نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج

تاثیر محل اعمال ضربه و داده‌برداری بر پاسخ فرکانسی سیب گلدن‌دلیشز و رددلیشز

مجید لشگری[1*]، جعفر امیری پریان[2] و علی ملکی[3]
۱- استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه اراک
۲- استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه بوعلی سینا همدان
۳- استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه شهرکرد
ایمیل مکاتبه کننده: m-lashgari@araku.ac.ir

چکیده

در این تحقیق، تاثیر محل ضربه و محل داده‌برداری بر پاسخ فرکانسی سیب‌های گلدن‌دلیشز و رددلیشز مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور، میوه‌ها از طریق یک ضربه‌زن مکانیکی تحریک شده و پاسخ فرکانسی آنها به وسیله میکروفون دریافت شد. تجزیه واریانس میانگین‌های اثرات اصلی محل ضربه و محل داده‌برداری بر روی پنج فرکانس اول و پنج دامنه اول برای سیب‌ها صورت گرفت. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که به طور کلی سطوح مختلف محل داده‌برداری و ضربه بر اکثر پنج فرکانس اول و پنج دامنه اول هر دو رقم سیب اختلاف معنی‌داری نداشته‌اند. در محل‌های ضربه مختلف و محل‌های داده‌برداری برای هر دو رقم، فرکانس صدا با روندی صعودی و فشار صدا نیز با روندی نزولی همراه بود. علاوه بر این فرکانس صدای سیب‌های رددلیشز در تمام موارد بیشتر از فرکانس مربوط به سیب‌های گلدن‌دلیشز به دست آمد. این در حالی است که تفاوت محسوسی بین فشار صدای سیب‌های رددلیشز و گلدن‌دلیشز مشاهده نشد.

واژه‌های کلیدی: سیب، گلدن‌دلیشز، رددلیشز، پاسخ فرکانسی.

مقدمه

در طول دهه گذشته، سیستم‌های نوینی که قادر به اندازه‌گیری ویژگی‌های کیفی محصولات به صورت غیرمخرب باشند توسعه یافته‌اند. در حال حاضر نیز نمونه‌هایی از سیستم‌های غیرمخرب قابل استفاده به صورت آزمایشگاهی و یا نصب بر روی خطوط درجه‌بندی به صورت تجاری در بازار عرضه شده‌اند.

بنابراین علاوه بر این که در شیوه‌های غیرمخرب امکان بررسی کیفی هر یک از محصولات به تنهایی وجود دارد، از دیگر مزایای مهمی که می‌توان برای این شیوه‌ها برشمرد افزایش سرعت اندازه‌گیری و عدم نیاز به پیش‌آماده‌سازی نمونه‌ها برای اندازه‌گیری می‌باشد. فراتر از تمامی دلایل فوق، اختلالات داخلی در محصولات باغی را نمی‌توان با

علایم ظاهری خارجی نشان داد. لذا بکارگیری شیوه‌های غیرمخرب جهت بررسی بروز و توسعه این گونه اختلالات داخلی مفید خواهد بود.

یکی از ویژگی‌های کیفی محصولات باغی که امروزه برای مصرف‌کنندگان آنها نیز از اهمیت بالایی برخوردار است بافت مناسب محصولات و یا به عبارتی سفتی گوشت این گونه محصولات می‌باشد. سفتی گوشت میوه از ویژگی‌هایی به شمار می‌آید که می‌توان از آن در تعیین زمان برداشت و عرضه به بازار، تعیین زمان انبارمانی، تعیین میزان آسیب‌های وارده به میوه در زمان حمل و نقل، تعیین میزان پوکی میوه در اثر آفات و یا کمبود مواد لازم در زمان رشد، تعیین ارقام مختلف یک میوه از نظر سفتی و ... بهره گرفت. مطالعه تغییرات سفتی انواع میوه‌ها و کسب اطلاعات لازم در این خصوص، در عرضه محصولات با کیفیت عالی به بازارهای داخلی و خارجی بسیار موثر بوده و از این طریق می‌توان به اقتصاد کشور رونق بخشید.

