تشخیص عارضه ی دانه سفیدی انار، با استفاده از روش غیرمخرب صوتی در دوره ی انبارمانی

محمد رضا بیاتی[۱]. مهدی خجسته‌پور[۲]. یحیی سلاح‌ورزی[۳] . باقر مخدومی[۴]

[۱]استادیار گروه مهدسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه فردوسی مشهد، bayati@um.ac.ir
[۲]دانشیار گروه مهدسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه فردوسی مشهد، mkhpour@um.ac.ir
[۳]استادیار گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشگاه فردوسی مشهد، selahvarzi@gmail.com
[۴]دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، گروه مهدسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه فردوسی مشهد، B.makhdomi1369@gmail.com

چکیده

تشخیص عارضه‌ی دانه سفیدی انار در طی دو ماه انبارمانی در سردخانه‌ای با دو درجه‌ی سیلیسیوس و رطوبت نسبی ۸۲ درصد با روش غیر مخرب آکوستیکی مورد بررسی قرار گرفت. پارامترهای آکوستیکی شامل فرکانس طبیعی و شاخص آکوستیکی با ثبت سیگنال‌های صوتی حاصل از ضربه‌ی غیر مخرب یک‌سان از طریق ضربه زن، توسط میکروفون صداسنج و تبدیل آن از حوضه‌ی زمان به حوضه‌ی فرکانس به دست آمدند. تمامی آزمون‌های انجام‌شده در هرماه و هم‌چنین قبل از ورود به انبار صورت گرفت. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که تمامی پارامترهای آکوستیکی (فرکانس غالب، شاخص آکوستیکی) در طول انبارمانی کاهش داشته‌اند. میزان پارامترهای کاهشی ذکرشده در انارهای با عارضه‌ی دانه سفیدی نسبت به انارهای سالم بیشتر بود. همبستگی‌های به‌دست‌آمده نشان دادند که در تعیین کیفیت انار در طی انبارمانی از روش غیر مخرب می‌توان بهره برد. با روش غیرمخرب آکوستیکی مشخص شد در تشخیص عارضه‌ی دانه سفیدی،چه در دوره‌ی برداشت چه در طول انبار مانی می‌تواند مثمر ثمر واقع شود و نتایج مفیدی به دست آورد.

کلمات کلیدی: آکوستیک، آزمون غیر مخرب، عارضه‌ی دانه سفیدی، انار

انار درخت کوچکی است که ارتفاع آن حداکثر تا شش متر می‌رسد و در مناطق نیمه گرم‌سیری می‌روید. انار بانام علمی Punicagranatum ازخانواده Punicaceae جنس Punica و گونه granatum است.

ایران با تولید سالانه ۹۰۰ هزار تن انار ،بزرگ‌ترین تولیدکننده انار در دنیا بوده و یکی از مهم‌ترین محصولات صادراتی کشور محسوب می-شود. بسیاری از رقم‌های انار بومی بوده، به طوری‌که ۷۶۰ رقم وحشی، بومی و تزئینی در کشورمان وجود دارد (Abbasi et al., 2008).

با توجه به سطح زیر کشت انار درکشور، حفظ کیفیت و ویژگی‌های ظاهری در طول انبارمانی بسیار مهم می‌باشد. اکثر میوه‌ها در طول انبارمانی برخی از پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آن‌ها دچار تغییر می‌شود و تغییرات بسیاری از این پارامترها متأسفانه در طول انبارمانی را بدون تخریب محصول نمی‌توان کنترل و تشخیص داد (Rabiei and Rahmani, 2014).

عامل‌هایی هم‌چون رشد قارچ‌ها، کاهش وزن در اثر تنفس و تعرق، وجود کرم گلوگاه،سفیدی دانه‌های انار و قهوه‌ای شدن دانه‌ها، آفتاب سوختگی و سایر عامل‌ها، محصول را در انبار تحت تأثیر خود قرار خواهند داد (Talaie et al. 2004).

سفید شدن آریل‌های انار هرساله خسارت زیادی به باغداران وارد می‌کند، به همین دلیل به عنوان یک مسئله مهم مطرح و رفع آن جهت جلوگیری از خسارت‌های وارد به باغداران و صادرکنندگان مورد توجه می‌باشد. در بروز این عارضه می‌توان به اثرهای آب و هوایی و خشک‌سالی‌های پی‌درپی، وزش بادهای گرم در طول تابستان (آنتوسیانین موجود در میوه‌ها در برابر حرارت ناپایدار می‌باشند) و متعاقب آن افزایش میزان تبخیر و تعرق اشاره نمود (Ajamkhiji and Ajamkhiji, 2016).

