ارزیابی انبارمانی سیب گلاب با دو روش آکوستیکی و نفوذسنجی

محمد رضا بیاتی[۱] علی رجبی پور[۱*] حسین مبلی[۱] افشین ایوانی[۲] فوژان بدیعی[۲]

۱- به ترتیب دانشجوی دکتری و اساتید گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی دانشکده‌ی مهندسی و فناوری کشاورزی دانشگاه تهران، کرج، ایران arajabi@ut.ac.ir

۲- به ترتیب استادیار پژوهش بخش مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون و دانشیار پژوهش بخش مهندسی صنایع غذایی و فن‌آوری‌های پس از برداشت، موسسه‌ی تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی،کرج، ایران

چکیده

اثر انبارداری سیب گلاب در چهار گروه سیب‌های سالم و بدون پوشش، سالم و پوشش‌دار، ضربه خورده و بدون پوشش و ضربه خورده و پوشش‌دار در طی ده هفته در سردخانه‌ای با درجه حرارت ۲ درجه‌ی سانتی‌گراد و ۸۵ درصد رطوبت با دو روش آکوستیکی و نفوذسنجی بررسی گردید. پارامتر های آکوستیک و نفوذسنجی شامل فرکانس طبیعی، شاخص سفتی، ضریب الاستیسیته و سفتی نفوذ اندازه‌گیری و ارزیابی شدند.کلیه‌ی نتایج حاصل با استفاده از نرم افزارهای "اکسل ۲۰۰۷ " و "اس پی اس اس ۱۶"مورد مطالعه‌ی آماری قرار گرفت. با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵٪ معنی‌دار بودن نتایج بررسی گردید. نتایج نشان داد که پارامترهای آکوستیکی و نفوذ سنجی در طی دوره‌ی انبارداری کاهش داشته اند هم‌چنین پارامترهای آکوستیکی و نفوذسنجی در سیب‌های سالم و پوشش‌دار در مقایسه با سیب‌ها ی ضربه خورده و بدون پوشش به‌ترتیب و به‌طور متوسط ۱۴٪ و ۴۰٪ افزایش نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: آزمون های غیر مخرب ، بافت سنجی ، سیب گلاب

مقدمه

سیب گلاب یکی از ارقام خوش عطر و خوش طعم سیب می‌باشد که در عین حال بسیار حساس است و دوره‌ی ماندگاری آن پس از برداشت بسیار کوتاه است. لذا تحقیق حاضر بر این مبنی استوار بود که ماندگاری این سیب، پس از برداشت در سردخانه مورد بررسی قرار گیرد و تاثیر پوشش متیل سلولز بر ماندگاری این سیب حساس در دو حالت سیب‌های سالم و ضربه خورده ارزیابی شود. روش بررسی در این تحقیق، ارزیابی سفتی سیب‌ها با دو روش مخرب نفوذ سنجی و روش غیر مخرب آکوستیکی بود. آزمایش‌ها در موسسه‌ی تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی در کرج انجام گرفتند. داده‌های به‌دست آمده از آزمایش‌ها توسط نرم افزارهای"اکسل۲۰۰۷و اس پی اس اس ۱۶"مورد تجزیه وتحلیل آماری قرار گرفتند.