به طور سنتی سفتی میوه‌ها با دستگاه نفوذسنج یا اصطلاحاً پنترومتر اندازه‌گیری می‌شوند. هدف از این شیوه بررسی سفتی میوه‌ها از طریق اندازه‌گیری شاخص استاندارد سفتی مگنس-تیلور می‌باشد. از معایبی که می‌توان برای این روش برشمرد عبارتند از: مخرب بودن، سرعت پایین، حساسیت بالا به محل نفوذ میله نفوذسنج در میوه و امکان بالای بروز خطای اپراتور در حین اندازه‌گیری. بنابر دلایل عنوان شده، استفاده از این روش به صورت تجاری در خطوط درجه‌بندی محصولات امکان‌پذیر نمی‌باشد. لذا شیوه‌های غیرمخرب جهت مطالعه تغییرات سفتی میوه‌ها مورد توجه قرار گرفتند. در بین شیوه‌های غیرمخرب اندازه‌گیری سفتی میوه‌ها، دو شیوه آنالیز ضربه و پاسخ فرکانسی بیشتر از سایر شیوه‌ها مورد توجه محققین قرار گرفتند.

شیوه پاسخ فرکانسی که در این تحقیق نیز مورد استفاده قرار گرفت در مقایسه با شیوه آنالیز ضربه از این مزیت برخوردار است که وابستگی بسیار کمتری نسبت به شعاع انحنای میوه دارد. با استفاده از این شیوه، خصوصیات داخلی میوه‌ها با تجزیه و تحلیل آکوستیکی پاسخ آنها به ضربه مکانیکی در حوزه فرکانسی، قابل تعیین خواهد بود. در این شیوه، تحریک میوه از طریق استفاده از تکان دهنده و یا ضربه‌زن صورت می‌پذیرد و پاسخ میوه به طرق مختلفی همچون شتاب‌سنج، حسگر پیزوالکتریک و یا میکروفون قابل دریافت خواهد بود.

نتایج بسیاری از مطالعات نشان می‌دهد که خصوصیات داخلی میوه‌ها و از جمله سفتی گوشت آنها با تحلیل پاسخ فرکانسی آنها به ضربه مکانیکی قابل تعیین خواهد بود (Abbott *et al.*, 1995; De Ketelaere & De Baerdemaeker, 2001). شیوه‌های غیرمخربی با به کارگیری خصوصیات آکوستیکی جهت تعیین سفتی انواع میوه‌ها مورد مطالعه قرار گرفته‌اند که به تعدادی از آنها اشاره می‌شود.

سعادتی‌نیا و همکاران در پژوهش خود رسیدگی میوه هندوانه رقم کریمسون سوئیت را با استفاده از روش‌های آکوستیکی مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج کسب شده نشان داد رفتارها و پاسخ‌های ارتعاشی بین هندوانه رسیده، نیمه‌رس و بیش‌رس کاملاً دارای اختلاف معناداری می‌باشد (سعادتی‌نیا و همکاران، ۱۳۸۹).

خوشنام و همکاران رسیدگی دو رقم خربزه صادراتی زرد ایوانکی و سوسکی سبز را با روش غیرمخرب پاسخ آکوستیکی تشخیص دادند. نتایج این محققان نشان داد که در طول فصل رشد برای هر دو رقم، تراز فشار صوت، جرم و درصد مواد جامد انحلال‌پذیر روندی صعودی و فرکانس تشدید و مدول الاستیسیته روندی نزولی دارند (خوشنام و همکاران، ۱۳۹۱).

در تحقیقی که توسط عیسی‌زاده و همکاران انجام گرفت با استفاده از روش پاسخ آکوستیک سفتی چهار رقم سیب گلدن‌دلشیز، رددلشیز، جاناگلد و پاپیروکا در طول انبارداری اندازه‌گیری شد. نتایج این تحقیق نشان دهنده متفاوت بودن روند تغییرات سفتی سیب‌های با اندازه‌های مختلف بود و بیشترین تغییرات سفتی برای میوه‌های با اندازه بزرگ و کمترین تغییرات نیز مربوط به سیب‌های با جرم کمتر بدست آمد (عیسی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۱).