کاهش کیفیت انار در انبارمانی با افزایش طول مدت و یا انبارداری در دمای پایین‌تر از پنج درجه سلسیوس به‌صورت کاهش رطوبت، قهوه‌ای شدن، ایجاد فرو رفتگی سطحی،افزایش قابلیت فاسد شدن آن در اثر عوامل شیمیایی است. ارزیابی کیفی در زمان برداشت بر اساس طیف گسترده‌ای از ویژگی‌های فیزیوشیمیایی شامل رنگ، مواد جامد محلول، پی اچ و بافت میوه استوار می‌باشد(Fawole and Opara, 2013) .

به دلیل بافت و مواد تشکیل‌دهنده درونی محصول، همواره روش‌های مخرب دارای ضعف در تشخیص مناسب کیفیت میوه بوده است، چراکه تحقیقات انجام شده نیز این ادعا را رد نمی‌کند. بر همین اساس در این باره گفته شده است که برای ارزیابی کیفیت میوه نیاز به آزمایش‌های مکانیکی متعدد و سریع وجود دارد که به‌وسیله آن‌ها بتوان در مورد بررسی اجزای میوه بحث و نتیجه‌گیری کرد (Abbott et al, 1992).

اولین سال‌های استفاده از آکوستیک در صنایع غذایی به سال ۱۹۷۰ برمی‌گردد (Takeda et al, 1970). روش‌های صوتی برای تعیین کیفیت

برای اولین بار توسط کلارک صورت گرفت (Clark, 1975) . روش کار در این تحقیق‌ها بر پایه سیگنال‌های عبوری در محصول که دارای جرم، شکل هندسی و الاسیسیته[1]بودند، انجام گرفت. در این راستا برای تغییرات و نتایج حاصل از موج عبوری یک مدل ریاضی ارائه شد که به جرم، شکل هندسی و مدول الاسیسیته جسم (تحصول)وابسته می‌باشد (Cooke and Rand, 1973).

این مدل برای بررسی بافت میوه‌های مختلف مورداستفاده قرار گرفت زیرا بافت میوه‌ها و سبزی‌ها خواص آکوستیکی متفاوتی باهم دارند (Jaeger et al, 1998).

(Mizrach, 2007) با استفاده از روش فراصوت، رابطه بین استحکام و قند میوه آلو را مورد بررسی قرار داد. نتایج آزمایش نشان داد که در طول دوره انبارمانی، میزان فرکانس و هم‌چنین قند میوه با گذشت زمان کاهش یافتند. (Mizrach, 2007) **هم‌چنین** در تحقیق دیگر خود بر روی بررسی بافت و کیفیت محصول کیوی که با تکنیک آکوستیکی انجام شد به این نتیجه رسید که تغییرات صوت با رسیدگی میوه تغییر می‌کند که می‌تواند به‌عنوان یک شاخص طبقه‌بندی مورد استفاده قرار گیرد.

(Taniwaki et al, 2009) با استفاده از دستگاه ارتعاشی شکل میزان رسیدگی میوه گلابی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحقیقلا ایشان نشان دادند که با استفاده از ضریب الاسیسیته به‌دست آمده از روش آکوستیکی، می‌توان برای تعیین زمان رسیدگی میوه استفاده نمود آن‌ها هم-چنین از این سیستم برای تعیین رسیدگی خربزه نیز استفاده کردند و نشان دادندکه روش استفاده از فرکانس می‌تواند در رسیدگی خربزه استفاده گردد. با استفاده از مقدار فرکانس به دست آمده از این روش، ضریب الاسیسیته محاسبه شد و درنهایت نتایج نشان دادند که رابطه‌ی مناسبی بین ضریب الاسیسیته و رسیدگی میوه وجود دارد.

