

مطالعه اثرات ضربه های استاتیکی و دینامیکی بر سطح کوفتگی و تغییر پارامترهای فیزیولوژیک میوه سیب

آرمین زیارتیان^۱، محسن آزادبخت^{۲*} و عظیم قاسم نژاد^۳

- ۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه مکانیک بیوسیستم دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
 ۲- دانشیار گروه مکانیک بیوسیستم دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
 ۳- دانشیار گروه باغبانی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخچه مقاله	چکیده
دریافت: ۱۳۹۶/۰۲/۱۱ پذیرش نهایی: ۱۳۹۷/۰۵/۰۱	در این پژوهش ضربه‌های استاتیکی و دینامیکی و همچنین زمان انبارداری، به‌عنوان فاکتورهای مستقل در نظر گرفته شد و اثرات این عوامل، بر روی پارامترهای شیمیایی مهم، از جمله قند، اسیدیته و فنل اندازه‌گیری و سطح کوفتگی سیب، مورد بررسی قرار گرفت. مساحت کوفتگی با استفاده از تکنیک پردازش تصویر و به کمک نرم‌افزار ImageJ اندازه‌گیری شد. ضربه استاتیکی، به‌وسیله دستگاه نیرو- تغییر شکل انجام شد و شامل سه سرعت بارگذاری ۵، ۷ و ۱۰ mm/min و به مدت ۱ دقیقه بود. ضربه دینامیکی، به وسیله یک پاندول که انرژی وارد به سیب در اثر سقوط از ارتفاع را شبیه‌سازی می‌کرد به نمونه‌ها وارد شد. مقدار انرژی معادل ۲/۲۵، ۳ و ۳/۷۵ ژول بود. سیب‌های ضربه دیده در ۳ مدت زمان ۲۰، ۴۰ و ۶۰ روز نگهداری شدند، تا اثرات ضربه بر تغییرات پارامترهای شیمیایی اندازه‌گیری شده و همچنین سطح کوفتگی معین شود. آزمایش‌ها به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی و در ۳ سطح و ۳ تکرار انجام شد. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که تغییرات اسیدیته و سطح کوفتگی در مدت انبار مانی تحت ضربه استاتیکی و دینامیکی در سطح ۱ و ۵ درصد و برای فنل و قند کل به ترتیب در سطح ۵ و ۱ معنی‌دار بود؛ همچنین در این آزمایش، با گذشت زمان، به‌طور کلی میزان قند و اسیدیته کاهش و فنل و سطح کوفتگی افزایش یافت.
کلمات کلیدی: سیب، ضربه استاتیکی، ضربه دینامیکی، انبارمانی، کوفتگی، پارامترهای شیمیایی	
*عهده دار مکاتبات: Email: azadbakht@gau.ac.ir	

مقدمه

امروزه مصرف‌کنندگان، خواستار کیفیت بهتر و سازگاری بیشتر سیب، با طعم و بافت مناسب هستند. بهبود کیفیت میوه، می‌تواند تقاضا و تکرار خرید توسط مصرف‌کننده را بیشتر کند، و حاشیه سود برای صنعت را از طریق تفاوت قیمت برای درجه‌های کیفیت مختلف افزایش دهد. از این رو، روش‌های کنترل کیفیت و

بازرسی مناسب، باید برای مرتب کردن و درجه‌بندی برای کیفیت داخلی هر یک از میوه‌ها انجام شود. سیب در تمام طول سال در دسترس است؛ و به همین دلیل، به‌عنوان یک منبع بسیار مهم از متابولیت‌های گیاهی ثانویه، مانند پلی فنل‌ها در تغذیه انسان است. مصرف بالای متابولیت‌های گیاهی ثانویه، به نفع سلامت

انسان و در پیشگیری از بیماری های قلبی عروقی، سرطان، سکنه مغزی و پوکی استخوان نقش ایفا می کند (۵).
 صفات کیفی میوه، به غلظت متابولیت های اولیه از جمله قند، اسیدهای آلی و اسیدهای آمینه، همچنین متابولیت های ثانویه مانند رنگدانه، ویتامین ها و رایحه بستگی دارد. غلظت این ترکیبات، در طول دوره رشد میوه متفاوت است. مواد جامد محلول (SSC) یکی از ویژگی های درونی مهم است که تصمیم خرید مصرف کنندگان در میوه تازه سیب را تحت تاثیر قرار می دهد. این نیز یک پارامتر کلیدی در ارزیابی بلوغ سیب و تعیین زمان برداشت به حساب می آید (۱۲).

میزان کوفتگی، نقش کلیدی در مرحله تفکیک محصولات سالم و درجه بندی آن ها ایفا می کند. میزان تلفات میوه های مختلف، متفاوت است؛ برای مثال معمولاً میزان تلفات سیب بین ۱۰ تا ۲۵ درصد است؛ ولی در برخی از واریته ها این میزان تا ۵۰ درصد نیز گزارش شده است (۱۱). محققین دانشگاه میشیگان بر این باورند که ۳۵ درصد کوفتگی ها، در مراحل برداشت و حمل و نقل اتفاق می افتد (۷). تلاش و هزینه زیادی صرف افزایش عمل کرد محصول می شود؛ اما سود حاصل از افزایش تولید، با کاربرد عملیات نامناسب پس از برداشت که نتیجه آن افزایش ضایعات محصول است، به مخاطره می افتد. حمل و نقل نامناسب میوه ها، باعث ایجاد آسیب های مکانیکی بر روی آن ها می شود. شکل آسیب ها بستگی به ساختمان فیزیکی و بیولوژیکی محصول و نوع بار وارده (بار استاتیک، دینامیک و نوسانی) دارد. اگر وسیله حمل کننده، مناسب نباشد، هنگام حمل و نقل باعث تکان خوردن شدید میوه و برخورد آن با سطوح ماشین حمل کننده و یا دیگر میوه ها شده و در نتیجه باعث تغییر شکل بافت های آن می شود. اگر این تغییر شکل از حد تسلیم بیولوژیکی تجاوز کند، بافت در مدت کوتاهی تغییر رنگ داده و فاسد می شود و بدین ترتیب مواد کاملاً از بین خواهند رفت. محصولات فاسد شده در هنگام نگه داری در انبار، مواد سالمی را که با آن ها در تماس هستند را نیز به خطر خواهند انداخت (۱۴).

