Melon ripeness monitoring by a portable firmness tester. American Society of Agricultural Engineers. 41, 121-127.

Correlation between resonance properties, ripeness and hardness of watermelon

Abstract

In this study the possibility of using resonance of watermelon as an indicator of degree of ripeness for the end consumer was investigated. Tests were carried out on 60 Chilian Blog watermelons already sorted into three groups of unripen, ripe and overripe. Resonant frequency of samples were measured at three levels of impact intensity, two levels of impact position and three levels of recording place. Hardness of same samples were measured by Instron. Relationship between fruit ripeness and resonant frequency followed a declining trend and it was significantPosition of applying impact and transmitted signal recording was significantly influenced on the frequency. . A decreasing trend was observed for hardness. The results revealed an correlation between fruit hardness and frequency with maximum correlation coefficient of 0.60

Keywords: Vibration, hardness, growth, impact intensity.