(Khoshnam et al, 2012) نیز میزان رسیدگی خربزه را با روش غیر مخرب پاسخ آکوستیکی تشخیص دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که همبستگی بالایی بین پارامترهای آکوستیکی و شاخص‌های رسیدگی وجود دارد

(Diezma-Iglesias et al, 2004) از پردازش انعکاس صدای ضربه برای تشخیص کیفیت داخلی هندوانه استفاده کردند. در این تحقیق از دستگاهی شامل یک میکروفن و یک تولیدکننده مکانیکی ضربه استفاده شد. برای پردازش صدای برخورد از مؤلفه‌های فرکانسی صدای برخورد در حوضه فرکانس استفاده‌شده است. (Debelie et al, 2000) به کمک انعکاس صدای برخورد، روند تغییرات در میزان سفتی دو رقم گلابی را قبل و بعد از برداشت بررسی نمودند تا بهترین زمان را برای برداشت تخمین بزنند. آن‌ها طی دو سال تحقیق به این نتیجه رسیدند که تغییر در سفتی میوه در سه تا یک هفته قبل از برداشت صورت می‌گیرد و روند کاهش ناگهانی فرکانس نمونه‌ها در خصوص استحکام بافت آن‌ها در هفته‌های اول یعنی هفته یکم تا سوم، کاهش چشم‌گیری داشته و این کاهش در طول هفته‌های بعدی شیب کم‌تری از خود نشان داد.

(Scott et al, 2001) ثبات گوجه‌فرنگی را با استفاده از تکنیک پاسخ در برابر ضربه آکوستیکی کنترل کردند. این تکنیک، فاکتور استحکام-(S)[2]را بر اساس اولین فرکانس تشدید[3]و جرم میوه سالم فراهم می‌کرد..از تکنیک پاسخ ضربه آکوستیکی برای مطالعه تغییر سفتی در طول دوره انبارمانی نیز استفاده کردند و اثر واریته، روش تولید، فصل و بلوغ در زمان برداشت و شرایط ذخیره‌سازی را بررسی نمودند.تغییر در سفتی به عنوان تابعی از زمان می‌توانست به‌عنوان تابع نمایی کاهشی بیان شود.

در مطالعه‌های انجام‌شده توسط (Moramatsu, et al, 1997) روی سختی میوه کیوی، از روش مخرب آزمون نفوذ و روش غیر-مخرب پالس عبوری صدا از میان میوه استفاده شد. در روش غیرمخرب، توسط دستگاه تولیدکننده صدا، پالس صدا در طول یک کیلوهرتز به درون میوه فرستاده شد و یک بلندگو بر روی سطح میوه و در طرف مقابل آن یک میکروفن قرار داده شد. برای محاسبه زمان تلف شده صوت عبوری از کیوی از چهار پالس مختلف استفاده کردند تا رابطه بین فرکانس و زمان تلف‌شده برای عبور صدا به دست بیاید.

(Cetin et al, 2004) از روش انتشار صوت، توسط دستگاهی که شامل میکروفن، پردازشگر سیگنال دیجیتال، دستگاه تولید باد و سخت‌افزارهای مربوط بود، برای جداسازی پسته‌های بسته از پسته‌های خندان استفاده کردند.لین پژوهشگران در آزمایش‌های خود به این نتیجه رسیدند که با توجه به دامنه‌های فرکانسی ثبت‌شده در مورد نمونه‌ها، مرز جداسازی پسته‌های خندان و بسته در دامنه فرکانسی هفت کیلو هرتز می‌باشد. دستگاه ارائه شده توسط ستین و همکاران، پایه و اساس دستگاهی دیگری شد که برای جداسازی فندق‌های ترک‌خورده و سالم از آن استفاده کردند (Kulkarni and Aradhya, 2006). محققین دیگری نیز از دستگاه مشابهی برای تشخیص بذرهای آفت زده گندم نسبت به بذرهای سالم استفاده کردند (Pearson et al, 2007).

(Buerano et al, 2012) به منظور تشخیص دانه‌های برنج سالم از دانه‌های آسیب‌دیده، در پژوهش خود از یک سیستم هوشمند میکروفن‌دار و صدای برخورد بر پایه آنالیز فرکانس استفاده کردند. در این تحقیق پارامترهای آکوستیکی مختلفی از سیستم ضربه مشخص شد که می‌توانست

[1]Elasticity
[2]Strength
[3]Resonant Frequency

برای جداسازی دانه‌های سالم از آسیب‌دیده به وسیله یک میکروفن ویژه استفاده شود..