ایجاد صدمات مکانیکی، به سه روش عمده می تواند رخ دهد که آن سه روش، شامل فشار، ضربه و نیروی ارتعاشی یا سایشی است. نیروهای فشاری، طی برداشت می تواند توسط بردارنده ها (انگشت ها) و زمان انبار میوه ها در ته صندوق اعمال شوند. صدمات خارجی می تواند به علت وزن سیب های انباشته شده در سبدهای برداشت در صندوق های عمیق یا زمان جابجایی میوه توسط چنگک های حمل و نقل اتفاق بیفتد. در ایستگاه های بسته بندی میوه، فشار، ضربه و ارتعاش، می تواند در حین بسته بندی میوه در جعبه، به علاوه زمان شست و شو و موم مالی میوه، رخ دهد. نیروهای فشاری معمولاً طی حمل و نقل و انبار کردن به میوه اعمال می شوند. در نهایت وقتی میوه به بازار می رسد، بعضی خریداران به منظور بررسی سفتی و تازگی میوه، آن را فشار می دهند که باعث تورفتگی در میوه می شود (۱۳). سایش نتیجه حرکت سیب ها نسبت به یکدیگر است، که موجب خراشیدگی سطح می شود. این صدمات معمولاً در تسمه درجه بندی و حین حمل و نقل اتفاق می افتند. زمان حمل و نقل و حرکت محصول، ارتعاش منتقل شده، باعث صدمات سایشی روی پوست و لایه های زیرین سلول ها می شود. سطح بافت به علت اکسیداسیون آنزیمی محتویات سلول های آسیب دیده، تیره می شود. این محل یک درگاه ورودی برای قارچ و دیگر میکرو ارگانیسم های ناخواسته می شود (۶).

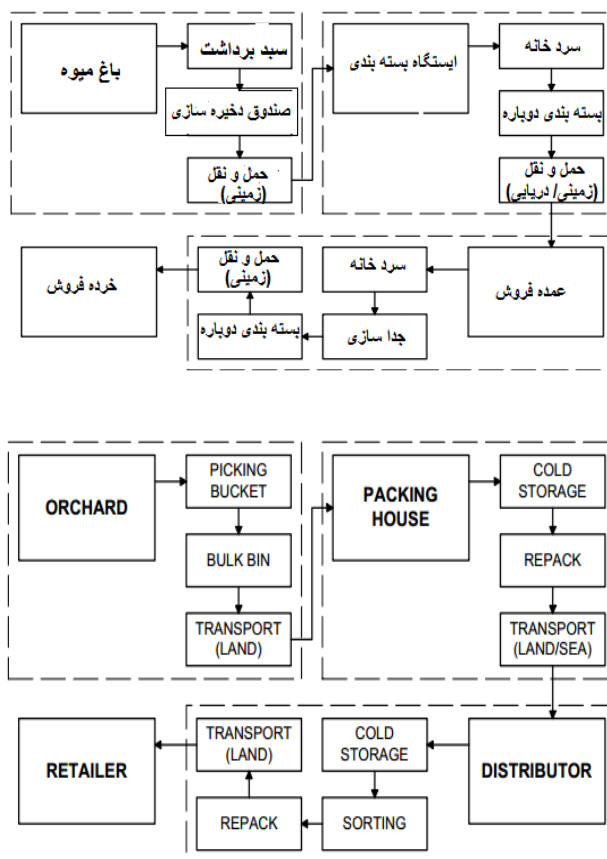
میوه ها بر خلاف مواد مهندسی، بافت های زنده ای هستند که پس از برداشت به حیات خود ادامه می دهند، بنابراین فرایندهای پس از برداشت مانند حمل و نقل و بسته بندی باید به صورتی انجام گیرد که آسیب کمتری به آن ها وارد شود. از بین محصولات کشاورزی، میوه ها و سبزیجات، کالاهایی هستند که به دلیل داشتن مقاومت کم، در پوسته و رطوبت بالا، دارای حساسیت بسیار بالا در برابر آسیب های مکانیکی هستند که هنگام فراوری به آن ها وارد می شود. برای حداقل رساندن ضایعات، نیاز به مدیریت صحیح پس از برداشت و فنون مناسب حمل و

سیب میوه‌ای بسیار آسیب پذیر و حساس است. مسیر سیب از باغ تا فروشگاه مسیر پیچیده ای است. (شکل ۱) در مراحل مختلف در این مسیر سیب تحت تأثیر فرایندهای مختلفی همچون برداشت، بسته‌بندی، جداسازی، درجه‌بندی، انبار و حمل و نقل می‌شود. طی این فرایندها، سیب تحت بارگذاری‌های استاتیکی و دینامیکی قرار می‌گیرد، که ممکن است منجر به صدمه شود. بارگذاری دینامیکی ممکن است یک ضربه باشد، که می‌تواند در حین برداشت و افتادن آن‌ها در سبدهای برداشت اتفاق افتد، و یا به صورت ارتعاش که ممکن است طی حمل و نقل رخ دهد.

نقل و نگهداری دارند. مقدار ضایعات بعد از برداشت میوه‌ها با توجه به کیفیت فرآیند حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد تخمین زده می‌شود (۳).

کوفتگی میوه، غالباً، در طی مراحل جابه‌جایی، حمل و نقل، بسته‌بندی به دلیل وارد شدن ضربه بر آن از طرف اجزاء متحرک ماشین‌ها و دیگر عوامل رخ می‌دهد. ضربات مکانیکی به‌عنوان عامل موثر و اصلی در تلفات پس از برداشت محصول شناخته شده‌اند. در طی مراحل پس از برداشت، بارهای دینامیکی در ایجاد کوفتگی در محصولات بیشتر موثرند. چون بارهای دینامیکی از لحاظ مقدار و وقوع، اثری بیشتر از بارهای استاتیکی دارند (۱۰) (۷).

همان‌طور که می‌دانید بازار در سراسر دنیا خواهان سیب سالم و با کیفیت می‌باشد؛ و این درحالی است که



شکل (۱) مسیر حمل و نقل سیب (لوئیز و همکاران، ۲۰۰۸)

Figure(1) Apple transportation route (Lewis, 2008)

افکاری سیاح و همکاران^۲ (۲۰۰۸) تاثیر رقم، انرژی ضربه ای و مدت زمان ذخیره سازی بر آسیب های مکانیکی سیب و حساسیت آن به ضربه مورد بررسی قرار دادند. نتایج به دست آمده، نشان داد که رقم گلدن دلشیز نسبت به رقم رد دلشیز از مقاومت بیشتری به ضربه برخوردار بود؛ همچنین بیشترین درصد ضایعات معادل ۸/۴ درصد از حجم کل سیب در سطح ۱۲۱۰ میلی ژول و در کمترین دوره انبارداری (۱۲ روز پس از برداشت) مربوط به رقم رد دلشیز بود. بر اساس نتایج به دست آمده با افزایش انرژی سینتیک در هر دو رقم مورد بررسی، درصد کوفتگی افزایش یافت؛ اما قابلیت کوفتگی تغییر معنی داری نکرد و تنها به طور محسوسی در دوره ۱۲ روز پس از برداشت افزایش یافت (۱).

