

اثر متغیرهای سامانه آکوستیک بر سیگنال‌های صدای دو رقم خربزه

فرهاد خوشنام^{۱*} - سید رضا حسن‌بیگی بیدگلی^۲ - مسلم نامجو^۳ - مهدیه دوروزی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۵/۱۹

چکیده

در این تحقیق از دو رقم خربزه صادراتی "زرد ایوانکی" و "سوسکی سبز" و سامانه آزمایشگاهی مبتنی بر فناوری آکوستیک استفاده شد. سامانه آزمایشگاهی شامل مکانیزم تحریک مکانیکی میوه، حسگر صوتی، تجهیزات نمایش و ضبط سیگنال صدا و تکیه‌گاه میوه می‌باشد. در این سامانه میوه توسط ضربه آونگ تحریک شده، پاسخ سیگنال به کمک صداسنج دریافت و سپس پردازش گردید. عوامل متعددی روی پاسخ آکوستیکی میوه خربزه و در نتیجه پارامترهای آکوستیکی تأثیر دارند. در این تحقیق اثر پارامترهای جنس گوی ضربه‌زن (سه سطح)، زاویه برخورد آونگ به میوه (سه سطح)، موقعیت صداسنج نسبت به محل ضربه (دو سطح) و نوع رقم (دو سطح) به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی و با سه تکرار روی هر نمونه خربزه مورد مطالعه قرار گرفت. در هر دو رقم مشخص شد که اثر متغیرهای جنس گوی، زاویه برخورد و موقعیت صداسنج برتر از فشار صوت و اندازه FFT و نیز اثر متقابل موقعیت صداسنج و زاویه برخورد بر اندازه FFT در سطح یک درصد در هر دو رقم معنی‌دار هستند. هیچ کدام از متغیرها و اثرات متقابل آن‌ها تأثیر معنی‌داری بر فرکانس تشدید نداشتند. به دلیل این که جنس ماده ضربه‌زن، زاویه برخورد، محل دریافت صدا و نوع رقم تأثیر معنی‌داری بر فرکانس تشدید ندارند، استفاده از آن‌ها در آزمون‌های آکوستیکی به منظور تشخیص عیوب داخلی و مرحله رسیدگی خربزه توصیه می‌شود. همچنین نتایج نشان داد که استفاده از گوی پلاستیکی، زاویه برخورد ۷۰ درجه و موقعیت میکروفن ۹۰ درجه در طراحی سامانه آکوستیک برای دریافت پاسخ آکوستیک مناسب‌تر است.

واژه‌های کلیدی: آکوستیک، پاسخ به ضربه، خربزه، فرکانس تشدید

مقدمه

آکوستیک به معنای تولید، انتقال و دریافت انرژی به صورت ارتعاش در ماده است. برای تولید و انتشار امواج آکوستیکی، ارتعاش‌های مختلفی وجود دارند. ارتعاش‌هایی را که سبب تولید و انتقال امواج آکوستیکی می‌شوند بر حسب حدود فرکانس‌شان به سه نوع طبقه‌بندی می‌کنند: صداهایی که با گوش شنیده می‌شوند. حدود فرکانس این نوع صداها برای گوش عادی ۲۰ تا ۲۰۰۰۰ هرتز است. صداهایی که فرکانس آن‌ها بیش از ۲۰۰۰۰ هرتز است را فراصوت و صداهایی که فرکانس آن‌ها کمتر از ۲۰ هرتز هستند را فروصوت می‌نامند (Esmail Beygi, 2005). آزمون‌های آکوستیکی یا صوتی به طور فزاینده در صنعت و کشاورزی به کار می‌روند. کاربرد آن در کشاورزی می‌تواند برای درجه‌بندی محصولات با تعیین رسیدگی یا سفتی میوه‌ها و جداسازی تخم‌مرغ‌های شکسته و غیره باشد (Mahmoudi, 2006). مزایای روش‌های آکوستیکی عبارتند از: مدت زمان کم آزمون، غیر مخرب بودن، سادگی کاربرد، تکرارپذیری، هزینه کم و عدم نیاز به اتصال سامانه‌های پیچیده بر روی جسم مورد آزمون (Mahmoudi, 2006). اندازه‌گیری صوتی عموماً خصوصیات مکانیکی میوه کامل را نشان می‌دهد، برعکس آزمون پانچ یا فشردگی که نمونه‌ها از بافت‌های متمرکز شده در یک نقطه‌اند

خربزه بومی آسیا و به احتمال زیاد ایران است. خربزه از جنس Cucumis، گونه Melo و تیره یا خانواده کدویان (کدوسانان) با نام علمی کوکومیس ملو^۱ می‌باشد. کدویان که به آن‌ها گیاهان جالیزی نیز گفته می‌شود، دارای ۹۰ جنس و ۷۵۰ گونه بوده و انواع زراعی مهم آن هندوانه، خیار، خربزه، طالبی، گرمک و انواع کدوها می‌باشد. خربزه دارای وارثه‌های زیادی است که از نظر شکل و طعم متفاوتند و گوشت آن‌ها به رنگ‌های قرمز، نارنجی، زرد، سبز و سفید است. خربزه گیاهی یکساله و یک پایه و در بعضی موارد دو پایه است (Peyvast, 2005).

۱- استادیار، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت
(نویسنده مسئول: Email: F_Khoshnam2000@yahoo.com)

۲- دانشیار، گروه فنی کشاورزی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

۳- مربی، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت

۴- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه شهید باهنر کرمان

DOI: 10.22067/jam.v7i1.44340

5- *Cucumis melo* L.

مشخصه‌های ارتعاشی گلابی استفاده کردند. آن‌ها دریافتند محل ضربه، محل دریافت ارتعاش، سرعت تحریک و جنس ماده ضربه‌زن تأثیر معنی‌داری روی فرکانس تشدید ندارد (Wang *et al.*, 2004). عوامل متعددی روی پاسخ آکوستیکی میوه خربزه و در نتیجه پارامترهای آکوستیکی تأثیر دارند. این عوامل می‌تواند مربوط به طراحی سامانه آکوستیکی یا تنوع نمونه‌ها باشد. مثلاً عواملی نظیر شکل (نسبت طول به عرض میوه)، جرم، سفتی، چگالی، خواص مکانیکی و شیمیایی مربوط به نمونه و عواملی نظیر نقاط تحریک (محل اعمال ضربه)، جنس و جرم گوی ضربه‌زن، سرعت فرود گوی ضربه‌زن (زاویه برخورد آونگ به میوه)، موقعیت میکروفون نسبت به محل ضربه، نحوه نگه‌داشتن میوه و فاصله میکروفون از سطح میوه مربوط به سامانه آکوستیکی می‌باشد. هدف از این تحقیق، بررسی تأثیر عوامل مرتبط با سامانه آکوستیکی از قبیل محل اعمال ضربه، جنس گوی ضربه‌زن، زاویه برخورد آونگ به میوه و موقعیت صداسنج نسبت به محل ضربه بر پاسخ آکوستیکی دو رقم خربزه زرد ایوانکی و سوسکی سبز (عامل مربوط به تنوع نمونه) است. نتایج این تحقیق می‌تواند در طراحی تجهیزات مرتبط با آکوستیک محصولات کشاورزی مفید واقع شود.

مواد و روش‌ها

انتخاب نمونه‌ها

تعداد ۶۵ عدد خربزه از هر دو رقم خربزه صادراتی زرد ایوانکی و سوسکی سبز با مساعدت مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان گرمسار، سازمان جهاد کشاورزی استان سمنان تهیه شد. این دو رقم به دلیل خواص مکانیکی مطلوب، مقاوم به ارتعاشات در حین حمل و نقل بوده و مناسب صادرات می‌باشند (شکل ۱). خربزه‌ها از طریق کانتینرها از گرمسار به بندرعباس و از آنجا به کشورهای حوزه خلیج فارس و کشورهای اروپایی منتقل می‌شوند. آزمایش‌ها پس از ۲۴ ساعت از زمان برداشت در موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی کرج آغاز شد.