سفتی[1] یکی از خصوصیات داخلی میوه است که در طول انبار داری تغییر می کند(Gómez *et al.*, 2005). در پژوهشی با استفاده از اندازه‌گیری آکوستیکی برای تشخیص واریته‌های مختلف سیب استفاده شد. در این مطالعه طیف سیگنال ثبت شده به‌وسیله‌ی یک میکروفون ناشی از ضربه‌ی یک چکش سبک به سیب مورد ارزیابی قرار گرفت. و با شناسایی ۱۸ ویژگی از روی طیف‌های مورد نظر، واریته‌های سیب تشخیص داده شدند(Tiplica, *et al.* 2010). در پژوهشی دیگر ارتباط بین سفتی به‌دست آمده از دو روش آزمون آکوستیکی و آزمون مگنس تیلور[2] در دو رقم سیب[3] به دست آمد(Molina-Delgado, *et al.* 2009). در این تحقیق معلوم شد نوع رقم و زمان انبارداری بر روی همبستگی بین این دو اندازه‌گیری تاثیر دارد. در مطالعه‌ای، هم‌زمان با آزمون نفوذ، از انتشار امواج آکوستیک برای مشاهده‌ی تغییرات کیفیت بافت سیب استفاده شد. این بررسی در طول زمان ماندگاری سیب‌ها بود که در آن سفتی و تغییرات آن تعیین شد. در این بررسی معلوم گردید پارامترهای آکوستیکی و از جمله انرژی آکوستیکی نسبت به تغییرات سیب‌ها در طول زمان ماندگاری در انبار، نسبت به پارامترهای مکانیکی تعیین کیفیت سیب، حساس ترند(Zdunek and Ranachowski, 2006). در تحقیقی دیگر با عنوان این‌که بافت سیب سرچشمه از صفات آناتومیک دیواره‌ی سلولی آن دارد، در یک روش ترکیبی آکوستیکی – مکانیکی، ضمن اعمال فشار به سیب، تغییرات بافت آن از طریق امواج آکوستیکی بررسی شد(Costa, *et al.* 2011) . در پژوهشی دیگر، پژوهشگران دریافتند که با وجود آسیب‌های داخلی در سیب، استفاده از روش آکوستیکی برای تعیین سفتی، غیر قابل اعتماد می شود. اما می‌توان از این روش برای نمایش وجود آسیب‌های داخلی میوه استفاده کرد. وجود آسیب‌های داخلی و اندازه و موقعیت آن‌ها بر روی تعداد نقاط اوج در طیف فرکانس عبوری از سیب‌ها در آزمون آکوستیک تاثیر گذار است (Chen, *et al.* 1995). میزان بلوغ و رسیدگی سیب‌ها[4] در طول فصل رشد و در طی ۸ ماه انبارداری در سرد خانه با دو روش نفوذسنجی و آکوستیکی ارزیابی شد. در این مطالعه معلوم شد که برای تعیین سفتی میوه های نارس، روش نفوذسنجی و برای میوه‌های رسیده، روش(اندازه گیری پاسخ ضربه‌ی آکوستیک) ایده‌آل است (Duprat, *et al.*, 1997) از فرکانس تشدید در یک آزمون آکوستیک برای پیش‌بینی سفتی، تعیین محتوی جامد محلول[5] دو رقم سیب [6] بر روی درخت و در طول عمر مفید سیب‌ها استفاده شد. نتایج آزمایش، پتانسیل حس گرهای آزمون غیر مخرب آکوستیکی را برای پیش‌بینی پارامترهای میوه و تعیین زمان برداشت مطلوب و تعیین کیفیت میوه قابل قبول نشان دادند (Zude, *et al.*, 2006). چند

[1] Firmness

[2] Magness Taylor

[3] Royal Gala and Golden Smoothee

[4] Golden Delicious

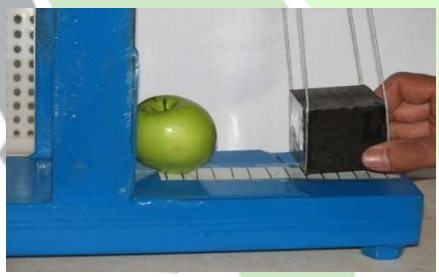
[5] Soluble Solid Content (SSC)

[6] Golden Delicious and Idred

محقق بر روی فرآیند رسیدگی[1] تعدادی میوه و سبزی و از جمله سیب با روش آکوستیکی مطالعه‌ای صورت دادند و تکرارپذیری این روش را بررسی کردند. این محققین دریافتند این روش امکان بسیارخوب و دقیقی برای اندازه‌گیری سفتی است که تکرارپذیری آن نیز بر روی محصولات کشاورزی، غیر مخرب است. از نتیجه‌ی این آزمون و اندازه گیری‌های هم‌زمان شرایط محیطی شامل درجه حرارت و رطوبت نسبی در طول رسیدگی میوه، برای تعیین مدلی برای پیش بینی زمان برداشت محصولات مورد آزمون استفاده شد(Felföldi and Zsom-Muha, 2010) .

مواد و روش‌ها

پس از تهیه‌ی سیب‌های گلاب کهنز از یکی از باغ‌های شهرستان کرج، تعداد ۲۴۰ عدد از آن‌ها عدد انتخاب شدند. نیمی از سیب‌ها توسط دستگاه ضربه‌زن با ضربه‌ی مشخص و کنترل شده دچار آسیب شدند. در مرحله‌ی بعد نیمی از سیب‌های هر دو گروه (سیب‌های سالم و سیب‌های ضربه خورده) با متیل سلولز پوشش داده شدند. با این ترتیب چهار گروه سیب، مشخص و شماره گذاری گردیدند: سیب‌های سالم و بدون پوشش (س ب)، سیب‌های سالم و پوشش‌دار (س پ)، سیب‌های ضربه خورده و بدون پوشش(ض ب)، سیب‌های ضربه خورده و پوشش‌دار(ض پ). دستگاه ضربه‌زن متشکل از یک مکعب فولادی به جرم یک کیلوگرم است که به صورت پاندولی عمل می کند.



شکل ۱. دستگاه ضربه‌زن پاندولی

. پس از آماده شدن سیب‌ها در چهار گروه مورد اشاره، آن‌ها در سردخانه‌ای با دمای ۲ درجه‌ی سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۵ درصدقرارداده شدند. سیب‌های شماره‌گذاری شده در چهار گروه به‌طور هفته‌ای و در طول ۱۰ هفته انبارداری تحت آزمون های صوتی و نفوذ سنجی قرار گرفتند.