آزادبخت و همکاران^۳ (۲۰۱۵) برخی از عوامل موثر بر میزان سطح کوفتگی سیب، از جمله ارتفاع سقوط، جنس سطح برخورد و همچنین انبارداری در دمای اتاق مورد بررسی قرار دادند. تاثیر این عوامل بر کوفتگی سیب در سه سطح ارتفاع سقوط ۰/۵، ۱ و ۱/۵ متر و سه سطح برخورد چوب، پلاستیک، خاک با ضخامت یکسان ۹ میلی متر مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. نتایج آزمایش های آن ها نشان داد تاثیر ارتفاع و جنس سطح برخورد بر سطح کوفتگی در سطح ۱ درصد معنا دار است ($p < 0/1$). اما اثر انبارداری معنادار نشده است. با کاهش ارتفاع سطح کوفتگی نیز کمتر شد. در ارتفاع ۴۴ cm سطح کوفتگی برابر $456/42 \text{ mm}^2$ و در ارتفاع ۱۵ cm برابر $159/63 \text{ mm}^2$ حاصل شد. همچنین مشاهده کردند که با تغییر سطح برخورد از خاک به چوب سطح کوفتگی از $3/3 \text{ mm}^2$ به $3/7 \text{ mm}^2$ تغییر کرد (۲).

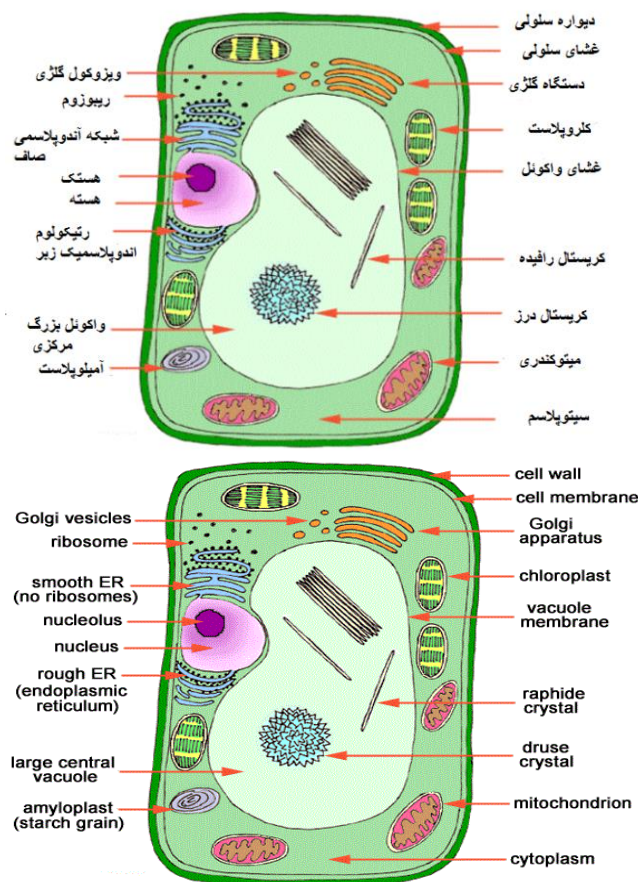
آسیب مکانیکی در انواع میوه و سبزی، در اثر تنش های تماسی تحت بارهای استاتیکی، شبه استاتیکی و ضربه ای ایجاد و موجب کاهش کیفیت محصول و ارزش اقتصادی آن می شود. کوفتگی در سیب، در واقع شکست بافت آن (گوشت)، در نزدیکی رویه میوه تحت بارهای فشاری یا ضربه ای است. اثر اولیه نیروهای فشاری وارد شده به میوه، روی سیستم غشایی سلول های تشکیل دهنده گوشت سیب است شکل (۲). یک نقش مهم غشاء جداسازی اجزای مایع درون سلولی است. وقتی که یک قسمت گیاه صدمه فیزیکی می بیند، غشاها صدمه دیده و دیگر آن ها نمی توانند وظیفه خود را انجام دهند. در نتیجه، صدمه می تواند موجب مخلوط شدن آنزیمهای موجود در سیتوپلاسم با مولکول های (فنولیک) موجود در واکوئول شود و این واکنش منجر به ایجاد لکه های قهوه ای رنگ مرتبط با کوفتگی می شود.

ظریف نشاط و همکاران^۱ (۲۰۱۳) از حجم کوفتگی به عنوان شاخص صدمه کوفتگی استفاده کردند. جهت ارزیابی مدل تابع پایه شعاعی و مدل رگرسیونی در پیش بینی حجم کوفتگی سیب، علاوه بر رگرسیون خطی، از بعضی آزمون های آماری نظیر مقایسه میانگین ها، واریانس و توزیع آماری بین داده های واقعی و داده های پیش بینی شده، به وسیله مدل شبکه عصبی مصنوعی تابع پایه شعاعی استفاده کردند. نتایج نشان داد که مقادیر واقعی و پیش بینی شده حجم کوفتگی سیب به خوبی با متوسط قدرمطلق درصد خطای (MAPE) کمتر از ۲/۸۲ درصد برآزش شده اند ($R^2 > 0/9$). تفاوت معنی داری بین مقادیر واقعی و پیش بینی شده حجم کوفتگی سیب با استفاده از مدل ها وجود نداشت؛ همچنین نتایج آن ها نشان داد که مدل تابع پایه شعاعی، نسبت به مدل رگرسیونی از دقت بالاتری در پیش بینی حجم کوفتگی سیب برخوردار است (۱۵).

2- Afkari Sayyah et al.

3- Azadbakht et al.

1- Zarifneshat et al.



شکل (۲) سلول گیاهی (لوئیز و همکاران، ۲۰۰۸)

Figure (2) Plant Cell (Lewis, 2008)

در مجموع، بسته‌بندی پلاستیکی به دلیل تغییرات فیزیکی‌شیمیایی کمتر، نسبت به دو بسته‌بندی دیگر در ارجحیت بود و هر دو رقم تا ماه هشتم انبارمانی از لحاظ کیفیت شیمیایی و فیزیکی خوب باقی ماندند.

اسیدیته در تعیین طعم میوه تاثیرگذار است و قند نیز یک پارامتر مهم در تعیین بلوغ میوه است؛ همچنین نقش مهمی در مزه میوه دارد. فنل نیز از جمله پارامترهایی است که به‌عنوان شاخصی برای میزان آنتی‌اکسیدان به کار می‌رود. با این توصیف هر سه از پارامترهای مهم هستند. همچنین کوفتگی نیز به شدت بازار پسندی میوه جات را تحت تاثیر قرار می‌دهد، بنابراین هدف از انجام این پژوهش، مطالعه اثر ضربه بر این چهار پارامتر که نقش مهمی در کیفیت نهایی محصول دارند، است.

دخانی و بهشتی (۲۰۰۴) تغییرات قندهای اصلی و اسیدهای آلی دو رقم سیب درختی زرد لبنانی (Golden delicious) و قرمز لبنانی (Red delicious) را بررسی کردند. ارزیابی قندهای اصلی ساکارز، گلوکز و فروکتوز با دستگاه HPLC نشان داد که قند غالب در هر دو رقم فروکتوز بود و سیب زرد لبنانی، ساکارز بیشتر و گلوکز کمتری نسبت به قرمز لبنانی داشت و میزان این سه قند در هر سه نوع بسته‌بندی و در هر دو نوع رقم با پیشرفت دوره انبارمانی کاهش یافت. ارزیابی اسیدهای آلی سیتریک و المالیک با دستگاه HPLC نشان داد که اسید آلی غالب در هر دو رقم المالیک بود. میزان اسید سیتریک در سیب زرد لبنانی، در ماه دوم و در سیب قرمز لبنانی در ماه اول، در هر سه بسته‌بندی به حداکثر خود رسید و سپس تا ماه هشتم در هر سه بسته‌بندی و هر دو رقم حداقل بود.