اجزای سامانه اندازه‌گیری آکوستیکی

سامانه اندازه‌گیری آکوستیکی شامل مکانیزم تحریک مکانیکی میوه، صداسنج، نرم‌افزار نمایش و ضبط سیگنال صدا (نرم‌افزار Cool Edit Pro 2.0) و تکیه‌گاه میوه می‌باشد. در این سامانه میوه توسط ضربه آونگ تحریک شده، پاسخ سیگنال به کمک صداسنج دریافت و سپس پردازش می‌شود. برای تحریک مکانیکی میوه از یک آونگ ساده استفاده شد. جنس، جرم و شعاع انحای ضربه‌زن، طول میله آونگ و زاویه برخورد در انتخاب آونگ مؤثرند. انتخاب آن‌ها بایستی به نحوی باشد که میوه آسیب نبیند و در عین حال پس از برخورد به

(Abbott, 1999). در این روش میوه توسط ضربه چکش و یا آونگ، تحریک شده و پاسخ سیگنال به کمک میکروفون، شتاب‌سنج و یا یک حسگر پیزوالکتریک انعطاف‌پذیر دریافت می‌شود و سپس برای استخراج فرکانس تشدید میوه، با استفاده از الگوریتم تبدیل فوریه سریع تحلیل می‌شود. اخیراً این روش برای اندازه‌گیری خصوصیات میوه‌های غیرکروی تعمیم یافته است (Jancsó *et al.*, 2001). در کاربردهای صوتی، فرکانس تشدید، فرکانس معمولی ارتعاشی است که از پارامترهای فیزیکی جسم ارتعاشی تعیین می‌شود و جسم در فرکانس تشدید حداکثر ارتعاش را دارد. به هنگام مطالعه رفتار یک سیگنال در حوزه زمان تنها اطلاعات محدودی از آن به دست می‌آید و بسیاری از مشخصات مهم آن پنهان می‌ماند. بدین منظور سیگنال از حوزه زمان به حوزه فرکانس انتقال داده می‌شود. این کار توسط تبدیل فوریه گسسته صورت می‌گیرد. برای بیان و اندازه‌گیری صوت از کمیت‌های فیزیکی (یا کمیت‌های مطلق) شامل توان، شدت و فشار صوت و از کمیت‌های لگاریتمی (یا تراز) شامل تراز توان، تراز شدت و تراز فشار استفاده می‌شود. تراز فشار صوت (SPL)^۱، لگاریتم نسبت فشار صوت به فشار صوت مینا است.

$$\text{SPL (dB)} = 10 \log \left(\frac{P^2}{P_0^2} \right) \quad (1)$$

که در رابطه (۱) P: فشار صوت مورد نظر ($N \cdot m^{-2}$) و P_0 فشار مینا یا آستانه درک فیزیولوژیک فشار صوت بوده و برابر است با $2 \times 10^{-5} \text{ Nm}^{-2}$.

چن و همکاران (۱۹۹۲) از روش‌های آکوستیکی برای تعیین چند فرکانس طبیعی اول سیب استفاده کردند. آن‌ها دریافتند محل ضربه، محل اندازه‌گیری صدا یا نحوه نگه‌داشتن سیب روی فرکانس‌های تشدید تأثیری ندارد ولی روی دامنه‌ی آن‌ها مؤثر است (Chen *et al.*, 1992). چن و همکاران ابزاری برای اندازه‌گیری پاسخ میوه به ضربه ساختند. حسگر از یک جسم نیمه کروی و شتاب‌سنج تشکیل شده و از ارتفاعات مختلف روی میوه سقوط می‌کرد. آزمایش‌ها روی دو رقم گلابی نشان داد که کاهش جرم ضربه‌زن باعث دریافت سیگنال‌های تقویت شده بهتر و نیز کاهش صدمه به میوه می‌شود (Chen *et al.*, 1996). جانسوک و همکاران برای مطالعه اثر شکل بر پاسخ آکوستیکی میوه گلابی از روش آنالیز مودال اجزای محدود استفاده کردند. نمونه‌ها با شکل‌های مختلف انتخاب و با تصویربرداری کامپیوتری شکل آن‌ها مشخص شد. آن‌ها دریافتند که چگالی تأثیر چندانی بر فرکانس تشدید ندارد؛ اما نسبت طول به عرض (قطر) گلابی به صورت معادله درجه دوم بر فرکانس تشدید تأثیر دارد (Jancsó *et al.*, 2001). وانگ و همکاران از یک سامانه آزمایشگاهی شامل آونگ و حسگر پیزوالکتریک برای ارزیابی

1- Sound pressure level

وارد شود، احتمال آسیب وجود دارد. آزمایش‌های اولیه برای انتخاب آونگ مناسب صورت گرفت و سرانجام از سه نوع آونگ با مشخصات مندرج در جدول ۱ استفاده شد.

میوه، صدا ساطع شود. هر چقدر جرم گوی ضربه‌زن، طول میله آونگ و زاویه برخورد (زاویه انحراف اولیه) بیشتر باشد، احتمال آسیب به پوست میوه نیز بیشتر می‌شود. با این حال مقاومت پوست در کاهش این آسیب نقش مهمی دارد. اگر ضربات متعدد به یک نقطه از میوه



شکل ۱- ارقام مورد مطالعه، بالا: خربزه زرد ایوانکی پایین: خربزه سوسکی سبز
Fig.1. Studied varieties, up: Zard-Eyvanekey down: Sousky-Sabz

جدول ۱- مشخصات سه نوع گوی در آونگ

Table 1- Characteristics of three types of ball pendulum

جنس	جرم (گرم)	قطر (میلی‌متر)	جرم مخصوص (گرم بر سانتی‌متر مکعب)
Material	Mass (g)	Diameter (mm)	Density (g cm ⁻³)
پلاستیک	72.13	52.0	0.98
Plastic			
شیشه	72.13	39.5	2.2
Glass			
فلز (فولاد)	72.13	26.0	7.8
Steel			

صداسنج با استفاده از کالیبراتور استاندارد یا پیستونفون مدل ۴۲۳۱ ساخت شرکت B&K کشور دانمارک که تک صدایی^۳ در فرکانس ۱۰۰۰ هرتز با تراز فشار صدای ۹۴ دسی‌بل ایجاد می‌نمود، کالیبره گردید. از نرم‌افزار Cool Edit Pro 2.0 که دارای قابلیت‌ها و ویژگی‌های مطلوبی نظیر نمایش سیگنال ضبط شده در حوزه زمان، امکان پخش سیگنال صدای ضبط شده، ضبط صدا در حالت MONO می‌باشد، برای انجام این تحقیق استفاده شد. برای نگه‌داشتن نمونه‌ها، آن‌ها روی تکیه‌گاهی از فوم نرم قرار داده شدند. این نوع تکیه‌گاه باعث می‌شود که میوه ارتعاش آزاد^۴ داشته و از اغتشاش الگوی ارتعاش جلوگیری شود (Gómez et al., 2006).