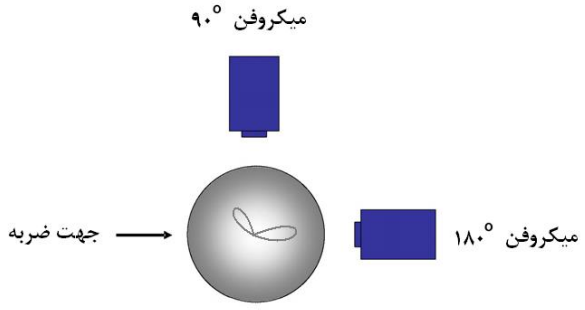
مواد و روش‌ها

در این تحقیق دو رقم سیب به نام‌های گلدن دلیشز و رد دلیشز که از ارقام مهم تجاری در کشور به شمار می‌آیند جهت انجام آزمایشات انتخاب شدند. در این آزمایشات تعداد ۷۸ عدد سیب گلدن‌دلیشز و ۷۸ عدد سیب رددلیشز در نظر گرفته شدند. در جمع‌آوری نمونه‌ها تلاش شد که نمونه‌هایی کاملاً سالم و فاقد هرگونه ناهنجاری فیزیولوژیکی انتخاب شوند.

سیب‌های گلدن‌دلیشز و رددلیشز به دو گروه ۳۹ عددی تقسیم‌بندی شدند. گروه‌های اول در آزمایشگاه جهت انجام آزمایشات نگهداری شده و گروه‌های دوم نیز به سردخانه با دمای ۶ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۵۰٪ منتقل شده و به مدت دو ماه در شرایط مذکور نگهداری شدند.

برای ایجاد ضربه از یک گوی پلاستیکی به وزن ۳/۳ گرم و قطر ۱۷ میلی‌متر استفاده شد. گوی مذکور به انتهای یک سیم نازک به طول ۹۵ میلی‌متر متصل گردید که به این ترتیب امکان نوسان همانند یک آونگ فراهم گردید. با توجه به این که آزمایشات پاسخ فرکانسی از نوع غیرمخرب محسوب می‌شوند بنابراین شدت ضربات باید به گونه‌ای باشد که در محل ضربه، تغییری در بافت میوه‌ها رخ ندهد. به همین منظور سرعت گوی پلاستیکی در زمان برخورد با سطح میوه برابر ۱/۴ متر بر ثانیه اندازه‌گیری شد که منطبق بر محدوده گزارش شده در سایر تحقیقات می‌باشد.

ضربات بر روی قطر بزرگ میوه‌ها و در دو محل که نسبت به یکدیگر ۱۸۰ درجه زاویه داشتند صورت گرفتند. داده‌برداری نیز در دو محل ۹۰ و ۱۸۰ درجه انجام شدند. شکل ۱ نمای فوقانی محل استقرار میوه‌ها و موقعیت میکروفن‌ها را نسبت به محل اعمال ضربه نشان می‌دهد.



شکل ۱– نمای فوقانی محل استقرار میوه و موقعیت میکروفن‌ها

در این تحقیق جهت اندازه‌گیری فشار صدای حاصل از ضربه در حوزه زمان از دو میکروفن متراکم‌کننده از پیش قطبی شده مدل MP201 استفاده شد. همچنین از دو پیش تقویت‌کننده مدل MAP231 استفاده شد تا امپدانس را برای