در واقع ضربه دینامیکی، شبیه سازی ضربات ناگهانی وارده، هنگام سقوط از درخت یا در هنگام حمل و نقل است که در طی مراحل مختلف از برداشت تا رسیدن به دست مصرف کننده، می تواند رخ دهد. در سازو کار این دستگاه، از قانون پایستگی انرژی استفاده شد؛ به این صورت که مجموع انرژی پتانسیل و جنبشی در حالت A با مجموع انرژی پتانسیل و جنبشی در حالت B برابر است (از مقاومت هوا صرفه نظر شد).

$$\Delta_{1-2} = \Delta(T + V_g) \quad (1)$$

(۲)

$$\Delta v_g = Mg[h_1 - h_3] = Mg[h_1 - (h_1 - h_2)]$$

در روابط بالا T انرژی پتانسیل، V_g انرژی جنبشی، M جرم وزنه ها، h_1 ارتفاع اولیه وزنه و h_2 ارتفاع پس از برخورد است.

انرژی با توجه به وزن متوسط ۱۵۰ گرم و ارتفاع سقوط معمول ۱/۵، ۲ و ۲/۵ متر در نظر گرفته شد. شکل ۴ نمایی شماتیک از نحوه اعمال ضربه دینامیکی را بر روی نمونه ها نشان می دهد.

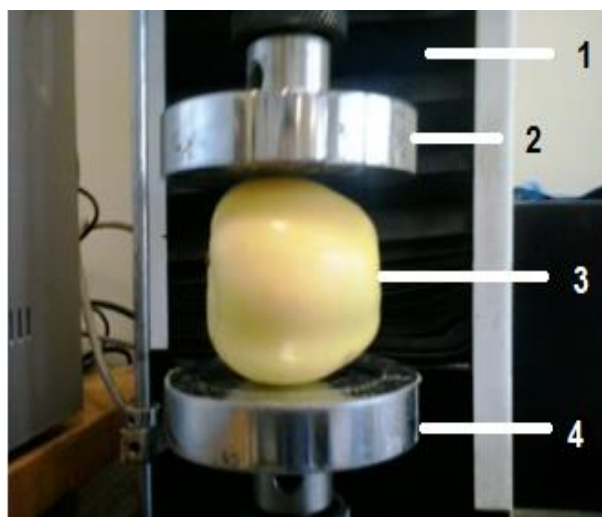
مواد و روش ها

سیب رقم گلدن دلشز پس از خریداری در بازار محلی شهر گرگان به آزمایشگاه انتقال داده شد. نمونه ها تحت دو نوع ضربه، استاتیکی و دینامیکی قرار گرفتند.

ضربه استاتیکی

برای انجام آزمون ضربه استاتیکی، از دستگاه نیرو- تغییر شکل با نام تجاری اینسترون سنتام - Santam-STM5 با لود سل ۵۰۰ نیوتنی استفاده شد. برای این منظور، از دو صفحه دایره ای شکل استفاده شد این نوع ضربه شبیه ساز بارهای استاتیکی وارده به سیب هنگام ذخیره سازی در طی فرآیند تولید تا مصرف است که در شکل (۳)، نشان داده شده است. سرعت در بارگذاری استاتیکی ۵ و ۷ و ۱۰ میلی متر بر دقیقه به وسیله جابه جایی فک متحرک از زمان شروع برخورد به مدت ۱ دقیقه انجام شد.

ضربه دینامیکی

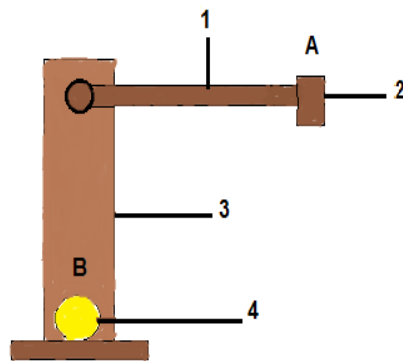


شکل (۳) ضربه استاتیکی

۱- دستگاه اینسترون ۲- فک متحرک ۳- نمونه ۴- فک ثابت

Figure (3) Static Impact

1- Instron device 2- Moving jaw 3- sample 4- Fixed jaw



شکل (۴) ضربه دینامیکی

۱- بازوی متحرک ۲- وزنه ۳- قاب دستگاه ۴- نمونه

Figure (4) Dynamic impact

1- Moving arm 2- Wight 3- Frame 4- Sample

روش انجام آزمایش

پس از اعمال ضربه‌های استاتیکی و دینامیکی به نمونه‌ها، پس از هر دوره های انبارمانی که ۲۰، ۴۰ و ۶۰ روز بودند از نمونه ها عکس برداری شد. تصاویر به کمک یک دوربین کانن EOS 5DS R با کیفیت و رزولوشن بالا ۵۱ مگاپیکسلی ساخت کشور چین گرفته شد تا تضاد رنگی بین ناحیه صدمه دیده و قسمت های سالم بهتر دیده شود. مساحت کوفتگی با استفاده از تکنیک پردازش تصویر و به کمک نرم افزار ImageJ اندازه گیری شد. Image J یک نرم افزار قدرتمند آنالیز تصاویر است که اخیرا کاربرد وسیعی در علوم مختلف، از جمله متالورژی، بیولوژی و صنایع غذایی پیدا کرده است. در انتهای هر بازه زمانی علاوه بر سطح کوفتگی پارامترهای شیمیایی قند، اسیدپتید و فنل اندازه گیری شدند. این آزمایش‌ها در آزمایش گاه علوم باغبانی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شد.

سیستم ماشین بینایی برای تعیین مساحت کوفتگی

این سیستم، متشکل از دو قسمت سخت افزار و نرم افزار است. قسمت سخت افزار از رایانه، دوربین و محفظه عکس برداری تشکیل شده است. دوربین به وسیله

کابل رابطی به رایانه متصل شد و تصاویر گرفته شده در حافظه دائمی رایانه ذخیره می‌شد. رایانه استفاده شده، دارای سیستم عامل ویندوز هفت، واحد پردازشگری مرکزی پنج هسته‌ای و رم چهار گیگابایتی بود. رایانه مرکز تصمیم‌ها و پردازش است و از مرحله اخذ تصویر تا مرحله پایانی، یعنی خروجی اطلاعات مهم‌ترین نقش را دارد. دوربین استفاده شده یک دوربین عکس برداری کانن ساخت ژاپن بود که به طور عمودی درون جعبه عکس برداری نصب شد. جعبه عکس برداری به این دلیل استفاده شد که همه عکس‌ها باید در شرایط ثابت از نظر شدت نور محیط اطراف و فاصله سیب‌ها از دوربین گرفته شوند. اتاقک از جنس چوب و به شکل مکعبی به ابعاد ۴۵×۴۵×۴۵ که فقط یک سطح آن باز است، ساخته شد. برای روشنایی درون جعبه، از سه لامپ مهتابی هشت وات که به سقف جعبه و در اطراف دوربین به شکل مثلث نصب شده بودند، استفاده شد. نرم افزار Image J یک نرم افزار قدرتمند آنالیز تصویر است و کاربردهای مختلفی دارد. این نرم افزار توانایی، محاسبه آماری مقادیر مساحت و پیکسل‌های بخش‌های انتخاب شده از تصویر توسط کاربر را دارد.