طول میله آونگ تا محل اتصال به گوی، قطر و جرم آن به ترتیب برابر با ۲۵۶ میلی‌متر، ۳ میلی‌متر و ۲۱/۱۷ گرم است. به منظور دریافت پاسخ آکوستیکی از دستگاه صداسنج (ترازسنج صوت^۱) با واحد دسی‌بل) نوع ۲۲۷۰ ساخت شرکت B&K کشور دانمارک استفاده گردید. در هنگام ضبط سیگنال‌ها (داده‌گیری) از شبکه وزنی خطی^۲ دستگاه صداسنج استفاده شد. در این حالت مقادیر تراز فشار صوت در فرکانس‌های مختلف توسط دستگاه صداسنج بدون هیچ‌گونه تغییر در کمیت، نشان داده می‌شود. براساس توصیه استانداردهای سازمان بین‌المللی استانداردها به منظور اطمینان از عملکرد دقیق میکروفون و دستگاه صداسنج، قبل و بعد از هر سری آزمایش، میکروفون و دستگاه

3- Pure tone

4- Free vibration

1- Sound level meter (SLM)

2- Linear weighting network

جدول ۲- پارامترهای مورد مطالعه

Table 2- Studied parameters

متغیر مورد مطالعه Variables	سطوح متغیر Level of variables
جنس گوی ضربه‌زن Ball impactor material	پلاستیک، شیشه، فلز Plastic, Glass, Steel
زاویه برخورد آونگ به میوه (درجه) Impact angle of pendulum (Degree)	۲۰، ۴۵ و ۷۰ درجه 20, 45 and 70 degrees
موقعیت صداسنج (درجه) SLM position (Degree)	۹۰ و ۱۸۰ درجه نسبت به محل ضربه 90 and 180 degrees respect to impact point
رقم خربزه Melon variety	زرد ایوانکی و سوسکی سبز Zard-Eyvanekey and Sousky-Sabz

اندازه‌گیری و ضبط سیگنال‌های صدای ساطع شده تحلیل‌ها روی سیگنال‌های رقمی و در دو حوزه زمان و فرکانس انجام شد. این عمل با استفاده از برنامه رایانه‌ای نوشته شده بر مبنای تبدیل فوریه سریع و الگوریتم کولی-توکی انجام گردید. این الگوریتم زمان لازم برای محاسبه را به صورت لگاریتمی کاهش می‌دهد به طوری که زمان مورد نیاز برای محاسبه DFT برای N نقطه تقریباً $N \cdot \log_2 N$ می‌باشد. از نرم‌افزار Excel 2007 برای استخراج فرکانس تشدید و محاسبه تراز فشار صوت استفاده شد و بالاخره از نرم‌افزار SAS برای تجزیه و تحلیل میزان تأثیر فاکتورهای مؤثر بر پاسخ آکوستیکی استفاده شد. شکل ۳ دو نوع سیگنال ضبط شده در حوزه زمان و فرکانس را نشان می‌دهد. محور طول برحسب زمان (میلی‌ثانیه) و محور عرضی نمونه‌ها برحسب مقدار نمونه (بی‌بعد) است.

نتایج و بحث

در قسمت نتایج و بحث تأثیر موقعیت صداسنج، جنس گوی ضربه‌زن و زاویه برخورد آونگ به میوه به تفکیک بررسی می‌شود.

الف) اثر موقعیت صداسنج

شکل ۴ یک نمونه سیگنال که صداسنج در دو موقعیت ۹۰ و ۱۸۰ درجه نسبت به محل ضربه دریافت نموده را نشان می‌دهد. سایر فاکتورها یعنی جنس گوی ضربه‌زن (فلز)، زاویه برخورد (۷۰ درجه) و نوع رقم (زرد ایوانکی) ثابت فرض شده است. میانگین بیشینه نمونه‌ها در موقعیت ۹۰ و ۱۸۰ درجه صداسنج نسبت به محل ضربه به ترتیب ۱۰۵۷۶ و ۲۸۶۶۳ می‌باشد. زمان رسیدن به این مقدار بیشینه در هر دو موقعیت، حدود ۲۲ میلی‌ثانیه است. به عبارت دیگر پس از ۲۲ میلی‌ثانیه از شروع ضربه، منحنی به نقطه اوج خود می‌رسد. از این منحنی چنین استنباط می‌شود که تغییر موقعیت صداسنج از ۱۸۰ به ۹۰ درجه، باعث افزایش بیشینه دامنه شده، ولی تأثیری بر زمان رسیدن به آن را ندارد.

برای کاهش خطای ناشی از تنوع ذاتی شکل نمونه‌ها، میانگین سه اندازه‌گیری به فواصل یکسان روی نواحی وسط میوه^۱ (تقریباً ۱۲۰ درجه نسبت به هم) در نظر گرفته شد. همان‌گونه که گفته شد عوامل مربوط به طراحی سامانه آکوستیکی و تنوع نمونه‌ها روی پاسخ آکوستیکی خربزه تأثیر دارند، لذا برای حذف عوامل تنوع نمونه‌ها، خربزه‌ها را هم اندازه و هم شکل و در یک زمان تهیه شدند. با توجه به یافته‌های قبلی، محل اعمال ضربه روی میوه جایی انتخاب شد که گوشت میوه ضخیم‌تر و پوست انعطاف‌پذیرتر باشد. بنابراین روی نواحی وسط میوه ضربه اعمال شد (Chen, 1993). در این تحقیق فاصله میکروفون صداسنج از سطح میوه تقریباً ثابت حدود ۵-۲ mm و جرم گوی‌های ضربه‌زن (۱۳/۷۲ g) انتخاب شد. اثر بقیه موارد به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی و با سه تکرار بر روی هر نمونه خربزه، مورد مطالعه قرار گرفت. جدول ۲ پارامترهای مورد مطالعه را نشان می‌دهد. کل تیمارهای مورد مطالعه (۲×۲×۳) ۳۶، برای هر رقم ۶۵ عدد خربزه انتخاب شد.

جهت حصول فاصله ۵-۲ میلی‌متری میکروفون صداسنج از سطح میوه در وضعیت ۹۰ درجه نسبت به محل ضربه از سه پایه با قابلیت تنظیم ارتفاع که به پشت صداسنج پیچ می‌شد، استفاده شد. تنظیم این فاصله در وضعیت ۱۸۰ درجه نسبت به محل ضربه به صورت دستی صورت گرفت. در هر دو حالت باید صداسنج به ترتیب در وضعیت‌های صحیح عمودی و افقی قرار گیرد، به شکلی که میکروفون صداسنج موازی سطح خربزه باشد (شکل ۲). صداسنج تغییرات فشار هوا را به کمک میکروفون به سیگنال الکتریکی تبدیل می‌کند. سیگنال خروجی از میکروفون نصب شده روی دستگاه صداسنج توسط نرم‌افزار Cool Edit Pro 2.0 ضبط شد. ضبط سیگنال‌های صدا در حالت مونو (یک کاناله) با مقدار تفکیک‌پذیری ۱۶ بیت انجام شد. به علت زمان بسیار کم هر ضربه از بالاترین سرعت نمونه‌برداری نرم‌افزار Cool Edit Pro 2.0 یعنی ۱۹۲۰۰۰ هرتز استفاده شد. پس از

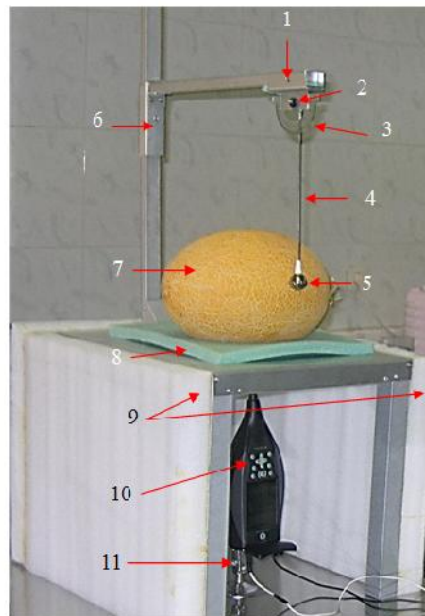
1- Equator or mid-section

تشدید در دو موقعیت صداسنج، ۱۲۳/۰۵ هرتز است. از این منحنی چنین استنباط می‌شود که تغییر موقعیت صداسنج از ۹۰ به ۱۸۰ درجه، باعث افزایش بیشینه دامنه FFT شده ولی تأثیری بر فرکانس تشدید ندارد.