ورود به مبدل آنالوگ به دیجیتال کاهش دهند. سامانه جمع‌آوری اطلاعات مدل MC3022 که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت نسبت به تمامی فرکانس‌های صوتی دارای حساسیت یکسانی است.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس میانگین‌های اثرات اصلی و برهمکنش محل ضربه و محل داده‌برداری بر روی پنج فرکانس اول و دامنه آنها برای سیب گلدن‌دلیشز و رددلیشز به ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲ نشان داده شده‌اند. همان گونه که از جدول ۱ مشخص می‌باشد، در خصوص محل ضربه سیب گلدن‌دلیشز، آنچه که کاملاً مشهود است سطوح مختلف محل ضربه به جز در فرکانس چهارم و فرکانس اول، در سایر فرکانس‌ها اختلاف معنی‌داری را نشان نمی‌دهد. سطوح مختلف محل داده‌برداری نیز به جز فرکانس دوم و سوم که در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شده است در سایر فرکانس‌ها اختلاف معنی‌داری را نشان نمی‌دهد.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثرات اصلی و برهمکنش متغیرها بر پنج فرکانس اول برای سیب گلدن‌دلیشز و رددلیشز

		درجه آزادی	مقدار F سیب گلدن‌دلیشز		درجه آزادی	مقدار F سیب رددلیشز	
			پیش از نگهداری	پس از نگهداری		پیش از نگهداری	پس از نگهداری
محل ضربه	F1	۱	۰/۲۸۹ ns	۵/۴۲۲ *	۱	۰/۰۶۶ ns	۰/۹۳۷ ns
	F2	۱	۱/۷۴۲ ns	۰/۰۲۱ ns	۱	۰/۶۳۶ ns	۰/۰۳۴ ns
	F3	۱	۰/۲۱۶ ns	۱/۹۲۷ ns	۱	۰/۰۶۲ ns	۰/۰۵۱ ns
	F4	۱	۴/۶۱۴ *	۴/۱۳۷ *	۱	۱/۰۱۵ ns	۰/۰۸۰ ns
	F5	۱	۲/۳۳۲ ns	۱/۲۹۱ ns	۱	۶/۲۸۸ *	۰/۰۴۹ ns
محل داده‌برداری	F1	۱	۰/۹۶۸ ns	۱/۵۱۸ ns	۱	۰/۵۶۳ ns	۱/۷۶۹ ns
	F2	۱	۰/۷۲۵ ns	۵/۴۱۰ *	۱	۰/۰۳۹ ns	۰/۲۴۶ ns
	F3	۱	۰/۱۵۴ ns	۵/۴۸۰ *	۱	۰/۳۴۰ ns	۰/۵۱۵ ns
	F4	۱	۰/۳۰۴ ns	۰/۴۰۴ ns	۱	۰/۲۱۲ ns	۰/۲۵۵ ns
	F5	۱	۰/۳۳۵ ns	۱/۱۱۹ ns	۱	۰/۲۱۶ ns	۰/۱۹۴ ns
محل ضربه× محل داده‌برداری	F1	۱	۱/۲۱۷ ns	۰/۲۵۱ ns	۱	۰/۰۱۹ ns	۰/۳۱۷ ns
	F2	۱	۰/۶۲۷ ns	۰/۵۸۰ ns	۱	۰/۳۴۳ ns	۰/۰۶۱ ns
	F3	۱	۰/۰۱۴ ns	۰/۳۳۶ ns	۱	۱/۳۷۱ ns	۰/۲۲۳ ns
	F4	۱	۰/۲۱۲ ns	۴/۵۱۰ *	۱	۰/۱۸۰ ns	۰/۱۰۸ ns
	F5	۱	۰/۰۹۹ ns	۰/۱۸۳ ns	۱	۱/۸۶۰ ns	۰/۰۳۵ ns
خطا	F	۲۹۳			۲۷۷		
کل	F	۲۹۷			۲۸۱		

* اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪، ns عدم معنی‌داری

با نگاهی به این جدول می‌توان دریافت که در خصوص سیب رددلیشز سطوح مختلف محل ضربه به جز در فرکانس پنجم که در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شده است در سایر فرکانس‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود. همچنین سطوح مختلف محل داده‌برداری نیز در هیچ یک از پنج فرکانس اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود.