اندازه گیری اسیدیته

برای اندازه گیری اسیدیته میوه، ابتدا آب میوه را گرفتیم مقدار ۱۰ سی سی از آن برداشتیم و وزن آن را به دست آوردیم و به ۷۰ میلی لیتر آب مقطر اضافه کردیم، سه قطره فنول فتالین اضافه کردیم، سپس در داخل استوانه مربوط به تیتراسیون اسید سود (NaOH) ریختیم و به آرامی شیر آن را باز کردیم تا داخل محلولی که از آب میوه ساخته شده، ریخته شود. هنگامی که رنگ محلول به صورتی روشن تبدیل شد شیر را فوراً بسته و عدد مربوطه قرائت شد و با استفاده از فرمول (۳) میزان اسیدیته مشخص شد (۹).

$$(۳) \quad \text{مجموع سود مصرفی} \times \frac{100 \times 0.007}{\text{وزن آبمیوه}} = \text{اسیدیته}$$

اندازه گیری فنل

برای اندازه گیری فنل، ۱ گرم نمونه را از سیب برداشته و به آن ۱۰ سی سی متانول ۸۰ درصد اضافه شد. بعد لازم است تا نمونه ها به مدت ۲۴ ساعت بر روی شیکر قرار گیرند. بعد از گذشت این مدت، نمونه ها را صاف کرده و مقدار ۲۰ میکرولیتر از آن برداشته شد. (برای شاهد ۲۰ میکرولیتر آب مقطر بر داشته می شود). ۱/۱۶ میلی لیتر آب مقطر اضافه می شود و سپس ۱۰۰ میکرولیتر فولین و بعد از گذشت ۵ دقیقه ۳۰۰ میکرولیتر سدیم کربنات ۲۰ درصد اضافه می شود، محلول حاصل به مدت ۳۰ دقیقه و با دمای ۴۰ درجه سانتی گراد داخل بن ماری گذاشته شد. بعد از بیرون آوردن نمونه ها دستگاه اسپکتروفتومتر را روی طول موج ۷۶۰ نانومتر قرار داده، به کمک شاهد صفر شد. نمونه ها یک به یک داخل دستگاه گذاشته شد و اعداد مربوطه قرائت گردید. در نهایت اعداد بر اساس میلی گرم اسید گالیک در گرم ماده خشک گزارش شد (۹).

اندازه گیری قند کل

مقدار ۰/۱ گرم از سیب آسیب دیده برداشته شد و در هاون به طور دستی له شد؛ سپس ۵ میلی لیتر HCl ۲/۵ نرمال به آن اضافه شده و به مدت ۳ ساعت در بن

ماری با دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد قرار گرفت. نمونه ها از داخل بن ماری بیرون آورده شد و بعد از کمی سرد شدن به آن ها بی کربنات سدیم اضافه شد تا جوش نمونه ها از بین رود؛ سپس نمونه ها را داخل استوانه مدرج ریخته، حجم به ۱۰۰ میلی لیتر رسانده شد. مقدار ۰/۵ سی سی از محلول حاصل برداشته ۰/۵ سی سی آب اضافه شد، (لازم به ذکر است برای شاهد به جای ۰/۵ سی سی عصاره ۰/۵ سی سی آب مقطر ۱ سی سی آب مقطر برداشته و بقیه مراحل به همان شکل انجام می شود). مقدار ۴ میلی لیتر آنترون اضافه شده و به مدت ۸ دقیقه محلول داخل بن ماری با دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد گذاشته شد. سپس نمونه ها را بیرون آورده، دستگاه اسپکتروفتومتر را روی طول موج ۶۳۰ نانومتر تنظیم کرده و قبل از اینکه نمونه ها داخل دستگاه گذاشته شود به کمک شاهد عدد نمایشگر دستگاه را صفر کرده و نمونه ها یک به یک داخل اسپکتروفتومتر گذاشته شده و اعداد مربوطه قرائت شد (۹).

آنالیز آماری

فرض صفر در انجام آزمایش ها عبارت بود از برابری مقادیر فیزیولوژیکی میوه سیب، قبل و بعد از بارگذاری. با انجام آزمایش ها فرض صفر رد شد و تحلیل های مناسب انجام گردید. نتایج توسط نرم افزار SAS و در قالب طرح کاملاً تصادفی و با آزمایش فاکتوریل تحلیل شدند.

نتایج و بحث

اسیدیته

جدول ۱، آنالیز واریانس تغییرات پارامترهای شیمیایی اندازه گیری شده و سطح کوفتگی را تحت ضربه و مدت نگهداری نشان می دهد. همان طور که مشخص است در آنالیز واریانس تغییرات اسیدیته تحت ضربه استاتیکی و مدت انبارمانی در سطح ۱ درصد معنی دار بود. و در ضربات دینامیکی مدت انبارمانی در سطح ۵ درصد و اثر متقابل ضربه و مدت انبارمانی در سطح ۱ درصد معنی دار بوده و اثر ضربه دینامیکی بر

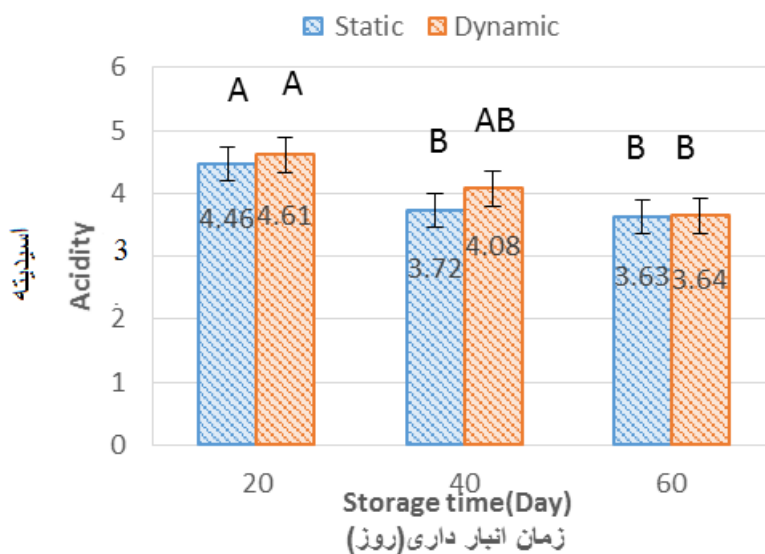
شکل ۵، نشان می‌دهد در مجموع میزان اسیدیته با گذشت زمان کاهش یافت. در ضربه استاتیکی در فاصله بین ۲۰ تا ۴۰، روز تفاوت معنی‌دار ایجاد شده ولی دوره انباز مانی ۴۰ و ۶۰ روز از نظر میزان اسیدیته تفاوت معنی‌داری ندارند. در ضربه نوع دینامیکی دوره ۴۰ روزه با هیچکدام از دو دوره دیگر تفاوتی ندارد ولی دوره ۲۰ روزه و ۶۰ روزه باهم اختلاف معنی‌دار دارند.