برای به دست آوردن محتوای فرکانسی توسط الگوریتم تبدیل فوریه سریع، سیگنال از حوزه زمان به فرکانس تبدیل می‌گردد (شکل ۵ (a)). در این شکل محور طول لگاریتمی و برحسب فرکانس (هرتز) و محور عرضی دامنه FFT است. میانگین بیشینه دامنه FFT در موقعیت ۹۰ و ۱۸۰ درجه به ترتیب ۰/۰۳۳ و ۰/۰۱۲ می‌باشد. فرکانس



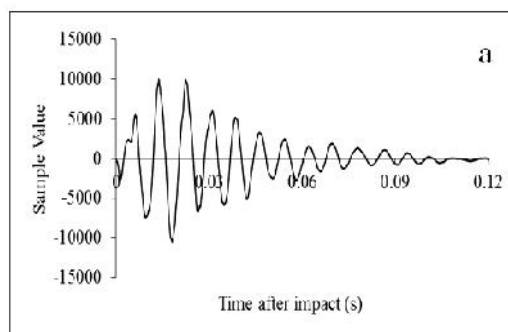
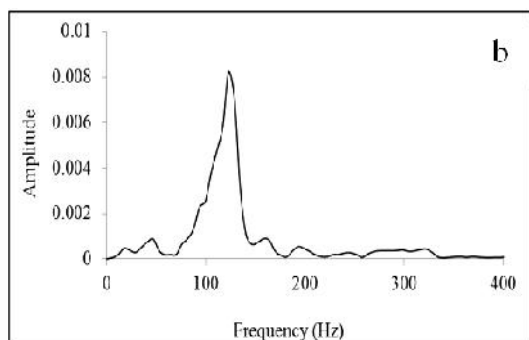
(b)



(a)

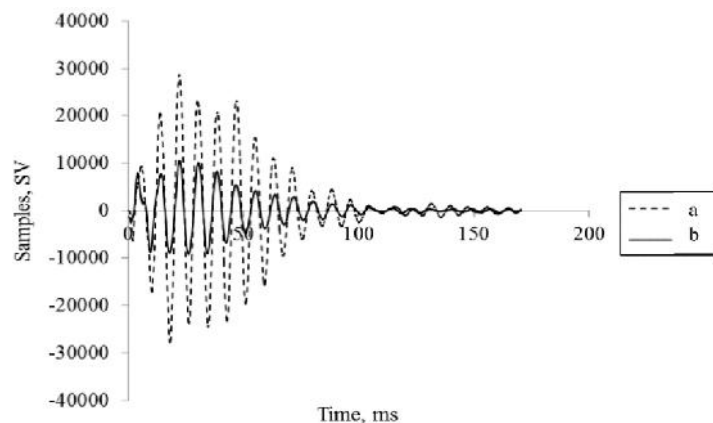
شکل ۲- (a) صداسنج در موقعیت ۹۰ درجه نسبت به محل ضربه در حال دریافت پاسخ آکوستیکی خربزه شامل: (۱) لغزنده افقی، (۲) اتصال لولایی، (۳) نقاله (۴) میله آونگ، (۵) گوی، (۶) لغزنده عمودی (۷) خربزه زرد ایوانکی، (۸) تکیه‌گاه میوه، (۹) محفظه آکوستیک، (۱۰) صداسنج، (۱۱) سه پایه و (b) موقعیت صداسنج ۱۸۰ درجه و جنس ضربه‌زن پلاستیک

Fig.2. (a) Sound level meter in position of 90 degrees from impact place sensing impulse response of melon is comprised: 1) Horizontal sliding, 2) Pivoting linkage, 3) Protractor, 4) Pendulum rod, 5) Steel Ball, 6) Vertical sliding, 7) Zard-Eyvanekey melon, 8) Melon-bed, 9) Acoustic chamber, 10) Sound level meter, 11) tripod and (b) Sound level meter position 180 degree and plastic ball

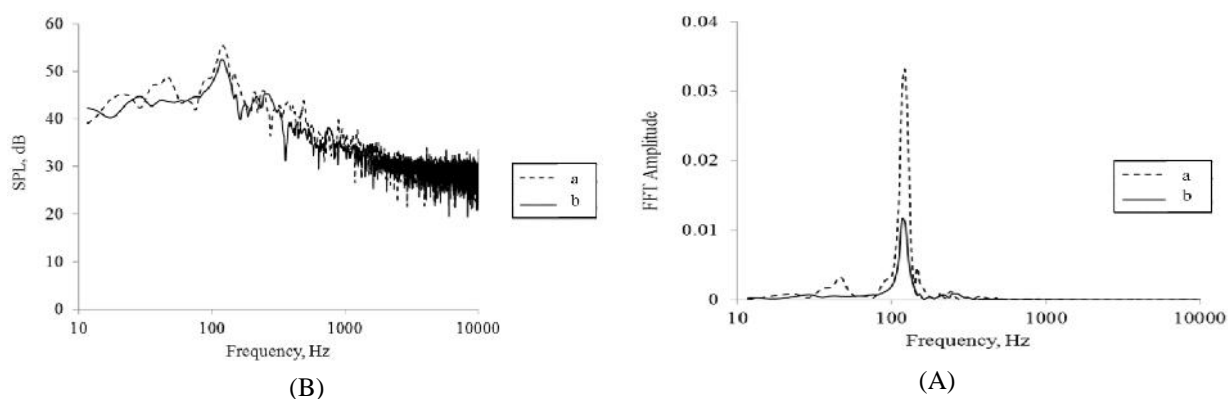


شکل ۳- (a) سیگنال صدای ضبط شده در حوزه زمان و (b) حوزه فرکانس

Fig.3. (a) Recorded signal in time domain and (b) Frequency domain



شکل ۴- یک نمونه سیگنال حاصل از دو موقعیت مختلف صداسنج نسبت به محل ضربه در حوزه زمان، (a) ۹۰ درجه و (b) ۱۸۰ درجه
Fig.4. Typical signal by two different position of sound pressure meter respect to impact place in time domain, a) 90 degree and b) 180 degree



شکل ۵- (A) یک نمونه سیگنال در دو موقعیت مختلف صداسنج نسبت به محل ضربه در حوزه فرکانس و (B) تراز فشار صوت در دو موقعیت مختلف صداسنج نسبت به محل ضربه، (a) ۹۰ درجه و (b) ۱۸۰ درجه

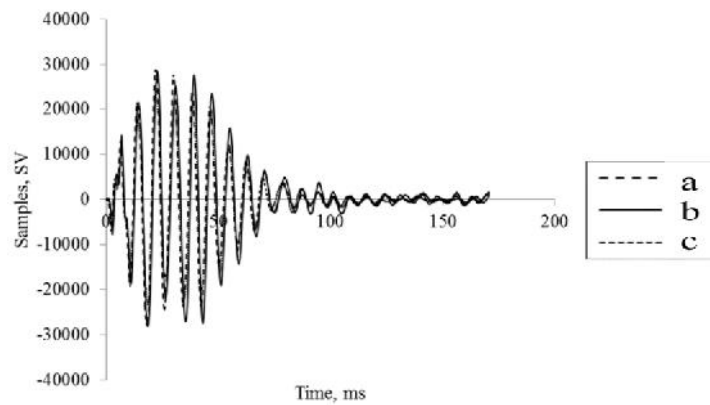
Fig.5. (A) Typical signal by two different position of sound pressure meter respect to impact place in frequency domain and (B) sound pressure level by two different position of sound pressure meter respect to impact place, a) 90 degree and b) 180 degree