[1] Rippening

آزمون آکوستیک

تعیین پارامترهای آکوستیکی

برای انجام آزمون صوتی از دستگاه صدا سنج مدل B&K2270 ساخت دانمارک ۲۰۰۹ استفاده شد.

شکل ۲. دستگاه صداسنج

این دستگاه شامل یک میکروفون می باشد و در یک سمت میوه قرار می گیرد. در طرف مقابل توسط دستگاه ضربه‌زن، ضربات غیر مخرب و برای تحریک میوه و ایجاد امواج عبوری به هر سیب وارد شد. سیگنال خروجی از هر سیب در طرف مقابل توسط میکروفون دریافت و در حافظه‌ی دستگاه صدا سنج ثبت می شد. تعداد ضربه‌های غیر مخرب وارد شده به هر سیب در فاصله‌ی ۱۲۰ درجه از هم در روی قطر استوایی[1] میوه انجام شد(Tiplica, *et al*. 2010). در هر نقطه ۳ ضربه و در مجموع ۹ ضربه به هر سیب اعمال گردید. طیف‌های ذخیره شده در دستگاه صدا سنج با نرم افزارFFT analyzer تجزیه و تحلیل و در کامپیوتر از حوزه‌ی زمان به حوزه‌ی فرکانس تبدیل شدند. از مشخصه‌های این امواج برای ارزیابی بعضی از خصوصیات فیزیکی سیب‌ها و از جمله تعیین پارامتر های صوتی سیب ها استفاده گردید. فرکانس طبیعی هر سیب از روی نمودارهای فرکانس– دامنه تعیین شدند. برای این منظور از اولین فرکانس با بزرگ‌ترین دامنه استفاده گردید و این فرکانس با عنوان "فرکانس طبیعی یا غالب"[2] سیب مورد آزمون ثبت گردید. برای تعیین سایر پارامترهای صوتی از رابطه‌های زیر استفاده گردید (Cherng and Ouyang, 2003):

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

[1] Equatorial Diameter

[2] Natural or Dominant Frequency

در این رابطه ، FI ، شاخص سفتی [1](آکوستیک) ،f فرکانس غالب(هرتز) و m جرم میوه (کیلو گرم) می باشد. شاخص سفتی یکی از معیارهای تعیین سفتی میوه است.

شاخص بعدی، ضریب الاستیسیته (مدول یانگ) میوه است که وضعیت ارتعاشی میوه‌ی تحت آزمایش را در برابر ضربه‌ی غیرمخرب نشان می دهد:

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

در این رابطه ، EI ، *ضریب الاستیسیته* و ρ جرم حجمی میوه(گرم بر سانتی متر مکعب) است.

برای تعیین جرم میوه‌ها از ترازویی با دقت ۰/۰۱ گرم استفاده شد.

آزمون نفوذ

برای انجام آزمون نفوذسنجی از دستگاه بافت سنج[2] مدل Hounsfield-H5KS استفاده شد.

شکل ۳. دستگاه بافت سنج(اینستران)

در این آزمون مخرب تمامی سیب‌ها با یک پروب به قطر۶/۴ میلی‌متر و با سرعت ۲۰ میلی‌متر بر دقیقه سوراخ شدند. قبل از آزمون، پوست میوه‌ها در محل ایجاد سوراخ، با چاقوی تیز برداشته شد (Gómez *et al*., 2005). پس از انجام آزمون ، نمودارهای نیرو– تغییر شکل مربوط به هرسیب رسم گردید و از آن‌ها نیروی شکست و تنش مربوط تعیین گردید. میانگین تنش سیب‌ها در هر هفته تعیین و نمودار آن در طول دوره‌ی ۱۰ هفته ای انبارداری رسم گردید. برای تحلیل داده‌ها از نرم افزار اس پی اس اس ۱۶ در قالب طرح بلوک کامل تصادفی استفاده گردید.

[1] Firmness Index

[2] Texture Analyzer

نتایج و بحث

جدول ۱ نتایج تجزیه‌ی واریانس اثر متغیرهای مستقل شامل :اثر پوشش، ضربه و زمان و هم‌چنین اثرهای متقابل آن‌ها بر متغیرهای وابسته شامل: فرکانس طبیعی ، شاخص سفتی و ضریب الاستیسیته و سفتی نفوذ سنجی را در سیب های مورد آزمون نشان می دهد. اثرهای پوشش و زمان در سطح ۵٪ بر تمامی متغیرهای وابسته معنی‌دارشد. اما اثر ضربه و اثرهای متقابل بر متغیرهای وابسته معنی‌دار نشد.