(Giacosa et al, 2015) از روش پاسخ آکوستیکی ضربه برای بررسی پارامترهایی مانند مدول الاسیسیته، در محصول انگور استفاده کردند. آن‌ها در طول شش هفته، رقم‌های مختلف انگور را مورد آزمایش قراردادند. در طی آزمایش ضربه‌های مکانیکی غیر مخربی را به نمونه‌ها وارد کردند و در مقابل فرکانس عبوری را ثبت کردند. با استفاده از این فرکانس، مدول الاسیسیته را محاسبه کردند و در پایان به این نتیجه رسیدند که فرکانس طبیعی با گذشت زمان و رسیدگی انگور کاهش می‌یابد و با برقرار کردن هم‌بستگی بین پارامترهای مکانیکی و شیمیایی در انگور دریافتندکه روش پاسخ ضربه، روش مناسبی برای تشخیص رقم‌های مختلف انگور نسبت به هم می‌باشد.

(Bayati et al, 2014) در بخش انبارمانی بر روی سیب گلاب از روش مخرب مکانیکی و غیر مخرب آکوستیکی برای بررسی روند تغییرات پارامترهای کیفی استفاده کردند و نتایج آزمایشات آن‌ها که درچهار گروه سالم و ناسالم (ضربه خورده توسط ضربه زن در آزمون آکوستیکی)و در دو حالت پوشش و بدون پوشش تقسیم‌بندی شده بود به این صورت بود که درمیان چهارگروه سیب‌ها، سیب‌های سالم و پوشش‌دار به طور متوسط در آزمون‌های آکوستیکی نسبت به سیب‌های ضربه خورده و بدون پوشش ۱۴٪ افزایش نشان دادند. تمام پارامترهای اندازه‌گیری شده شامل :فرکانس طبیعی، شاخص آکوستیک، ضریب الاستیسیته از خود کاهش نشان دادند که شیب کاهشی در شاخص آکوسیتبک نسبت به سایر پارامترهای آکوستیکی بیش‌تر بود.

(Moterassed et al, 2014) از روش آکوستیکی و شیمیایی برای تشخیص کیفیت میوه کیوی آزمایش هایی انجام دادند که در آزمایش آکوستیکی از روش صوت عبوری از درون بافت میوه کیوی استفاده کردند و در روش شیمیایی مقادیر پی اچ و مواد جامد محلول را اندازه‌گیری کردند. با مقایسه این دو روش نسبت به هم به این نتیجه رسیدند که با تغییر میزان رسیدگی میوه، سرعت صوت عبوری، تغییر پیدا می‌کند.

به‌کارگیری روش آکوستیکی میکروفن مبنا[1] در تشخیص خواص محصولات کشاورزی مانند میوه‌ها و سبزی‌ها فن‌آوری جدیدی است که می‌تواند در وقت و هم‌چنین هزینه‌های ناشی از اتلاف محصول در آزمایش‌ها جلوگیری کند.ازآن جا که روش غیرمخرب آکوستیکی میکروفن مبنا در مورد محصول انار به‌کاربرده نشده است، با فرض این که شناسایی میوه‌های انار دانه‌سفید با استفاده از روش غیرمخرب آکوستیکی میسر خواهد بود، شناسایی عارضه دانه سفیدی انار با استفاده از روش غیرمخرب آکوستیکی، هدف این پژوهش قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

نمونه‌های انار (رقم شهوار) از باغ‌های استان خراسان رضوی شهرستان بجستان تهیه شد و برای انجام آزمایش‌ها به دانشگاه فردوسی مشهد منتقل شد .

تعداد ۶۰ عدد انار (نیمی از آن‌ها دچار دانه سفیدی بودند) در دو دسته سالم و ناسالم طبقه‌بندی شد .تقسیم بندی نمونه‌های سالم و ناسالم (دارای عارضه‌ی دانه سفیدی) در گروه‌های پنج تایی در شش دسته صورت گرفت. یک دسته از این گروه‌ها تا پایان آزمایش‌ها و دوره انبارمانی به عنوان شاهد بودند. گروه بعدی نیز قبل از ورود به آزمایشگاه مورد آزمون‌های ذکرشده قرار گرفت (شکل ۱).

Figure 1. Pomegranate samples before testing

شکل ۱– نمونه‌های انار قبل از آزمایش

[1] Acoustic-phonetic data base

روش تحقیق

برای تعیین سفتی بافت محصول انار از روش آزمون آکوستیکی استفاده شد. بر اساس فرکانس‌های دریافتی ناشی از ضربه مشخص وارد شده به نمونه توسط میکروفن دستگاه صداسنج ذخیره گردید. سیگنال‌های ذخیره شد توسط دستگاه، از حوضه زمان به حوضه فرکانس تبدیل شد.