برخورد (۷۰ درجه) و نوع رقم (زرد ایوانکی) ثابت فرض شده است. میانگین بیشینه نمونه‌ها توسط سه جنس شیشه، فلز و پلاستیک به ترتیب ۲۴۷۹۸، ۲۸۴۵۹ و ۲۸۹۹۱ می‌باشد. زمان رسیدن به این مقدار بیشینه در هر سه حالت، حدود ۲۲ میلی‌ثانیه است. به عبارت دیگر پس از ۲۲ میلی‌ثانیه از شروع ضربه، منحنی به نقطه اوج خود می‌رسد. از این منحنی چنین استنباط می‌شود که تغییر جنس ضربه‌زن، باعث تغییر بیشینه دامنه شده ولی تأثیری بر زمان رسیدن به آن را ندارد. در شکل ۷ میانگین بیشینه دامنه FFT برای جنس‌های شیشه، فلز و پلاستیک به ترتیب ۰/۰۲۶، ۰/۰۲۹ و ۰/۰۳۳ می‌باشد. فرکانس تشدید برای هر سه جنس، ۱۲۳/۰۵ هرتز است. این منحنی چنین استنباط می‌شود که تغییر جنس ضربه‌زن، باعث تغییر بیشینه دامنه FFT شده ولی تأثیری بر فرکانس تشدید ندارد.

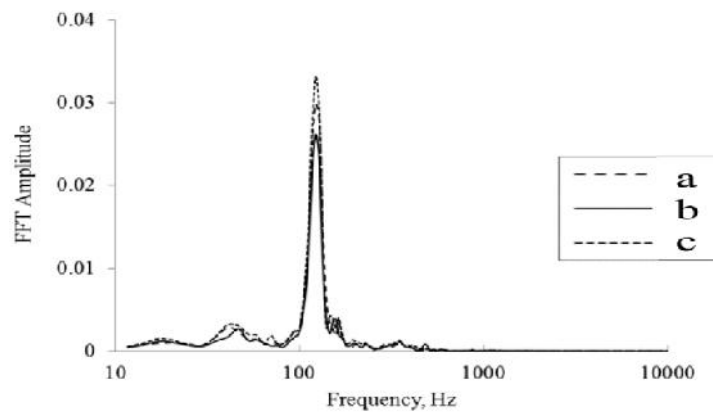
شکل ۵ (b) مقادیر تراز فشار صوت در دو موقعیت ۹۰ و ۱۸۰ درجه صداسنج نسبت به محل ضربه را نشان می‌دهد. در این شکل محور طول لگاریتمی و برحسب فرکانس (هرتز) و محور عرضی تراز فشار صوت (دسی‌بل) است. میانگین بیشینه تراز فشار صوت در موقعیت ۹۰ و ۱۸۰ درجه به ترتیب ۵۵/۲۹ و ۵۲/۳۸ دسی‌بل است. با توجه به شکل تغییر موقعیت صداسنج از ۱۸۰ به ۹۰ درجه، بیشینه تراز فشار صوت را افزایش می‌دهد.

(ب) اثر جنس گوی ضربه‌زن

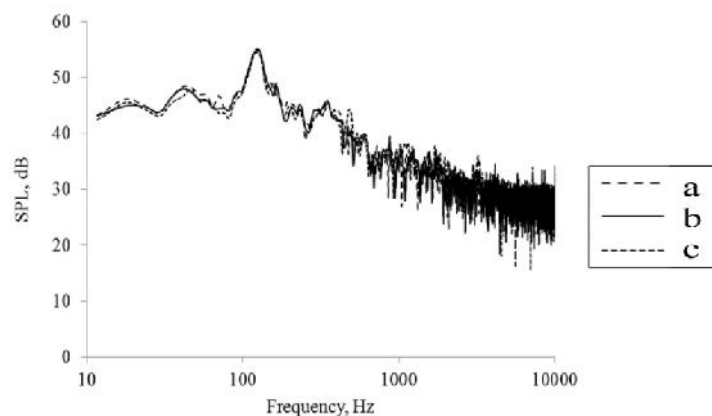
شکل ۶ یک نمونه سیگنال را که توسط سه جنس ضربه‌زن (شیشه، فلز و پلاستیک) به دست آمده را نشان می‌دهد. سایر فاکتورها یعنی موقعیت صداسنج (۱۸۰ درجه نسبت به محل ضربه)، زاویه



شکل ۶- یک نمونه سیگنال حاصل از سه جنس مختلف ضربه‌زن در حوزه زمان، (a) شیشه، (b) فلز و (c) پلاستیک
Fig.6. Typical signal by three different ball materials in time domain, a) Glass, b) Steel and c) Plastic



شکل ۷- یک نمونه سیگنال حاصل از سه جنس مختلف ضربه‌زن در حوزه فرکانس، (a) شیشه، (b) فلز و (c) پلاستیک
Fig.7. Typical signal by three different ball materials in frequency domain, a) Glass, b) Steel and c) Plastic



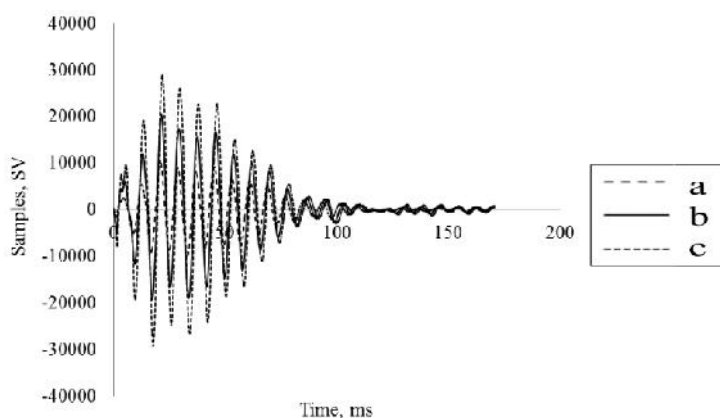
شکل ۸- تراز فشار صوت حاصل از سه جنس مختلف ضربه‌زن، (a) شیشه، (b) فلز و (c) پلاستیک
Fig.8. Sound pressure level by three different ball materials, a) Glass, b) Steel and c) Plastic

در (فلز) و رقم (زرد ایوانکی) ثابت است. میانگین بیشینه نمونه‌ها در زاویه‌های ۲۰، ۴۵ و ۷۰ درجه به ترتیب ۱۰۵۴۸، ۲۰۶۰۸ و ۲۸۹۸۹ می‌باشد. زمان رسیدن به این مقدار بیشینه در هر سه زاویه، ۲۱ میلی ثانیه است. به عبارت دیگر پس از ۲۱ میلی ثانیه از شروع ضربه، منحنی به نقطه اوج خود می‌رسد. از این منحنی چنین استنباط می‌شود که افزایش زاویه برخورد آونگ باعث افزایش بیشینه دامنه شده ولی تأثیری بر زمان رسیدن به آن را ندارد.

در شکل ۸ میانگین بیشینه تراز فشار صوت برای جنس‌های شیشه، فلز و پلاستیک به ترتیب ۵۴/۴۳، ۵۴/۸۱ و ۵۵/۱۱ دسی‌بل است. با توجه به شکل تغییر جنس ضربه‌زن بر مقادیر تراز فشار صوت تأثیر می‌گذارد.