از جدول ۲ نیز مشخص می‌باشد که سطوح مختلف محل ضربه به جز دامنه دوم که در سطح احتمال ۱٪ و دامنه سوم که در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شده است در سایر دامنه‌ها اختلاف معنی‌داری را نشان نمی‌دهد. در خصوص محل داده‌برداری، آنچه که مشهود است سطوح مختلف محل داده‌برداری بر هیچ یک از پنج دامنه اول اختلاف معنی‌داری را نشان نمی‌دهد.

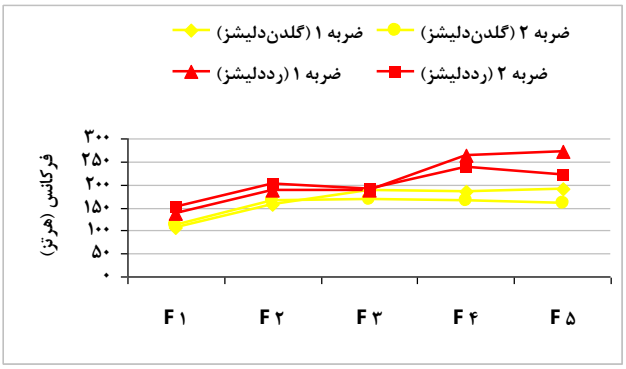
همچنین در خصوص سیب رددلیشز از این جدول مشخص می‌باشد، سطوح مختلف محل ضربه در دامنه چهارم که در سطح احتمال ۱٪ و دامنه دوم، سوم و چهارم در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شده است در سایر دامنه‌ها اختلاف معنی‌داری را نشان نمی‌دهد. در خصوص محل داده‌برداری، آنچه که مشهود است سطوح مختلف محل داده‌برداری بر هیچ یک از پنج دامنه اول اختلاف معنی‌داری را نشان نمی‌دهد.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثرات اصلی و برهمکنش متغیرها بر پنج دامنه اول برای سیب گلدن‌دلیشز و رددلیشز

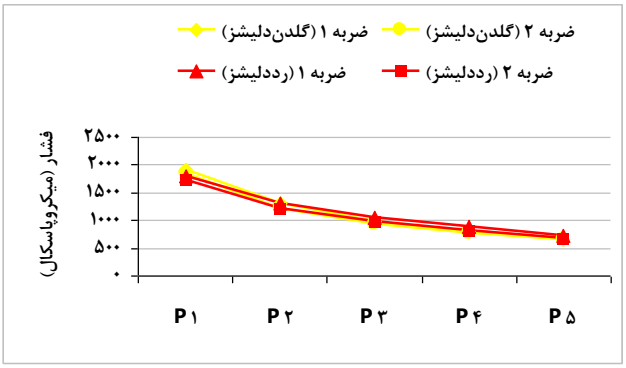
		درجه آزادی	مقدار F سیب گلدن‌دلیشز		درجه آزادی	مقدار F سیب رددلیشز	
			پیش از نگهداری	پس از نگهداری		پیش از نگهداری	پس از نگهداری
محل ضربه	P1	۱	۰/۲۷۸ ns	۱۰/۱۱۹ **	۱	۰/۰۰۲ ns	۳/۳۲۶ ns
	P2	۱	۳/۴۴۴ ns	۱۱/۶۰۳ **	۱	۲/۹۱۳ ns	۲/۸۲۷ ns
	P3	۱	۰/۳۷۴ ns	۵/۸۱۲ *	۱	۳/۴۶۵ ns	۱/۳۲۷ ns
	P4	۱	۰/۱۳۱ ns	۱/۷۸۳ ns	۱	۳/۸۱۵ ns	۴/۲۳۹ *
	P5	۱	۰/۰۰۷ ns	۲/۹۱۱ ns	۱	۲/۴۴۱ ns	۴/۴۲۸ *
محل داده‌برداری	P1	۱	۰/۱۱۶ ns	۰/۰۶۸ ns	۱	۰/۱۴۵ ns	۰/۴۳۸ ns
	P2	۱	۰/۰۱۱ ns	۰/۰۹۰ ns	۱	۰/۰۰۱ ns	۰/۹۸۶ ns
	P3	۱	۱/۰۷۹ ns	۰/۰۴۶ ns	۱	۰/۰۳۷ ns	۰/۳۵۱ ns
	P4	۱	۰/۴۷۶ ns	۰/۰۰۱ ns	۱	۰/۲۲۸ ns	۰/۲۱۴ ns
	P5	۱	۰/۹۷۰ ns	۰/۰۳۸ ns	۱	۱/۰۶۰ ns	۰/۲۵۰ ns
محل ضربه× محل داده‌برداری	P1	۱	۰/۱۰۶ ns	۰/۷۶۶ ns	۱	۰/۱۳۰ ns	۰/۳۰۹ ns
	P2	۱	۰/۲۰۶ ns	۰/۲۱۶ ns	۱	۰/۰۲۴ ns	۰/۰۰۷ ns
	P3	۱	۱/۰۸۱ ns	۱/۵۴۱ ns	۱	۰/۰۲۴ ns	۱/۰۸۲ ns
	P4	۱	۰/۱۵۲ ns	۱/۸۴۷ ns	۱	۰/۲۴۸ ns	۰/۵۶۶ ns
	P5	۱	۰/۰۰۲ ns	۱/۲۸۴ ns	۱	۰/۲۷۸ ns	۰/۰۰۴ ns
خطا	P	۲۹۳			۲۷۷		
کل	P	۲۹۷			۲۸۱		

** اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪، * اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪، ns عدم معنی‌داری

در شکل‌های ۲ و ۳ به ترتیب فرکانس و فشار صدای سیب‌های گلدن‌دلیشز و رددلیشز در محل‌های ضربه مختلف نشان داده شده‌اند.



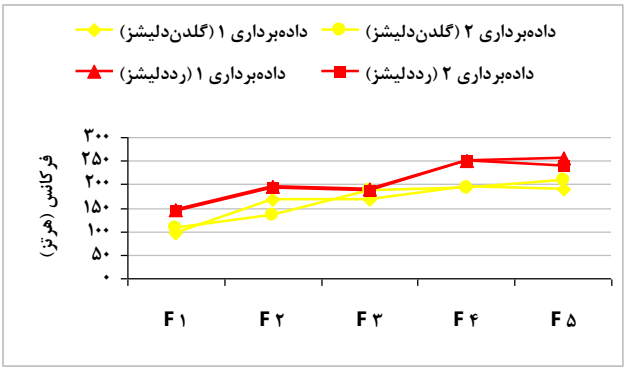
شکل ۲- فرکانس صدای سیب‌ها در محل‌های ضربه مختلف



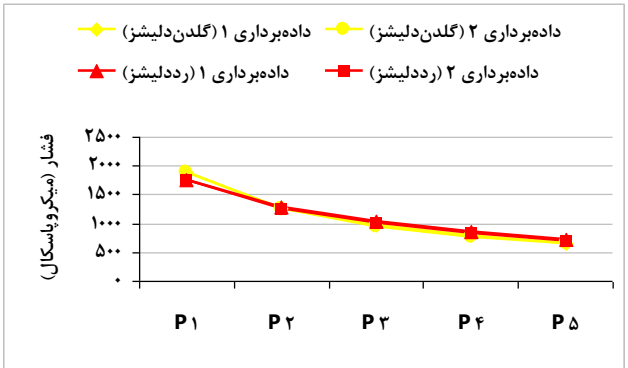
شکل ۳- فشار صدای سیب‌ها در محل‌های ضربه مختلف

با نگاهی به شکل‌های بالا می‌توان دریافت که در محل‌های ضربه مختلف برای هر دو رقم، فرکانس صدا روندی صعودی و فشار صدا روندی نزولی دارند. علاوه بر این از شکل‌های مذکور مشهود است که فرکانس صدای سیب‌های رددلیشز در تمام موارد بیشتر از فرکانس مربوط به سیب‌های گلدن‌دلیشز می‌باشد. این در حالی است که تفاوت محسوسی بین فشار صدای سیب‌های رددلیشز و گلدن‌دلیشز مشاهده نمی‌شود.