این آزمون طی دو ماه انبارمانی انجام گرفت.

مقایسه نهایی، با استفاده از نمودارهای تشکیل‌شده از هر آزمون در مقابل زمان انبارمانی در سردخانه صورت گرفت.

برای اندازه‌گیری پارامترهای آکوستیک از دستگاه صداسنج آکوستیکی مدل TES۱۳۵۱ ساخت کشور تایوان استفاده شد. این دستگاه برای ثبت سیگنال‌های عبوری از انار مورد استفاده قرار گرفت. به صورتی که نمونه در فاصله معینی از دستگاه قرار گرفت و پس از اعمال ضربه به نمونه و ایجاد سیگنال در آن و عبور سیگنال در درون نمونه، توسط میکروفن سیگنال‌های عبوری ثبت شدند

میکروفن در فاصله ۱۸۰ درجه از محل ضربه قرار داشت و بر روی نمونه با فاصله‌های ۱۲۰ درجه‌ای، ضربه‌های غیر مخرب انجام شد (Tiplica et al, 2010).

این آزمایش و ضربه‌ها بر روی تمام گروه‌های نمونه‌ها انجام گرفت.

از اطلاعات سیگنال‌های ثبت شده در تشخیص برخی از پارامترهای آکوستیکی مانند شاخص سفتی و فرکانس طبیعی استفاده شد.فرکانس طبیعی از روی داده‌ها و نمودارهای ثبت‌شده مشخص می‌گردد (اولین فرکانس با بزرگ‌ترین دامنه). این فرکانس به عنوان فرکانس طبیعی انار در آزمایش‌ها استفاده شد .برای تعیین پارامترهای شاخص فرکانس و مدول الاستیسیته به ترتیب از معادله‌های (۱) و (۲) استفاده شد (Cooke and Rand, 1973; Wang et al, 2006).

$$FI = f^2 m^{2/3} \quad (1)$$

$$EI = C f^2 m^{2/3} \rho^{1/3} \quad (2)$$

که در آن:

FI: شاخص آکوستیک (شاخص استحکام)

EI: مدول الاسیسیته

m: جرم (kg)

f: فرکانس طبیعی (فرکانس تشدید) (Hz)

C: ضریب ثابت

ρ: چگالی مخصوص (kg/m^3)

برای اندازه‌گیری جرم میوه از ترازویی به دقت ۰/۰۱ گرم استفاده شد.

تجزیه و تحلیل آماری نتیجه‌ها با استفاده از نرم‌افزار "اس پی اس اس ۱۶" در قالب آزمایش فاکتوریل با طرح پایه کاملا تصادفی صورت گرفت. هم‌چنین برای انتقال داده‌ها و تعیین مقدار از نرم‌افزار اکسل استفاده شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس پارامترهای غیر مخرب آکوستیکی

با توجه به جدول (۱) تجزیه واریانس اثرهای زمان، عارضه هرکدام در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل زمان-عارضه در سطح احتمال پنج درصد بر روی شاخص آکوستیک و فرکانس طبیعی معنی‌دار شدند. این نتایج بدان معنی می‌باشند که در طول انبارمانی پارامترهای غیر مخرب آکوستیکی برای تعیین تغییرات ویژگی‌های مورد نظر بسیار حائز اهمیت می‌باشند. با توجه به شکل (۲) و نتایج آزمایش‌ها در طول زمان انبار مانی، فرکانس طبیعی روند کاهشی داشت و این کاهش در میوه‌های دارای عارضه نسبت به نمونه‌های سالم بیش‌تر بود.

[1]SPSS

جدول ۱- تجزیه واریانس متغیرهای غیر مخرب آکوستیکی

Table 1. Analysis of variance of non-destructive acoustic variables

Natural frequency, Hz	Acoustic Index, $(Hz)^2(kg)^{2/3}$	Degrees of freedom	Source of changes
51450.8**	8.6008e+9**	1	Disease
113097.7**	2.082e+10**	2	Time
13237.1*	13845261*	2	Time* Disease