ج) اثر زاویه برخورد

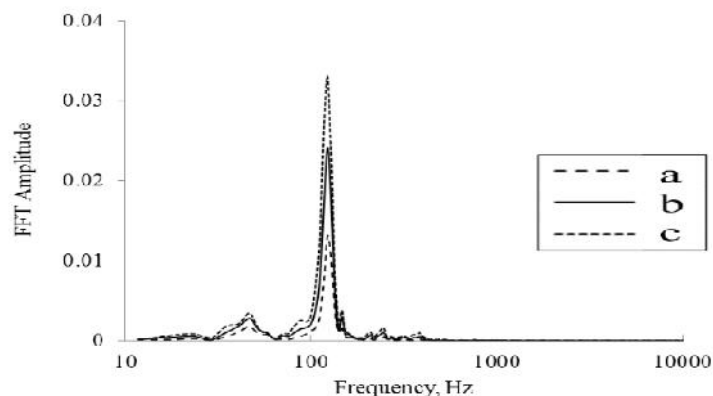
شکل ۹ یک نمونه سیگنال را در زاویه‌های مختلف برخورد آونگ به میوه در حوزه زمان نشان می‌دهد. سایر فاکتورها یعنی موقعیت صداسنج (۱۸۰ درجه نسبت به محل ضربه)، جنس گوی ضربه‌زن



شکل ۹- یک نمونه سیگنال در زاویه‌های مختلف برخورد آونگ به میوه در حوزه زمان (a) زاویه ۲۰ درجه، (b) زاویه ۴۵ درجه و (c) زاویه ۷۰ درجه
Fig.9. Typical signal at different angles of pendulum impact in time domain, a) 20 degrees, b) 45 degrees and c) 70 degrees

می‌شود که افزایش زاویه برخورد آونگ باعث افزایش بیشینه دامنه FFT شده، ولی تأثیری بر فرکانس تشدید ندارد.

در شکل ۱۰ میانگین بیشینه دامنه FFT در زاویه‌های ۲۰، ۴۵ و ۷۰ درجه به ترتیب ۰/۰۱۳، ۰/۰۲۴ و ۰/۰۳۳ می‌باشد. فرکانس تشدید در هر سه زاویه، ۱۲۳/۰۵ هرتز است. از این منحنی چنین استنباط

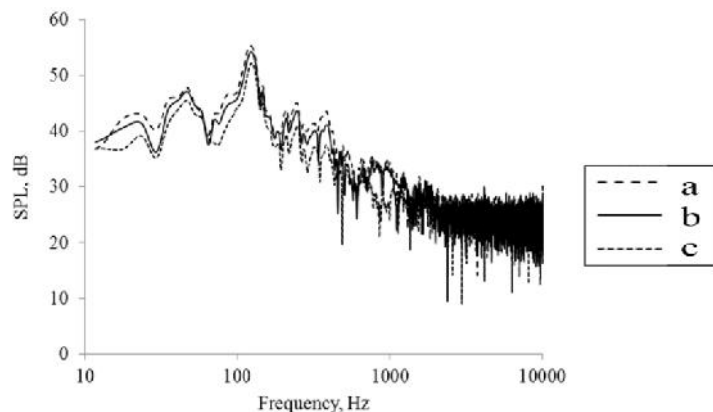


شکل ۱۰- یک نمونه سیگنال در زاویه‌های مختلف برخورد آونگ به میوه در حوزه فرکانس، (a) زاویه ۲۰ درجه، (b) زاویه ۴۵ درجه و (c) زاویه ۷۰ درجه

Fig.10. Typical signal at different angles of pendulum impact in frequency domain, a) 20 degrees, b) 45 degrees and c) 70 degrees

توجه به شکل با افزایش زاویه برخورد، مقادیر تراز فشار صوت نیز افزایش می‌یابد.

در شکل ۱۱ میانگین بیشینه تراز فشار صوت در زاویه‌های ۲۰، ۴۵ و ۷۰ درجه به ترتیب ۵۲/۲۲، ۵۴/۲۶ و ۵۵/۳۱ دسی‌بل است. با



شکل ۱۱- تراز فشار صوت در زاویه‌های مختلف برخورد آونگ به میوه، (a) زاویه ۲۰ درجه، (b) زاویه ۴۵ درجه و (c) زاویه ۷۰ درجه

Fig.11. Sound pressure level at different angles of pendulum impact, a) 20 degrees, b) 45 degrees and c) 70 degrees

بررسی نتایج آزمون دانکن مقایسه میانگین‌های اندازه FFT برای هر دو رقم خریزه زرد ایوانکی و سوسکی سبز در اثر عوامل موقعیت صداسنج، جنس گوی و زاویه برخورد مشابه جدول ۵ می‌باشد؛ لذا در اینجا به دلیل رعایت اختصار تنها مقایسه میانگین‌های تراز فشار صدا بررسی می‌شود. با توجه به جدول ۵ مشاهده می‌شود که در اثر تغییر موقعیت صداسنج از ۹۰ به ۱۸۰ درجه، مقادیر تراز فشار صوت برای هر دو رقم خریزه مورد مطالعه به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. منبع صوتی (محل برخورد آونگ با پوست خریزه) برای هر دو سیگنال ثابت است و افزایش فاصله از منبع صوت باعث کاهش انرژی ارتعاش در ماده می‌گردد. مطابق شکل ۱۲ به دلیل این که فاصله صداسنج از منبع صوتی در موقعیت ۱۸۰ درجه نسبت به فاصله در موقعیت ۹۰ درجه بیشتر است. پس این امر احتمالاً باعث افزایش مقادیر تراز فشار صوت در موقعیت ۱۸۰ درجه نسبت به موقعیت ۹۰ درجه در هر دو رقم می‌شود.

وضعیت قرارگیری و تنظیم فاصله ۲-۵ میلی‌متر صداسنج از میوه در موقعیت ۱۸۰ درجه مشکل‌تر از موقعیت ۹۰ درجه است، لذا وضعیت ۹۰ درجه نسبت به محل ضربه برای اندازه‌گیری توصیه می‌شود. در هر دو رقم خریزه مورد مطالعه، استفاده از گوی پلاستیکی باعث افزایش معنی‌دار تراز فشار صوت گردید و تفاوت معنی‌داری بین دو جنس شیشه و فلز در سطح ۵ درصد مشاهده نشد.

جدول تجزیه واریانس

جدول ۳ و ۴ به ترتیب نتایج تجزیه واریانس تراز فشار صوت، فرکانس تشدید و اندازه FFT در دو رقم زرد ایوانکی و سوسکی سبز را نشان می‌دهد. داده‌ها به وسیله آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. سطوح فاکتورها عبارتند از: موقعیت صداسنج نسبت به محل ضربه (دو سطح)، جنس گوی ضربه‌زن (سه سطح) و زاویه برخورد آونگ به میوه (سه سطح). همانگونه که مشاهده می‌شود اثر متغیرهای موقعیت صداسنج، جنس گوی و زاویه برخورد بر مقادیر تراز فشار صوت و اندازه FFT و نیز اثر متقابل موقعیت صداسنج \times زاویه برخورد بر اندازه FFT در سطح احتمال یک درصد در هر دو رقم معنی‌دار هستند. هیچ‌کدام از متغیرها و اثرات متقابل آن‌ها تأثیری بر فرکانس تشدید در هر دو رقم نداشتند. با توجه به جداول می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از فرکانس تشدید در آزمون‌های آکوستیکی مناسب‌تر از تراز فشار صوت و اندازه FFT است. چون طول میله آونگ و جرم آن ثابت است، لذا با افزایش زاویه، سرعت برخورد نیز افزایش می‌یابد. پس نتیجه فوق را می‌توان در مورد سرعت برخورد (سرعت تحریک) نیز بیان نمود، یعنی سرعت برخورد (سرعت تحریک) تأثیری بر فرکانس تشدید ندارد، در حالی که بر تراز فشار صوت و اندازه FFT مؤثر است. این نتیجه با نتایج دیگر محققان مطابقت دارد (Wang et al., 2004; Chen et al., 1992). به دلیل این که اثر موقعیت صداسنج، جنس گوی و زاویه برخورد بر تراز فشار صوت معنی‌دار شده است، لذا مقایسه میانگین این پارامترها بین دو رقم صورت می‌گیرد (جدول ۵).