در شکل‌های ۴ و ۵ نیز به ترتیب فرکانس و فشار صدای سیب‌های گلدن‌دلیشز و رددلیشز در محل‌های داده‌برداری مختلف نشان داده شده‌اند. از این دو شکل نیز می‌توان همچون شکل‌های ۲ و ۳ دریافت که در محل‌های داده‌برداری مختلف برای هر دو رقم، فرکانس صدا روندی صعودی و فشار صدا روندی نزولی دارند. علاوه بر این از شکل‌های مذکور مشخص است که فرکانس صدای سیب‌های رددلیشز در تمام موارد بیشتر از فرکانس مربوط به سیب‌های گلدن‌دلیشز می‌باشد. در خصوص فشار صدا تفاوت محسوسی بین سیب‌های رددلیشز و گلدن‌دلیشز مشاهده نمی‌شود.



شکل ۴- فرکانس صدای سیب‌ها در محل‌های داده‌برداری مختلف



شکل ۵- فشار صدای سیب‌ها در محل‌های داده‌برداری مختلف

نتیجه‌گیری

از نتایج این تحقیق می‌توان چنین دریافت که محل‌های مختلف داده‌برداری و ضربه تاثیر به‌سزایی در پاسخ فرکانسی رقم‌های سیب گلدن‌دلیشز و رددلیشز ندارند. با توجه به این که پاسخ‌های فرکانسی در دو زمان پس از برداشت و پس از نگهداری در سردخانه ثبت شدند، بنابراین می‌توان در آزمایشات مشابه، ضربه را به یک نقطه اعمال نمود و از یک نقطه نیز داده‌برداری را انجام داد.

منابع و مآخذ

۱. سعادتی نیا، م. عمادی، ب. صدرنیا، ح. ۱۳۸۹. تعیین رسیدگی میوه هندوانه مبتنی بر روشهای آکوستیکی، مجموعه مقالات اولین همایش ملی مکانیزاسیون و فناوری های نوین در کشاورزی. اهواز.

۲. خوشنام، ف. مبلی، ح. حسن بیگی بیدگلی، ر. رفیعی، ش. رجبی‌پور، ع. ایوانی، الف. ۱۳۹۱. تشخیص رسیدگی خربزه با روش غیرمخرب پاسخ آکوستیکی، مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی. جلد ۱۳. شماره ۳. ص ۱۰۲-۸۹.

۳. عیسی زاده، ت. حاجی آقا علیزاده، ح. احمدی، الف. امیری چایجان، ر. ۱۳۹۱. پیش بینی سفتی میوه سیب در طول دوره انبارداری با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی، مجموعه مقالات هفتمین کنگره ملی مهندسی ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون. شیراز.

4. Abbott, J.A., Massie, D.R., Upchurch, B.L., Hruschka, W.R. 1995. Nondestructive sonic firmness measurement of apples, Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, 38(5), 1461-1466.
5. De Ketelaere, B., De Baerdemaeker, J. 2001. Tomato firmness estimation using vibration measurements, Mathematics and Computers in Simulation, 56(4-5), 385-394.

Effects of excitation and detection point on the frequency response of apple Golden Delicious and Red Delicious

Abstract

In this study, the effect of detection and excitation points on frequency response of Golden Delicious and Red Delicious apple was investigated. For this purpose, the fruits excited with light mechanical impact and their frequency response was recorded by the microphone. Analysis of variance of the effects of excitation point and detection point on the first five frequencies and their corresponding amplitudes was done for apple. The results of this study indicate that different levels of the detection point and excitation point on most of the first five frequencies and amplitudes were not significantly different. Frequencies have upward trending. In contrast, amplitudes have downward trending. In addition, the frequencies of Red Delicious in all cases were greater than the frequency of Golden Delicious. However, significant difference was not observed between the amplitudes of Red Delicious and Golden Delicious.

Keywords: Apple, Golden Delicious, Red Delicious, Frequency Impulse Response.