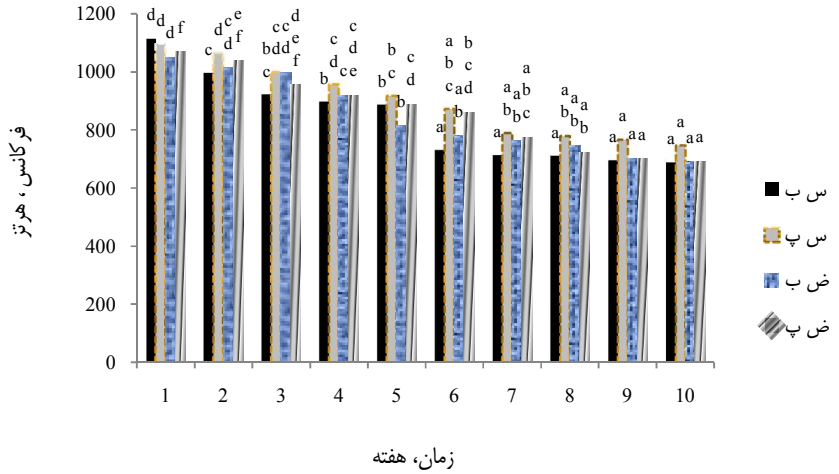
جدول ۱. تجزیه‌ی واریانس

منابع تغییر	درجه‌ی آزادی	میانگین مربعات			
		فرکانس	شاخص سفتی	ضریب الاستیسیته	سفتی نفوذ سنجی
پوشش	۱	۹۰۳۶۵/۲۰۴*	۱/۲۶۳E۱۰*	۱/۱۹۴E۱۲*	۰/۱۹۱*
ضربه	۱	۴۴۴۶/۲۰۴ns	۲/۹۷۵E۹ns	۱/۱۹۴E۱۱ns	۰/۰۰۷ns
زمان	۹	۴۳۹۱۰۸/۹۲۶*	۴/۲۵۹E۱۰*	۴/۱۷۴E۱۲*	۰/۰۳۲*
پوشش*ضربه	۹	۳۴۷۲۸/۲۰۴ns	۲/۳۷۷E۹ns	۱/۹۹۲E۱۱ns	۰/۰۱۳ns
پوشش*زمان	۹	۵۴۰۸/۲۶۰ns	۲/۸۶۹E۸ns	۳/۲۴۹E۱۰ns	۰/۰۰۲ns
ضربه*زمان	۹	۳۹۲۹/۶۳۰ns	۴/۱۹۰E۸ns	۴/۳۳۷E۱۰ns	۰/۰۰۱ns
پوشش*ضربه*زمان	۹	۴۰۸۱/۴۶۳ns	۵/۵۱۶E۸ns	۴/۷۳۲E۱۰ns	۰/۰۰۲ns

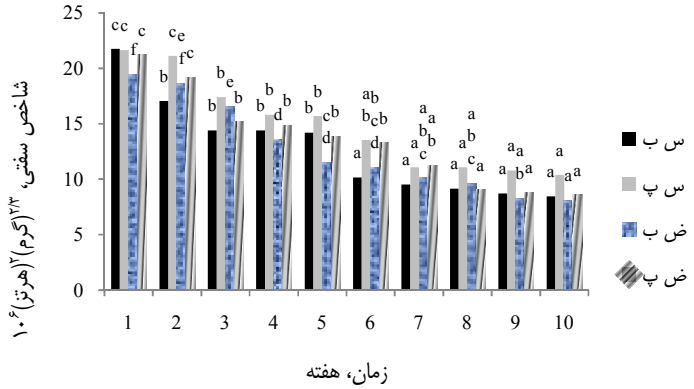
جدول ۲. مقایسه‌ی میانگین اثر زمان بر پارامترهای اندازه گیری شده