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اثر موقعیت صداسنج، جنس گوی و زاویه‌ی برخورد بر تراز فشار صوت، فرکانس تشدید و اندازه FFT در رقم زرد ایوانکی

Table 3- ANOVA results in evaluation of SLM position, ball material and impact angel effects on sound pressure level, resonance frequency and FFT magnitude 'Zard-Eyvanekey' variety

منبع تغییرات Source of variations	درجه آزادی df	تراز فشار صوت Sound pressure level	فرکانس تشدید Resonance frequency	اندازه FFT FFT magnitude
موقعیت صداسنج SLM position	1	152.63**	3.40 ^{ns}	139.71**
جنس گوی Ball material	2	9.12**	2.40 ^{ns}	9.22**
زاویه برخورد Impact angle	2	87.26**	0.60 ^{ns}	73.65**
موقعیت صداسنج × جنس گوی SLM position × Ball material	2	0.28 ^{ns}	3.20 ^{ns}	2.28 ^{ns}
موقعیت صداسنج × زاویه برخورد SLM position × Impact angle	2	0.25 ^{ns}	1.40 ^{ns}	14.43**
جنس گوی × زاویه برخورد Ball material × Impact angle	4	0.28 ^{ns}	1.20 ^{ns}	.81 ^{ns}
موقعیت صداسنج × جنس گوی × زاویه برخورد SLM position × Ball material × Angle impact	4	0.39 ^{ns}	1.40 ^{ns}	0.40 ^{ns}

** معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱ (Significance Level of 0.01)، * معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ (Significance Level of 0.05)

ns عدم معنی‌داری (No significance)

SLM= Sound Pressure Level

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس اثر موقعیت صداسنج، جنس گوی و زاویه‌ی برخورد بر تراز فشار صوت، فرکانس تشدید و اندازه FFT در رقم سوسکی سبز

Table 4- ANOVA Results in evaluation of SLM position, ball material and impact angel effects on sound pressure level, resonance frequency and FFT magnitude 'Sousky-Sabz' variety

منبع تغییرات Source of variations	درجه آزادی Df	تراز فشار صوت Sound pressure level	فرکانس تشدید Resonance frequency	اندازه FFT FFT magnitude
موقعیت صداسنج SLM position	1	138.19**	4.17 ^{ns}	262.89**
جنس گوی Ball material	2	8.27**	2.17 ^{ns}	5.26**
زاویه برخورد Impact angle	2	30.19**	0.85 ^{ns}	69.53**
موقعیت صداسنج × جنس گوی SLM position × Ball material	2	1.00 ^{ns}	1.28 ^{ns}	0.36 ^{ns}
موقعیت صداسنج × زاویه برخورد SLM position × Impact angle	2	0.03 ^{ns}	0.13 ^{ns}	22.79**
جنس گوی × زاویه برخورد Ball material × Impact angle	4	0.04 ^{ns}	0.35 ^{ns}	0.54 ^{ns}
موقعیت صداسنج × جنس گوی × زاویه برخورد SLM position × Ball material × Angle impact	4	0.01 ^{ns}	0.27 ^{ns}	0.14 ^{ns}

** معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱ (Significance Level of 0.01)، * معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ (Significance Level of 0.05)

ns عدم معنی‌داری (No significance)

SLM= Sound Pressure Level

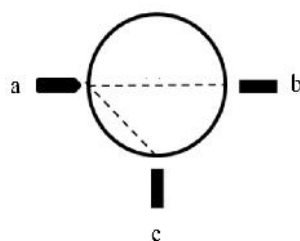
جدول ۵- نتایج مقایسه میانگین تراز فشار صوت در دو رقم مختلف خربزه

Table 5- Results average comparison sound pressure level on two varieties of melons.

متغیر Variable	سطوح متغیر Variable Levels	سوسکی سبز 'Sousky-Sabz'	زرد ایوانکی 'Zard-Eyvanekey'
موقعیت صداسنج SLM Position	90 Degree	49.61 ^a	49.97 ^a
	180 Degree	36.59 ^b	42.03 ^b
جنس گوی Ball Material	شیشه Glass	42.05 ^b	45.78 ^b
	فلز Steel	41.61 ^b	44.44 ^b
	پلاستیک Plastic	44.61 ^a	47.78 ^a
زاویه برخورد Impact Angle	20 Degree	47.36 ^c	40/45 ^c
	45 Degree	44.23 ^b	46.78 ^b
	70 Degree	47.71 ^a	50.76 ^a

حروف مشترک در هر تیمار، نشان‌دهنده‌ی عدم معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون دانکن می‌باشد.

The same letters in each treatment are significantly different significance level of 0.05 according to Duncan's test.



شکل ۱۲- فاصله صداسنج از محل ضربه (a) در موقعیت ۱۸۰ درجه (b)، بیشتر از فاصله در موقعیت ۹۰ درجه (c)

Fig.12. The distance of sound level meter at position of 180 degrees (b) respect to impact place (a) is more than 90 degrees (c)

مناسب‌تر می‌باشد. فاکتورهای جنس گوی ضربه‌زن، زاویه برخورد، آونگ، موقعیت صداسنج و نوع رقم تأثیر معنی‌داری روی فرکانس تشدید ندارند؛ ولی بر مقادیر تراز فشار صوت و اندازه FFT تأثیر معنی‌داری دارند. با توجه به تراز فشار صدای بیشتر و سهولت اندازه‌گیری صدا در موقعیت ۹۰ درجه میکروفن نسبت به محل ضربه، این موقعیت برای اندازه‌گیری توصیه می‌شود.

در حالت موقعیت صداسنج (۱۸۰ درجه نسبت به محل ضربه)، زاویه برخورد (۷۰ درجه) و نوع رقم (زرد ایوانکی)، بیشینه تراز فشار صوت برای جنس‌های شیشه، فلز فولادی و پلاستیک به ترتیب ۵۴/۴۳، ۵۴/۸۱ و ۵۵/۱۱ دسی‌بل به دست آمد. قطر پلاستیک (۵۲ میلی‌متر) بیشتر از قطر شیشه و فلز است ولی جرم همگی (۷۲/۱۳ گرم) است. احتمالاً به دلیل شعاع انحنای بیشتر ضربه‌زن پلاستیکی نسبت به دو ضربه‌زن دیگر مقادیر تراز فشار صوت آن در هر دو رقم بیشتر است. اختلاف معنی‌داری بین مقادیر تراز فشار صوت شیشه و فلز مشاهده نشد. به دلیل تولید تراز فشار صدای بیشتر توسط جنس

احتمالاً به دلیل شعاع انحنای بیشتر ضربه‌زن پلاستیکی نسبت به دو ضربه‌زن دیگر مقادیر تراز فشار صوت آن در هر دو رقم بیشتر است. با این حال مشخصات دیگری نظیر ضریب الاستیسیته و همگنی جنس ضربه‌زن در بلندی صوت دخالت دارند. افزایش زاویه برخورد، تراز فشار صوت را برای هر دو رقم خربزه به‌طور معنی‌داری افزایش می‌دهد. انرژی مکانیکی منتقله از آونگ به میوه در زاویه ۷۰ درجه بیشتر از دو زاویه دیگر است، پس مقادیر تراز فشار صوت آن نیز بیشتر است. با توجه به این که تراز صدای ایجاد شده در این زاویه بیشتر است و امکان اندازه‌گیری آن در صداهاى زمینه بیشتر نسبت به دو زاویه دیگر امکان‌پذیر است، لذا استفاده از آن در اندازه‌گیری صدا توصیه می‌شود.