** معنی‌دار در سطح یک درصد، * معنی‌دار در سطح پنج درصد

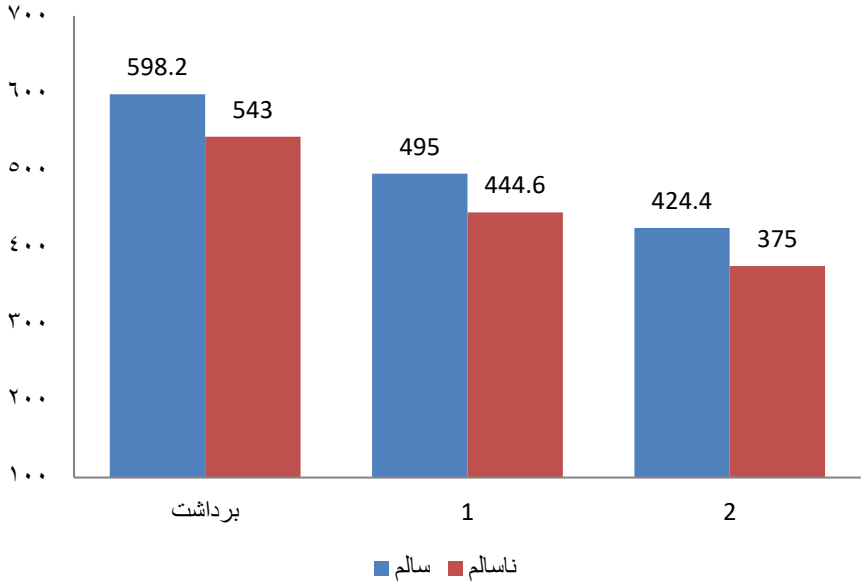

Figure 2. Natural frequency changes during storage

شکل ۲- تغییرات فرکانس طبیعی در طول انبارمانی

مقایسه میانگین پارامترهای آکوستیکی در گروه انارهای سالم در طول انبارمانی

با توجه به جدول(۲) مقدار فرکانس در طول انبارمانی به صورت کاهشی بوده که این امر در مورد شاخص آکوستیک نیز صدق می‌کند با توجه به این جدول در میوه‌ها در طول انبارمانی مقادیر ، شاخص آکوستیک و فرکانس طبیعی به ترتیب،۴۳٪ و۱۹٪ کاهش‌یافته است همان‌طور که از شکل (۳) مشخص است شیب در منحنی‌های شاخص آکوستیک نسبت به فرکانس طبیعی بیش‌تر می‌باشد به همین دلیل این منحنی‌ها می‌تواند معیار مناسب‌تری برای تعیین کیفی میوه‌های انار در دوره‌ی انبارمانی باشد.

جدول ۲- مقایسه میانگین پارامترهای آکوستیکی در انارهای سالم در طول زمان انبارمانی

Table 2. Comparison of average acoustic parameters in healthy pomegranate during storage time

Time	Natural frequency, Hz	Acoustic Index, $(Hz)^2(kg)^{2/3}$
Harvest time	598.8	148365.38
		109468.67
First month	524	82376.95
	480.8	
Second month		

۶-۴-مقایسه میانگین پارامترهای آکوستیکی در گروه انارهای دارای عارضه در طول انبارمانی

در گروه انارهای ناسالم نیز پارامترهای آکوستیکی به‌صورت کاهشی بوده که مقادیر آن‌ها برای شاخص آکوستیک و فرکانس طبیعی در این انارها به ترتیب برابر، ۴۶٪ و ۲۷,۲٪می‌باشد.

جدول۳- مقایسه میانگین پارامترهای آکوستیکی در گروه انارهای دارای عارضه در طول انبارمانی

Table 3. Comparison of mean acoustic parameters in pomegranate group with disease during storage

Time	Natural frequency, Hz	Acoustic Index, $(Hz)^2(kg)^{2/3}$
Harvest time	551	1198.65
First month	481	83157.9
Second month	401	54963.67

همان‌طور که از جدول‌های (۲) و (۳) مشخص است در گروه انارهای دارای عارضه پارامترهای آکوستیکی کاهش بیش‌تری نسبت به گروه انارهای سالم از خود نشان داده‌اند. میزان کاهش فرکانس طبیعی در دو گروه انارهای سالم و دارای عارضه دانه سفیدی (ناسالم) در ماه اول نسبت به ماه دوم بیش‌تر بود.