زمان،هفته	فرکانس،هرتز	شاخص سفتی ،$^{۲/۳}$(گرم)^{۲}(هرتز)	ضریب الاستیسیته ، $^{۱/۳}$(سانتیمترمکعب/گرم)$^{۲/۳}$(گرم)^{۲}(هرتز)	بافت سنجی،نیوتن بر میلی‌متر مربع
۱	۱/۰۸۱۰E۳^{e}	۲/۱۰۱۸E۵^{f}	۲/۰۴۲۹E۶^{f}	۰/۲۷۲۴^{f}
۲	۱/۰۲۶۶E۳^{e}	۱/۹۰۰۱E۵^{e}	۱/۸۶۲۴E۶^{e}	۰/۲۱۳۵^{e}
۳	۹/۶۶۹۲E۲^{d}	۱/۵۸۸۷E۵^{d}	۱/۵۳۶۹E۶^{d}	۰/۲۰۸۵^{de}
۴	۹/۲۱۳۳E۲^{cd}	۱/۴۶۷۳E۵^{cd}	۱/۴۳۶۲E۶^{cd}	۰/۲۰۲۲^{cde}
۵	۸/۷۵۳۳E۲^{c}	۱/۳۸۳۵E۵^{c}	۱/۳۵۳۸E۶^{c}	۰/۱۸۸۳^{cde}
۶	۸/۱۰۰۴E۲^{b}	۱/۲۰۰۰E۵^{b}	۱/۱۶۴۹E۶^{b}	۰/۱۷۸۹^{bcde}
۷	۷/۵۹۰۴E۲^{ab}	۱/۰۵۰۶E۵^{ab}	۱/۰۰۹۶E۶^{a}	۰/۱۴۹۹^{abcd}
۸	۷/۳۹۲۱E۲^{a}	۹/۷۱۶۲E۴^{a}	۹/۲۷۹۶E۵^{a}	۰/۱۴۲۶^{abc}
۹	۷/۱۵۵۰E۲^{a}	۹/۱۵۶۸E۴^{a}	۹/۷۶۶۷E۵^{a}	۰/۱۲۰۴^{ab}
۱۰	۷/۰۳۵۰E۲^{a}	۸/۸۷۶۰E۴^{a}	۸/۵۳۲۶E۵^{a}	۰/۰۹۵۶^{a}

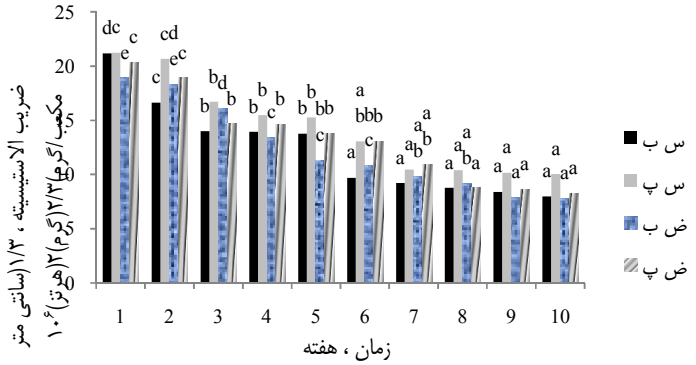
در جدول ۲ که مقایسه‌ی میانگین های متغیرهای وابسته (فرکانس طبیعی، شاخص سفتی، ضریب الاستیسیته و سفتی نفوذسنجی) نسبت به زمان‌های مختلف است و توسط آزمون دانکن در سطح ۵٪ انجام گرفته است، نشان دهنده‌ی اختلاف معنی دار متغیرهای وابسته در سطوح مختلف زمان انبارداری است. با ادامه‌ی زمان انبارداری تمام پارامترهای اندازه‌گیری شده تغییر کرده و کاهش یافته اند. در این میان اگر چه شاخص های آکوستیکی در سه هفته‌ی آخر زمان انبارداری تغییر معنی‌داری نداشته اند اما روند کاهش این شاخص ها ادامه یافته است. هم‌چنین در این مدت سفتی حاصل از آزمون نفوذ سنجی کاهش معنی‌دار خود را تا آخرین هفته نگه‌داری ادامه داده است.



شکل ۴. تغییرات فرکانس در طول زمان انبارداری



شکل ۵. تغییرات شاخص سفتی در طول زمان انبارداری



شکل۶. تغییرات ضریب الاستیسیته در طول زمان انبارداری

همان‌گونه که از شکل های ۴ ، ۵ و ۶ بر اساس آزمون دانکن مشاهده می شود، شاخص‌های آکوستیکی در گروه‌های چهار گانه‌ی سیب‌ها در طول زمان انبارداری و در هشت هفته‌ی اول تفاوت معنی‌داری وجود دارد. اما در دو هفته‌ی پایانی زمان انبارداری تفاوت معنی‌داری بین این شاخص‌ها در گروه های مختلف مشاهده نمی شود. روند تغییرات در تمامی شاخص‌هاکاهشی است. این کاهش در دوهفته‌ی آخرعلی‌رغم معنی دار نشدن هم‌چنان ادامه داشته است. بیش‌ترین مقادیر این شاخص‌ها در تمامی گروه ها و در تمام طول مدت زمان انبارداری مربوط به گروه سیب‌های سالم و پوشش‌داراست. به‌طور کلی متغیر های ضربه‌خوردگی و عدم پوشش سیب‌ها در طول ۱۰ هفته انبارداری از عامل‌های کم‌تر شدن پارامترهای آکوستیکی نسبت به افزایش این شاخص‌ها با وجود متغیرهای سالم بودن و پوشش‌دار بودن سیب‌ها شده است. پارامترهای آکوستیکی سیب‌های سالم و پوشش‌دار شامل: شاخص سفتی، فرکانس طبیعی و ضریب الاستیسیته به ترتیب به اندازه‌ی ۱۴/۱۱ ، ۱۴/۲۶ و ۱۴ درصد در مدت انبارداری افزایش داشته اند.