اسیدیته معنی‌دار نبوده است. مجموع اسید آلی موجود در میوه سیب تحت تاثیر رسیدن میوه در مرحله انبارداری قرار دارد، از این رو انتظار براین است از میزان برخی از اسیدهای آلی سیب مثل اسید مالیک کاسته شود؛ اگرچه روند کاهش میزان اسید آلی در میوه‌های سالم وجود دارد؛ با این وجود، وارد شدن هرگونه آسیب فیزیکی از طریق افزایش شدت تنفس سیب، باعث تسریع در کاهش این ترکیبات می‌شود.

جدول (۱) نتایج مربوط به آنالیز واریانس اسیدیته در اثر ضربه
Table (1) Analysis of variance of acidity in effect of the impact

دینامیکی Dynamic		استاتیکی Static		منابع تغییر Sources of variation	
درجه آزادی df	میانگین مربعات MS	F	میانگین مربعات MS	F	
2	2.44	4.47*	6.64	13**	زمان انبارداری Storage time
2	0.1	0.19 ^{ns}	0.37	0.73 ^{ns}	ضربه Impact
4	2.37	4.43**	0.88	1.73 ^{ns}	زمان انبارداری × ضربه Storage time × Impact

** و * به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد (LSD) و ns عدم اختلاف معنی‌دار



شکل (۵) تغییرات میزان اسیدیته با گذشت زمان

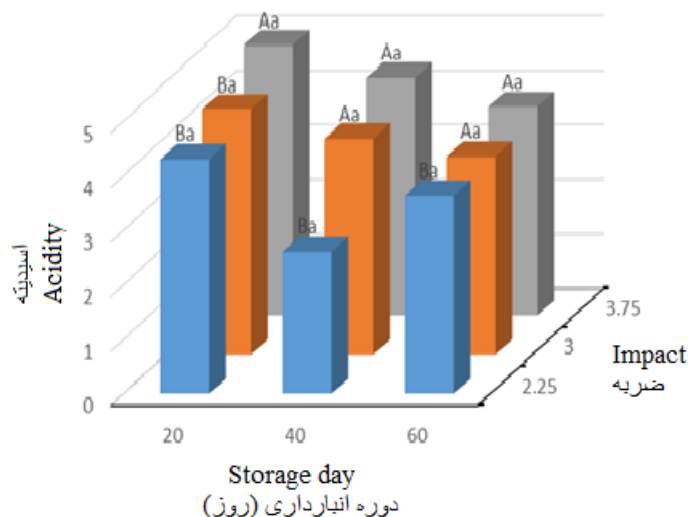
Figure (5) Acidity rate changes with time

ضربه به ۳ و ۳/۷۵ نیوتن، تغییرات معنی داری در میزان اسیدیته میوه ذخیره شده به وجود آمده است.

فصل

آنالیز واریانس ضربه استاتیکی و مدت نگهداری را بر روی میزان فنل نشان می دهد که تنها اثر مدت نگهداری در سطح ۵ درصد معنی دار بود. تغییرات فنل در هر دو نوع ضربه، برای مدت انبارداری تفاوت معنی دار نشان داد. تحت تاثیر آسیب ناشی از ضربه دیواره سلولی آسیب دیده و فنل از واکوئل آزاد می شود. واکنش فنل با اکسیژن تحت تاثیر آنزیم هایی، مانند پلی فنل اکسیداز سیب باعث قهوه ای شدن بافت می شود؛ و در ضربه دینامیکی تغییرات فنل در سطح ۱ درصد معنی دار است.

شکل ۶، نمودار اثر متقابل مدت نگهداری و ضربه دینامیکی تغییرات اسیدیته میوه سیب را نشان می دهد. تنها در روز اول انبارداری تفاوت معنی داری در میزان اسیدیته مشاهده شد. به طوری که تفاوت معنی داری بین نیروی وارده ۲/۲۵ و ۳ نیوتن وجود نداشت. با افزایش نیروی ضربه به ۳/۷۵ نیوتن، افزایش معنی داری در تجمع اسید آلی میوه صورت گرفت. از نتایج ارائه شده در شکل ۶، استنباط می شود که تحت تاثیر ضربه به میزان ۲/۲۵ نیوتن، میزان اسیدیته در زمان های مختلف انبارداری تقریباً ثابت بوده است؛ به عبارتی، تفاوت معنی داری مشاهده نشده است. در مقابل با افزایش نیروی



شکل (۶) اثر متقابل مدت نگهداری و ضربه دینامیکی تغییرات اسیدیته میوه سیب

حروف مشابه بزرگ عدم معنی داری در یک روز انبار داری
حروف مشابه کوچک عدم معنی داری در یک نیروی بار گذاری

Figure (6) Effect of interaction between storage time and dynamic impact on acidity

جدول (۲) نتایج مربوط به آنالیز واریانس فنل در اثر ضربه

Table (2) Analysis of variance of phenol due to impact

دینامیکی		استاتیکی		منابع تغییر
Dynamic		Static		Sources of variation
درجه	میانگین	F	میانگین مربعات	F
آزادی	مربعات		MS	
df	MS			

2	0.19	4.75**	0.097	5.5*	زمان انبارداری Storage time
2	0.09	2.18 ^{ns}	0.004	2.95 ^{ns}	ضربه Impact
4	0.02	0.54 ^{ns}	0.068	0.31 ^{ns}	زمان انبارداری × ضربه Storage time × Impact

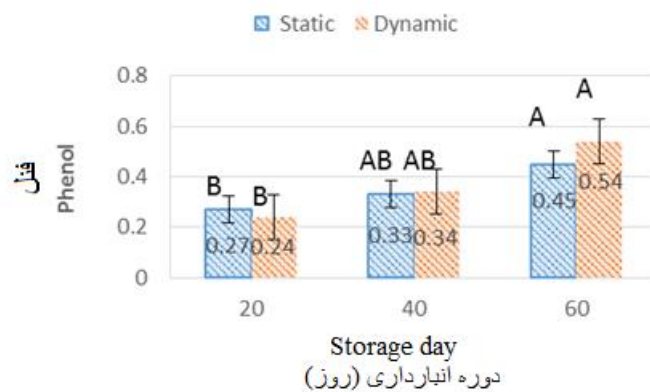
** و * به ترتیب اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد (LSD) و ns عدم اختلاف معنی دار

روی قند کل نشان می دهد که تنها اثر مدت نگهداری در سطح ۱ درصد روی قند کل تاثیر دارد. در این آزمایش در طی انبارمانی سیب که با ضربه دینامیکی و استاتیکی همراه بود، در هر دو نوع ضربه با افزایش مدت زمان انبارداری، میزان قند کل کاهش یافت؛ به دلیل اینکه میوه برداشت شده هنوز زنده است، و آسیب وارده شده سبب افزایش تنفس آن شده که در اثر تنفس، ذخایر کربوهیدراتی میوه مصرف شده که به سوخت نیاز دارد، این سوخت قند کل میوه است. این نتیجه با یافته های دخانی و بهشتی (۲۰۰۴) مشابه است.