نتیجه‌گیری

به دلیل این که تراز فشار صوت متأثر از فاکتورهای مختلف است؛ لذا استفاده از فرکانس تشدید در آزمون‌های آکوستیکی روی خربزه

۵۵/۳۱ دسی‌بل است. پس با افزایش زاویه برخورد (افزایش انرژی مکانیکی)، مقادیر تراز فشار صوت نیز افزایش می‌یابد. به دلیل تولید تراز فشار صدای بالاتر در زاویه ۷۰ درجه نسبت به زوایای ۲۰ و ۴۵ درجه، استفاده از آن در آزمون‌های آکوستیکی توصیه می‌شود. به شرط صدای زمینه کم، می‌توان از زوایای کمتر نیز استفاده نمود.

پلاستیکی نسبت به فلز و شیشه، استفاده از آن در آزمون‌های آکوستیکی توصیه می‌شود. در حالت موقعیت صداسنج (۱۸۰ درجه نسبت به محل ضربه)، جنس گوی ضربه‌زن (فلز) و رقم (زرد ایوانکی)، بیشینه تراز فشار صوت در زاویه‌های ۲۰، ۴۵ و ۷۰ درجه به ترتیب ۵۲/۲۲، ۵۴/۲۶ و

References

1. Abbott, J. A. 1999. Quality measurement of fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technology* 15: 207-225.
2. Chen, H. 1993. Analysis of the acoustic impulse resonance of apples for nondestructive estimation of fruit quality. Ph.D. Thesis, Katholieke University, Leuven, Belgium
3. Chen, P., Z. Sun, and L. Huarng. 1992. Factors affecting acoustic responses of apples. *Transactions of the ASAE (USA)*.
4. Chen, P., M. Ruiz-Altisent, and P. Barreiro Elorza. 1996. Effect of impacting mass on firmness sensing of fruits. *Transactions of the ASAE* 39: 1019-1023.
5. Esmail Beygi, Z., and M. Brekshly. 2005. *Fundamental of Acoustics (translation)*. Amirkabir Press Institute, Fourth Edition (In Farsi).
6. Gómez, A. H., A. G. Pereira and J. Wang. 2006. Acoustic impulse response potential to measure mandarin fruit ripeness during storage. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* 15: 24-30.
7. Jancsó, P. T., L. Clijmans, B. M. Nicolai, and J. De Baerdemaeker. 2001. Investigation of the effect of shape on the acoustic response of 'conference' pears by finite element modelling. *Postharvest Biology and Technology* 23: 1-12.
8. Mahmoudi, A. 2006. Development of a suitable algorithm using artificial neural network for sorting of pistachio nuts with closed shells using impact acoustics. Thesis Ph.D. Agricultural Machinery Departement. University of Tehran. (In Farsi).
9. Peyvast, Gh. 2005. *Olericulture*. Guilan Daneshpazir Publication, Third Edition. (In Farsi).
10. Wang, J., B. Teng, and Y. Yu. 2004. Pear dynamic characteristics and firmness detection. *European Food Research and Technology* 218: 289-294.

The effect of acoustic system variables on sound signals of Melon varieties

F. Khoshnam^{1*} - S. R. Hassan Beygi Bidgoly²- M. Namjoo³- M. Doroozi⁴

Received: 11-02-2015

Accepted: 10-08-2015

Introduction

Cucumis melo includes a wide range of varieties. The acoustic is production, transmission and energy received form medium vibrations. Acoustic or sonic tests applies for grading productions, ripening determination of fruit firmness and sorting of broken eggs and so on in agriculture. Currently these methods are generalized for measuring non-spherical fruits properties. The primary objective of the present research was to investigate the effect of acoustic system variables such as impact places, impactor material type, pendulum angle and sound level meter position on acoustics response of two different melon varieties, including *Zard-Eyvanekey* and *Sousky-Sabz*. These results can be useful for designing acoustic implements related to agricultural products.

Materials and Methods

This research was conducted on 65 samples of *Zard-Eyvanekey* and *Sousky-Sabz* varieties (export varieties). A laboratory recording system used to acquire the acoustic impulse information that was comprised a mechanical excitement mechanism (an impactor such as pendulum), sound level meter, a lap-top computer and software to control the experimental setup and to analyze its results (Cool Edit Pro 2.0 Software), and melon-bed. The impactor consists of diameter and long copper rod 3 mm and 256 mm, respectively. The ball mass was 72.13 gram. The acoustic signal was sensed by a sound level meter (SLM) type 2270 B&K company Denmark. The samples locate on soft cushion for keeping because this bed prevents vibration distortion and causes free vibration. We consider three measurements on equator or mid-section of each fruit (approximately 120 degree) for diminishing inherent diversity of sample shapes. The sound level meter was placed at a distance of 2-5 mm from the fruit surface. The effects of sound level meter, impactor ball and pendulum angle on sound signals were investigated. The effects of other parameters were analyzed by factorial test in randomized complete plot by three replications for each sample. The treatments were 36 and 65 melons of each variety were selected.

Results and Discussion

The average samples peaks were 10576 and 28663 at 90 and 180 degrees respect to impact place, respectively. Other factors such as impactor ball type (steel), impact angle (70 degrees) and variety type (*Zard-Eyvanekey*) were constant. The resonance frequency was 123.05 Hz for both SLM position. The averages of peak sound pressure level were 55.29 and 52.38 dB at 90 and 180 degrees positions, respectively. It concluded that the change of sound pressure meter (SLM) position of 90 to 180 degree caused to increase sound pressure level but had no effect on reach the time to peak and resonance frequency. The effect of impactor ball material and impact angle of pendulum on recording signals approximately resemble up and did not state here. The factor levels were sound level meter position respect to impact place (two levels), impactor ball material (three levels) and impact angle of pendulum (three levels). We found that effect of sound level meter position; ball material and impact angle variables on sound pressure level values and interaction effect of sound level meter × impact angle on FFT magnitude was significant at 1% level in both varieties. None of the variables and interactions has effect on the resonance frequency in both varieties. It can be concluded from tables that resonance frequency was more suitable than sound pressure level and FFT magnitude in acoustic tests. The increment of angle caused to increase impact velocity because the length and mass of pendulum rod were constant. We can state the above conclusion about impact velocity (excitement velocity) too, e.g. the impact velocity (excitement velocity) had no

1- Assistant Professor, Department of Mechanical Engineering of Biosystems, Faculty of Agricultural, University of Jiroft

2- Associate Professor, Department of Agrotechnology, College of Aboureihan, University of Tehran, Pakdasht, Tehran

3- Instructor, Department of Mechanical Engineering of Biosystems, Faculty of Agriculture, University of Jiroft

4- M.Sc. Student of Mechanical Engineering of Biosystems, Shahid Bahonar University of Kerman

(*- Corresponding Author Email: F_khoshnam@ujiroft.ac.ir)

effect on resonance frequency while it effected on sound pressure level and FFT magnitude. This conclusion coincides to others researchers.

Conclusions

The impactor ball, pendulum angle, sound level meter position and variety type factors did not showve significant effect on resonance frequency but they had significant effect on FFT magnitude and sound pressure meter. Because of the high pressure level and measurement easily, it was recommended the position 90 degrees of microphone respect to impact place for acoustics measurements. The maximum sound pressure levels were 54.43, 54.81 and 55.11dB for glass, steel and plastic, respectively. Other factors such as SLM position (180 degrees respect to impact), impact angle (70 degrees) and variety type (Zard-Eyvanekey) were constant. Because of receiving high pressure level from impact angle of 70 degrees respect to 20 and 45 degrees, it was recommended for acoustics measurements. It can be used the lower angles by considering the low background sound.

Keywords: Acoustic, Impulse response, Melon, Resonance frequency