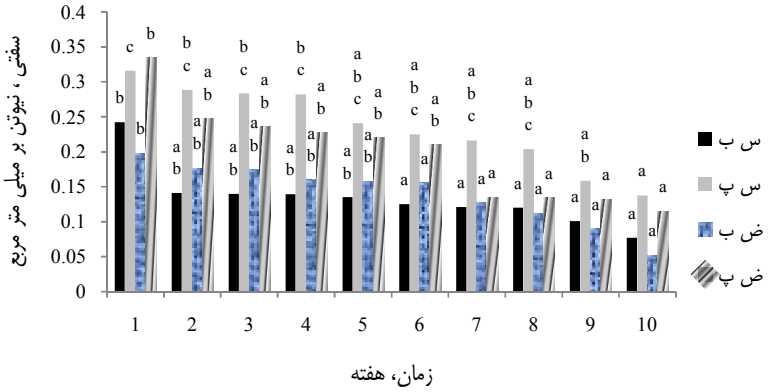
در تحقیقی از روش ضربه‌ی آکوستیکی برای تعیین رسیدگی سیب‌های گلدن دلیشس در طی فصل رشد و در طی ۸ ماه انبارداری در سردخانه استفاده شد. نتایج این تحقیق، کاهش ضریب الاستیسیته و سفتی را در طول مدت انبارداری نشان داد (De Belie *et al*., 2000). از نتایج پژوهشی دیگر،کاهش سفتی و فرکانس سیب‌های[1] انبار شده در سردخانه‌ای با دمای یک درجه‌ی سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۵ در صد به‌دست آمد. نتایج تحقیق هم‌چنین نشان دادکه که همبستگی بین پارامترهای آکوستیکی و نفوذ سنجی بر حسب نوع واریته و تازگی سیب‌ها فرق می کند (Duprat *et al*., 1997) . در تحقیقی دیگر دو حسگر غیر مخرب، یکی بر اساس اصل "پاسخ ضربه‌ی آکوستیک"[2] و دیگری بر اساس "ضربه‌ی یک جسم سبک"[3] را برای ارزیابی کیفی تعدادی سیب

[1] Jonalgold apples

[2] Acoustic Impulse Response

[3] Low Mss Impact

و گوجه فرنگی ونیز تعیین سفتی و همبستگی بین آن‌ها در طی فرایند انبارداری مقایسه نمودند. نتایج این محققین نیز کاهش سفتی را در هر دو محصول و باهر دو روش تایید کرد(De Ketelaere, *et al*. 2006). کاهش سفتی سیب‌ها در یک تحقیق دیگر نیز تایید شد. در این تحقیق سه واریته‌ی سیب در سه مرحله از رسیدگی و در سه زمان مختلف از دوره‌ی انبارداری و با سه روش: حسی، نفوذسنجی و آکوستیکی مورد ارزیابی قرار گرفتند. یافته های این تحقیق هم‌چنین معلوم کرد که شاخص آکوستیک به‌طور معنی‌داری با سفتی بافت سیب مرتبط است(Mehinagic *et al*., 2006) .



شکل ۷. تغییرات سفتی در طول زمان انبارداری

در آزمون مخرب نفوذسنجی نیز روند تغییرات رفتاری مشابه با آزمون غیر مخرب آکوستیکی داشتند (شکل ۷). در این آزمون تمام منحنی هاروند کاهشی دارند و ترکیب متغیرهای مستقل پوشش‌داربودن سیب‌ها و سالم بودن آن‌ها عامل بیش‌تر بودن مقاومت به نفوذ در تمامی گروه های سیب‌ها است. این حالت در تمام هفته های نگه‌داری سیب‌ها در سردخانه علی‌رغم کاهشی بودن آن در تمامی گروه‌ها ادامه داشته است. در این آزمایش هم، پوشش باعث حفظ سفتی بیش‌تر سیب‌ها نسبت به بقیه‌ی گروه ها و در نتیجه حفظ بهتر خصوصیات کیفی سیب‌ها شده است. پوشش در سیب‌های سالم به‌طور متوسط باعث بهبود ۴۰/۲ درصدی سفتی نسبت به سیب‌های ضربه خورده‌ی بدون پوشش شده است. در یک پژوهش نیز ضمن بررسی بر روی بافت هفت واریته‌ی سیب از طریق یک روش آکوستیکی معلوم شد که همبستگی بالایی بین بافت سیب‌ها و پارامترهای آکوستیکی وجود دارد و این روش پیش‌بینی بهتری از وضعیت بافت سیب به دست می دهد. یافته های این پژوهش هم‌چنین کاهش پارامترهای کیفی سیب‌ها و از جمله نیروی نفوذ را در طول زمان انبارداری نشان داد(Zdunek *et al*., 2010).