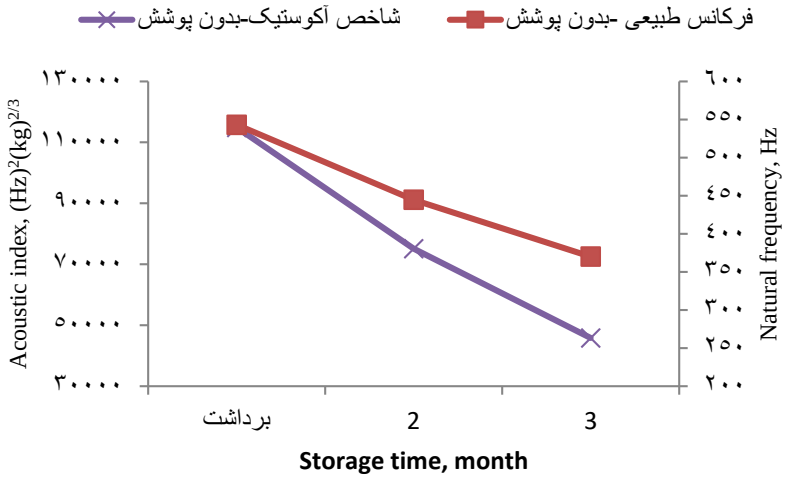

Figure 3. Display of changes in acoustic index and natural frequency during storage time

شکل ۳- نمایش تغییرات هم‌زمان شاخص آکوستیک و فرکانس طبیعی در زمان انبارمانی

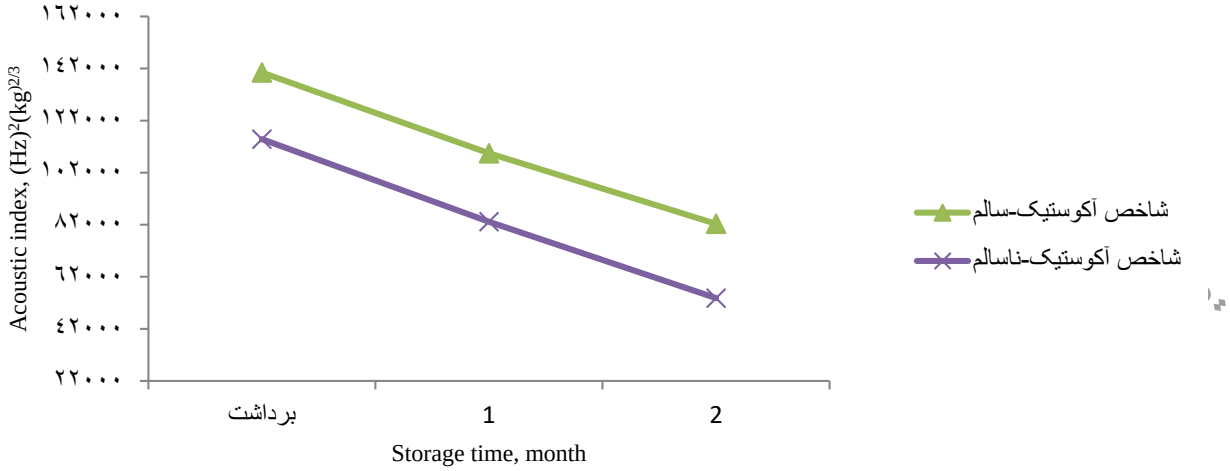

Figure 4. Changes in acoustic index over storage time

شکل۴- روند تغییرات شاخص آکوستیک در طول زمان انبارمانی

نتیجه‌گیری

. هدف اصلی از انجام این تحقیق، تعیین پارامترهای صوتی انار و یافتن ارتباط مناسب بین این پارامترها در زمان برداشت و انبارمانی آن بوده است.. در انجام این مطالعه، آزمایشات در قالب روش آزمایشی فاکتوریل،بر پایه طرح کاملا تصادفی در مدت انبارمانی انجام گردید. و اطلاعات خروجی به‌دست آمده موردبحث و تحلیل قرار گرفت. آنالیز داده‌ها در راستای هدف کلی ارتباط بین پارامترهای صوتی میوه‌ی انار و تشخیص عارضه‌ی دانه سفیدی انجام گرفت. در این نتایج اثرهای زمان و عارضه روی پارامترهای صوتی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان دادند که با گذشت زمان و تغییرات بافت میوه انار تماماً در پارامترهای صوتی میوه تأثیرگذارمی‌باشند.

فهرست منابع

Abbasi, H., Rezaei, K., Emamdjomeh, Z., & Mousavi, S. M. E. (2008). Effect of various extraction conditions on the phenolic contents of pomegranate seed oil. *European journal of lipid science and technology*, 10(5), 435-440.

Abbott, J., Bachman, G., Childers, R., JV, F., & Matusik, F. (1992). Sonic techniques for measuring texture of fruits and vegetables. *Food technology*. 22(5), 101- . 109.