با توجه به شکل ۷، بعد از ضربه و با افزایش مدت نگهداری میزان فنل افزایش پیدا کرد. روند افزایش به این ترتیب بود که برای هر دو نوع ضربه استاتیکی و دینامیکی میزان فنل در دوره انبارداری ۴۰ روزه با دوره های ۲۰ و ۶۰ روز اختلاف معنی داری نداشت ولی دوره های ۲۰ و ۶۰ روزه با هم اختلاف معنی داری داشتند.

قند کل

اثر ضربه استاتیکی و مدت نگهداری بر قند کل نیز مورد مطالعه قرار گرفت. بر اساس نتایج، تنها اثر مدت نگهداری در سطح ۵ درصد بر قند کل معنی دار بود. آنالیز واریانس ضربه دینامیکی و مدت نگهداری را بر



شکل (۷) تغییرات میزان فنل با گذشت زمان

Figure(7) Phenol rate changes with time

جدول (۳) نتایج مربوط به آنالیز واریانس قند کل در اثر ضربه

Table (3) Analysis of variance of sugar due to impact

دینامیکی Dynamic		استاتیکی Static		منابع تغییر Sources of variation	
درجه آزادی df	میانگین مربعات MS	F	میانگین مربعات MS	F	
2	0.28	8.38**	0.72	4.57**	زمان انبارداری Storage time

زیارتبان و همکاران: مطالعه اثرات ضربه های استاتیکی و ...

2	0.03	1.03 ^{ns}	0.05	0.36 ^{ns}	ضربه
4	0.04	1.18 ^{ns}	0.09	0.57 ^{ns}	Impact زمان انبارداری × ضربه
					Storage time × Impact

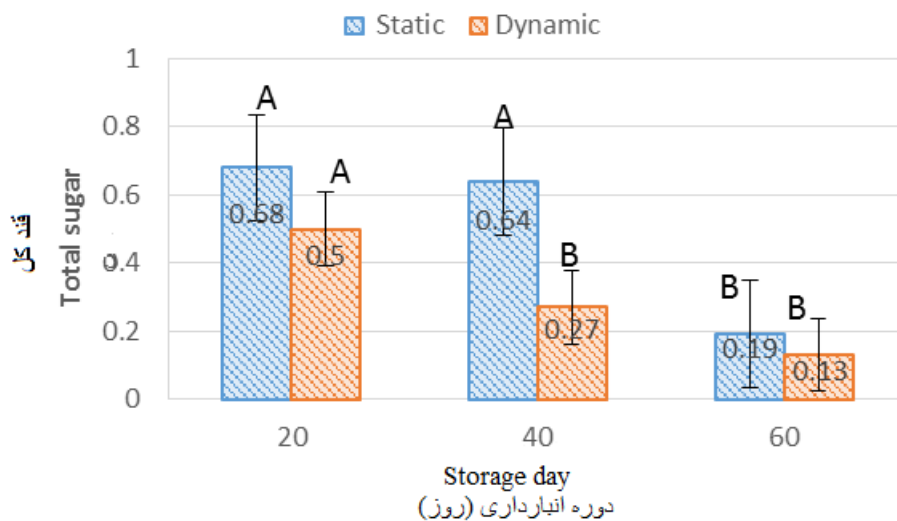
** و * به ترتیب اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد (LSD) و ns عدم اختلاف معنی دار

در ضربه دینامیکی سطح ۵ درصد و در نوع استاتیکی در سطح ۱ درصد معنی دار بوده است. همان طور که در شکل ۹ مشخص است، مساحت کوفتگی برای هر دو نوع ضربه استاتیکی و دینامیکی با گذشت زمان افزایش یافته، این افزایش بین زمان ۲۰ تا ۴۰ روز کمتر محسوس بوده و اختلاف معنی داری نداشتند ولی با گذشت ۶۰ روز از ضربه وارده، افزایش چشمگیری داشت، و میزان کوفتگی در دوره انبارمانی ۶۰ روزه با ۲ دوره قبلی اختلاف معنی داری داشت.

شکل ۸، روند تغییرات قند کل را بعد از ضربه در طی مدت انبار مانی نشان می دهد. سیب هایی که ضربه استاتیکی به آن ها وارد شده بود. در دوره ۲۰ تا ۴۰ روز تغییرات چشمگیر نبودند، ولی با گذشت ۶۰ روز قند کل به میزان قابل توجهی کاهش یافت به طوری که اختلاف معنی داری با ۲ دوره قبلی داشت. در ضربه دینامیکی به طور کلی کاهش قند کل بیشتر بود؛ همچنین اختلاف دوره های ۴۰ و ۶۰ روزه معنی دار نبود ولی با دوره ۲۰ روزه اختلاف معنی داری داشتند.

سطح کوفتگی

جدول ۴، آنالیز واریانس ضربه و مدت نگهداری را بر روی سطح کوفتگی نشان می دهد. تنها زمان انبارمانی



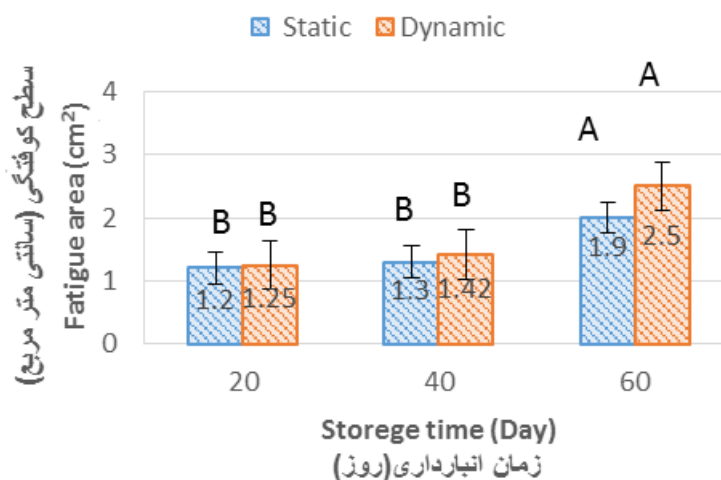
شکل (۸) تغییرات میزان قند کل با گذشت زمان
Figure(8) Sugar rate changes with time