این آزمون‌ها و نتایج آن‌ها در این شکل‌ها(۴ ، ۵ ، ۶ و ۷)، نشان می‌دهد شیب منحنی‌های مربوط به پارامترهای آکوستیکی ،در آزمون غیر مخرب آکوستیکی و به‌خصوص شاخص سفتی و ضریب الاستیسیته از شیب این منحنی‌ها در آزمون نفوذ سنجی بیش‌تر است که می تواند عاملی برای تشخیص بهتر تغییرات پارامتر های رسیدگی و از جمله سفتی در طول دوره‌ی پس از برداشت میوه باشد.

جدول ۳. ضرایب همبستگی بین پارامترهای اندازه گیری شده در دو گروه سیب های ضربه خورده ی بدون پوشش و سیب‌های سالم پوشش‌دار

ض ب

	فرکانس طبیعی	شاخص سفتی	ضریب الاستیسیته	بافت سنجی
فرکانس طبیعی	۱			
شاخص سفتی	۰/۹۹	۱		
ضریب الاستیسیته	۰/۹۹	۰/۹۹	۱	
بافت سنجی	۰/۸۸	۰/۸۷	۰/۸۷	۱

س پ

	فرکانس طبیعی	شاخص سفتی	ضریب الاستیسیته	بافت سنجی
فرکانس طبیعی	۱			
شاخص سفتی	۰/۹۹	۱		
ضریب الاستیسیته	۰/۹۹	۰/۹۹	۱	
بافت سنجی	۰/۹۴	۰/۹۰	۰/۹۰	۱

جدول(۳)ضریب‌های همبستگی بین پارامترهای آکوستیکی با هم در آزمون غیر مخرب آکوستیکی و هم‌چنین همبستگی بین این پارامترها با پارامتر نفوذسنجی در آزمون مخرب نفوذسنجی در دو گروه سیب های سالم و پوشش‌دار و سیب‌های ضربه خورده‌ی بدون پوشش آورده شده است. به‌طور کلی همبستگی بین پارامترهای آکوستیکی با هم، بیش از همبستگی این پارامتر ها با پارامتر نفوذسنجی در هر دو گروه سیب‌ها می باشد. نتایج این جدول‌ها هم‌چنین نشان می دهندکه بزرگ‌ترین همبستگی‌ها بین شاخص سفتی و ضریب الاستیسیته با مقدار۰/۹۹ و کم‌ترین همبستگی بین شاخص سفتی و شاخص نفوذ سنجی به میزان ۰/۸۷ می باشد.

نتیجه‌گیری

به طور کلی نتایج زیر را می توان از این تحقیق به‌دست آورد:

۱- در مدت ده هفته زمان نگه‌داری سیب‌های گلاب در چهار گروه سالم و بدون پوشش متیل سلولز ،سالم پوشش‌دار، ضربه خورده‌ی بدون پوشش و ضربه خورده‌ی پوشش‌دار در سردخانه، تمام پارامترهای اندازه گیری شده شامل: فرکانس طبیعی، شاخص

آکوستیک، ضریب الاستیسیته و سفتی نفوذ سنجی از خود کاهش نشان دادند معنی‌دار شدن این کاهش ها تا هفته‌ی هشتم بود و بعد از آن علی رغم معنی‌دار نبودن ، کاهش هم‌چنان ادامه داشت.

۲- در میان چهار گروه سیب‌ها ، سیب‌های سالم وپوشش‌دار به‌طور متوسط در آزمون‌های آکوستیکی نسبت به سیب‌های ضربه خورده‌ی بدون پوشش ۱۴٪ افزایش نشان دادند.

۳- هم‌چنین این سیب‌ها در آزمون نفوذ سنجی نسبت به سیب‌های مورد اشاره از سفتی بیش از ۴۰٪ برخوردار بودند.

۴- با توجه به محسوس‌تر بودن تغییرات پارامترهای آکوستبکی به‌خصوص پارامترهای شاخص آکوستیک و ضریب الاستیسیته به‌علت شیب بیش‌تر منحنی‌های آن‌ها نسبت به سفتی نفوذ سنجی ،می‌توان از این آزمون‌ها برای بررسی دقیق‌تر تغییرات سفتی در سیب‌های مورد آزمون در مدت زمان انبارداری استفاده کرد..

۵- همبستگی بین پارامترهای آکوستیکی بیش‌تر از همبستگی بین این پارامتر ها با پارامتر نفوذ سنجی بود.

سپاس‌گزاری

از همکاری صمیمانه‌ی موسسه‌ی تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی کرج، در فراهم آوردن امکانات اجرایی و آزمایشگاهی این تحقیق سپاس‌گزاریم.