,

Ajam khiji, A. & Ajamkhiji, M. (2016). Study of Spectrobates ceratoniae (Zeller) control. The 2nd National Congress on the Development and Promotion of Iranian Agricultural Engineering and Soil Science, Tehran, Iran. . (Persian). *http://www.civilica.com/Paper-ISCONF02-ISCONF02_224.html*.

Buerano, J. Zalameda, J. and Ruiz, R.S., 2012. Microphone system optimization for free fall impact acoustic method in detection of rice kernel damage. *Computers and electronics in agriculture, 85, 140-148.*

Cetin, A., Pearson, T., & Tewfik, A. (2004). Classification of closed-and open-shell pistachio nuts using voice-recognition technology. *Transactions-american society of agricultural engineers, 47(2), 659-664.*

Clark, R. (1975). An investigation of the acoustical properties of watermelon as related to maturity. Paper No. 75-6004. *Amer. Soc. Agric. Eng., St Joseph, mich*.

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 research, 18(2), 141-157.*

De Belie, N., Schotte, S., Coucke, P., & De Baerdemaeker, J. (2000). Development of an automated monitoring device to quantify changes in firmness of apples during storage. *Postharvest Biology and Technology, 18(1), 1-8.*

Diezma-Iglesias, B., Ruiz-Altisent, M. and Barreiro, P., 2004. Detection of internal quality in seedless watermelon by acoustic impulse response.*Biosystems engineering, 88(2).221-230.*

Fawole, O. A., & Opara, U. L. (2013). Changes in physical properties, chemical and elemental composition and antioxidant capacity of pomegranate (cv. Ruby) fruit at five maturity stages. *Scientia Horticulturae*, 150, 37-46.

Giacosa, S., Zeppa, G., Baiano, A., Torchio, F., Rio Segade, S., Gerbi, V., & Rolle, L. (2015). Assessment of sensory firmness and crunchiness of tablegrapes by acoustic and mechanical properties. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, *21(2), 213-225*.

Jaeger, S. R., Andani, Z., Wakeling, I. N., & MacFie, H. J. (1998). Consumer preferences for fresh and aged apples: a cross-cultural comparison. *Food quality and preference*, 9(5), 355-366.

Kulkarni, A.P. and Aradhya, S.M., (2006). Chemical changes and antioxidant activity in pomegranate arils during fruit development. *Food Chemistry,93(2).319-324.*

Mizrach, A., (2007). Nondestructive ultrasonic monitoring of tomato quality during shelf-life storage. *Postharvest Biology and Technology, 46(3), 271-274*.

Pearson, T. Cetin, A. and Tewfik, A.H., (2007). Classification of closed-and open-shell pistachio nuts using voice-recognition technology.*transactions-american society of agricultural engineers, 47(2).659-664*.

.

Rabiei, V. & Rahmani, S. (2014). Influence of Salicylic Acid, Calcium Chloride and Hot Water Treatment on Quantitative, Qualitative Parameters and Storage Life of Pomegranate cv. Meykhosh. *Journal of Horticultural Science 28(1), 107-115.* (Persian)

Takeda, Y., Sawaji, M., & Yasukawa, J. (1970). The non-destructive measurement of ripeness of apples by the sonic characteristics. *Nippon shokuhin kogyo gakkaishi*, 17(8), 358-360.

Talaie, A., M. A. Aakari sarcheshmeh, M. A., Bahadoran, F. & Sherafatian, D. (2004). The effects of hot water treatment and in polyethylene bag packaging on the storage life and quality of pomegranate (Cv: Malas- Saveh). *Iranian, J. Agric. Sci. 35(2), 369-377.* (Persian)

Taniwaki, M. Hanada, T. Tohro, M. and Sakurai, N, (2009). Non-destructive determination of the optimum eating ripeness of pears and their texture measurements using acoustical vibration techniques. *Postharvest Biology and Technology, 51(3), 305-310.*

Tiplica, T., Vandewalle, P., Verron, S., Grémy-Gros, C., & Mehinagic, E. (2010). Identification of apple varieties using acoustic measurements. *In Conférence Internationale en Métrologie (CAFMET'10).*

Wang, J., Teng, B., & Yu, Y. (2006). The firmness detection by excitation dynamic characteristics for peach. *Food Control, 17(5), 353-358.*

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (دانشگاه شاهرود) و مکانیزاسیون ایران