جدول (۴) نتایج مربوط به آنالیز واریانس سطح کوفتگی در اثر ضربه
Table (4) Analysis of variance of fatigue area due to impact

دینامیکی Dynamic		استاتیکی Static		منابع تغییر Sources of variation
درجه	میانگین مربعات	F	میانگین	F

df	MS	مربعات	MS	df	MS
2	0.44	4.8*	0.62	2	5.6**
2	0.1	0.44 ^{ns}	0.15	2	0.82 ^{ns}
4	0.22	0.92 ^{ns}	0.2	4	1.5 ^{ns}

** و * به ترتیب اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد (LSD) و ns عدم اختلاف معنی دار



شکل (۹) تغییرات میزان سطح کوفتگی با گذشت زمان

Figure(9) Fatigue area rate changes with time

آسیب وارده به میوه شود ضروری است. اسیدیته میوه نیز، در طول انبار داری بعد از اعمال ضربه، تغییرات معنی داری داشت که می تواند بر روی مزه میوه و در نتیجه بازاری پسندی آن تاثیر منفی بگذارد؛ همچنین نتایج زیر از این پژوهش حاصل شد:

بیشترین میزان اسیدیته در آزمایش های ضربه استاتیکی و دینامیکی در دوره انبارمانی ۲۰ روزه به ترتیب معادل ۴/۴۶ و ۴/۶۱ و کمترین آن ۳/۶۳ و ۳/۶۴ برای دوره ۶۰ روزه بود.

بیشترین میزان فنل در آزمایش های ضربه استاتیکی و دینامیکی در دوره انبارمانی ۶۰ روزه به ترتیب معادل ۰/۴۵ و ۰/۵۴ میلی گرم بر گرم ماده خشک و کمترین آن ۰/۲۷ و ۰/۲۴ میلی گرم بر گرم ماده خشک در دوره ۲۰ روزه بود.

نتیجه گیری

از آزمایش اثر ضربه، این نتیجه حاصل شد که در هر دو نوع ضربه دینامیکی و استاتیکی با افزایش مدت انبارمانی مساحت کوفتگی افزایش یافت. با افزایش زمان نگهداری میزان قند کل کاهش پیدا کرده است، قند یکی از پارامترهای مهم در تعیین کیفیت میوه ها است. برای جلوگیری از کاهش بیش از حد قند و در نتیجه کیفیت میوه، باید زمان نگهداری را تا حد ممکن کاهش داد. فنل نیز در طی مدت انبار داری بعد از اعمال ضربه افزایش پیدا کرد، اکسید شدن آن در مجاورت هوا، باعث ایجاد ترکیبات سمی می شود که برای سلامت انسان خطرناک است؛ بنابراین استفاده از بسته بندی های دارای ضربه گیر و همچنین بالا بردن کیفیت برداشت و حمل و نقل پس از برداشت؛ به نحوی که باعث کاهش

بیشترین میزان قند کل در آزمایش های ضربه استاتیکی و دینامیکی در دوره انبارمانی ۲۰ روزه به ترتیب ۰/۵۸ و ۰/۵ و کمترین آن ۰/۱۹ و ۰/۱۳ در دوره ۶۰ روزه بود.

بیشترین میزان سطح کوفتگی در آزمایش های ضربه استاتیکی و دینامیکی در دوره انبارمانی ۶۰ روزه به ترتیب ۲/۵ و ۱/۹ سانتی متر مربع و کمتری آن در دوره ۲۰ روزه به ترتیب معادل ۱/۲ و ۱/۷۵ بود.

منابع

1. Afkari Sayyah, A.H. Esmailian, M. Minaei, S. Pirayesh, A. 2008. The Effect of Mechanical Loads on Apple Damage after Storage. *Journal of Food Science and Technology*, 5:3. 37-44. (In persian)
2. Azadbakht, M. Aghili, H. Asghari, A. Kiapey, A. 2015. Determining the Fatigue Level of the Apple (Yellow Delicious Var.) in a fall from a Height onto the Surface of Various Materials using Image Processing. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*, 4:11.1-5.
3. Barchi, G.L. Berardinelli, A. Guarnieri, A. Ragni, L. Fila, T.C. 2002. Damage to Loquats by Vibration-simulating Intrastate Transport. *Biosystem Engineering*, 82:3. 305-312.
4. Dokhani, Sh. Beheshti, R. 2004. HPLC Analysis of Dominant Sugars and Organic Acids of Two Apple Cultivars from Semrom Region in Packages During Cold Storage. *JWSS - Isfahan University of Technology*, 7: 4. 169-184. (In persian)
5. Fernandez, M.S. Villano, D. Troncoso, A.M. Garcia-Parrilla, M.C. 2008. Antioxidant activity of phenolic compounds: From in vitro results to in vivo evidence. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48:7. 649-671.
6. Kampp, J. Nissen, G. 1990. Impact damage susceptibility of Danish apples. Paper presented at International Work shop, Impact damage in fruit and vegetables. Pp: 28-29.
7. Kupferman, E. 2006. Minimizing bruising in apples, Postharvest Information Network, Washington State University, Tree Fruit Research and Extension Center.
8. Lewis, R. A. Yoxall. M. Marshall, B. and Canty. L. A. 2008. Characterizing pressure and bruising in apple fruit. *Wear* 264(1-2), 37-46.
9. Mashayekhi, K. Atashi, S. 2016. Guide plant physiology experiments (studies before and after harvest) Mashayekhi, Agricultural Education Research Publications, 978-600-8248-64-4.
10. Mohsenin, N.N. 1986. Physical Properties of Plant and Animal Materials. Gordon and Breach Science Publishers, New York.

11. Peleg, K. Hinga, S. 1986. Simulation of vibration damage in produce transportation. Transactions of the ASAE - American Society of Agricultural Engineers, 29:1. 633–641.
12. Peng, Y. Lu, R. 2008. Analysis of spatially resolved hyperspectral scattering images for assessing apple fruit firmness and soluble solids content. Postharvest Biology and Technology, 48:1. 52-62.
13. Sherif, S. M. 1976. The quasi-static contact problem for nearly incompressible agricultural products, Michigan State University, East Lansing.
14. Sitkei, G. 1986. Mechanics of Agricultural Materials. Elsevier, Amsterdam. Slaughter, D. C., Hinsch, R. T., Thompson, J. F. Assessment of Vibration Injury to Bartlett Pears. Transactions of the ASAE. American Society of Agricultural Engineers, 36:4.1043-1047.
15. Zarifneshat, S. Rohani, A. Etefagh, M.M. and Saeidirad, M.H. 2013 . Predictions of apple bruise volume by using RBF artificial neural network and comparison it with regression. Journal of Food Processing and Preservation, 4:2.45-65. (In persian)