منابع

1. Chen, H., F. Duprat, M. Grotte, D. Loonis, and E. Pietri. 1995. nfluence of the apple Deffect on the Frequency Response Spectra During Nondestructive Acoustic Sensing of Fruit Firmness. International Agrophysics. 9: 143-151.
2. Cherng, A P., and F. Ouyang. 2003. A Firmness Index for Fruits of Ellipsoidal Shape. Biosystems Engineering. 86(1): 35–44.
3. Costa, F., L. Cappellin, S. Longhi, W. Guerra, P. Magnago, D. Porro, C. Soukoulis, S. Salvi, R. Velasco, F. Biasioli, and F. Gasperi. 2011. Assessment of apple (Malus × domestica Borkh.) fruit texture by a combined acoustic-mechanical profiling strategy. Postharvest Biology and Technology. 6191): 21-28.
4. De Belie, N., S. Schotte, P. Coucke, and J. De Baerdemaeker. 2000. Development of an automated monitoring device to quantify changes in firmness of apples during storage. Postharvest Biology and Technology. 18:1-8.
5. De Ketelaere, B., M. S. Howarth, L. Crezee, J. Lammertyn, K. Viaene, I. Bulens, and J. D. Baerdemaeker. 2006. Postharvest firmness changes as measured by acoustic and low-mass impact devices: a comparison of techniques. Postharvest Biology and Technology. 41: 275–284.
6. Duprat, F., M. Grotte, E. Pietri, and D. Loonis. 1997. The acoustic impulse response method for measuring the overall firmness of fruit. Journal of Agricultural Enjineering Research. 66: 251 – 259.
7. Felföldi, J., and V. Zsom-Muha. 2010. Investigation of ripening process of fruit and vegetable samples by acoustic method. ISHS Acta Horticulturae. 858: 393-398.
8. Gómez, A. H., A. G. Pereira, W. Jun, and H. Yong. 2005. Acoustic testing for peach fruit ripeness evaluation during peach storage stage. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias. 14(2): 28-34.
9. Gómez, A. H., J. Wang, and A. G. Pereira. 2005. Impulse response of pear fruit and its relation to Magness-Taylor firmness during storage. Postharvest Biology and Technology. 35(2): 209-215.
10. Mehinagic, E., G. Royer, R. Symoneaux, and F. Jourjon. 2006. Relationship between apple sensory attribute and instrumental parameters of texture. Journal of Fruit and Omamental Plant Research. 14(2):25-37.
11. Molina-Delgado, D., S. Alegre, P. Barreiro, C. Valero, M. Ruiz-Altisent, and I. Recasens,. 2009. Addressing potential sources of variation in several non-destructive techniques for measuring firmness in apples. Biosystem Engineering. 104:33-46.
12. Tiplica, T., P. Vandewalle, S. Verron, C. Grémy-Gros, and E. Mehinagic. 2010. Identification of apple varieties using acoustic measurements. International Metrology Conference CAFMET. Cairo, Egypt.
13. Zdunek, A., J. Cybulska, D. Konopacka, and K. Rutkowski. 2010. New contact acoustic emission detector for texture evaluation of apples. Journal of Food Engineering. 99: 83–91.
14. Zdunek, A., and R. Ranachowski. 2006. Acoustiv emission in puncture test of apples during shelf-life. Electronic Journal of polish Agricultural Universities(EJPAU).
15. Zude, M., B. Herold, J. M. Roger, V. Bellon-Maurel, and S. Landahl. 2006. Non-destructive tests on the prediction of apple fruit flesh firmness and soluble solids content on tree and in shelf life. Journal of Food Engineering. 77(2): 254-260.

Storability evaluation of "GOLAB" apple with two acoustic and penetration methods

Mohammad Reza Bayati[1] Ali Rajabipour[1*] Hossein Mobli[1] Afshin Eyvani[2] Fojan Badii[2]

1- Phd Student and Professors of Department of Agricultural Machinery Engineering respectively, Tehran University, Karaj , Iran.
arajabi@ut.ac.ir
2- Research Assistant Professor and Research Associate Professor of Agricultural Engineering Research Institute respectively , Karaj , Iran.

Abstract

Effect storage of "GOLAB"apple in four groups: Intact and uncoated apples , intact and coated apples, bruised and uncoated apples and bruised and coated apples at 10 weeks of cold storage at 2˚C and 85%RH was studied by acoustic nondestructive and penetration destructive tests. Acoustic and penetration parameters including: Natural frequency, firmness index, elasticity coefficient and also penetration firmness were measured and evaluated each week. Statistical analysis of the results was carried out using Excel 2007 and SPSS 16 softwares and using Duncan test at 5% level , significant results were studied. The results showed that the acoustic and penetration parameters were decreased during storage and acoustic parameters and firmness in intact and coated apples were 14% and 40% higher compared to other apples.

.**Keywords:** Golab apple, non destructive tests , texture analyzer