Archive of SID

تأثیر بارهای مکانیکی بر آسیب های وارد بر سیب پس از مرحله انبارداری

امیر حسین افکاری سیاح [1]*، مهدی اسماعیلیان[2]، سعید مینایی[3]، عادل پیرایش [4]

1- گروه مهندسی ماشین های کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی
2- گروه آمار دانشگاه محقق اردبیلی
3- گروه مهندسی ماشینهای کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس
4- ایستگاه تحقیقات باغبانی مشکین شهر

چکیده

امروزه مشخص شده است که مهمترین عامل ضایعات پس از برداشت در محصولات آبدار و فاسدشدنی آسیب های مکانیکی می باشد. کاهش حساسیت محصول به ضربه از طریق انتخاب رقم مناسب و مدت زمان مناسب انبارداری از اولویت های این پژوهش بوده است. در این تحقیق تاثیر رقم، انرژی ضربه ای و مدت زمان ذخیره سازی بر آسیب های مکانیکی سیب و حساسیت آن به ضربه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بدست آمده نشان داد که رقم گلدن دلیشز نسبت به رقم رد دلیشز از مقاومت بیشتری به ضربه برخوردار است. همچنین بیشترین درصد ضایعات معادل 8/4% از کل حجم سیب در سطح انرژی 1210 میلی ژول و در کمترین دوره انبارداری (12 روز پس از برداشت) مربوط به رقم رد دلیشز بود. درحالیکه کمترین درصد ضایعات معادل 1%، به رقم گلدن در سطح انرژی 410 میلی ژول و بیشترین دوره انبارداری (67 روز پس از برداشت) تعلق داشت. بر اساس پارامتر قابلیت کوفتگی، بطور مشخص با افزایش مدت انبارداری این قابلیت در هر دو رقم کاهش می یابد و به عبارت دیگر مقاومت سیب ها با گذشت زمان نسبت به ضربه افزایش می یابد. بر اساس نتایج بدست آمده، با افزایش میزان انرژی سینتیک در هر دو رقم مورد بررسی، درصد کوفتگی افزایش می یابد اما قابلیت کوفتگی تغییر معنی داری نمی کند و تنها بطور محسوسی در دوره 12 روز پس از برداشت افزایش می یابد. همچنین تاثیر متقابل زمان × رقم بطور معنی داری بر مقاومت به کوفتگی سیب و درصد حجم کوفتگی سیب موثر بود، درحالیکه تاثیر متقابل سه گانه (زمان×رقم×انرژی) بر هیچ یک از متغیرهای وابسته اثر معنی داری نداشت.

کلید واژگان: آسیب مکانیکی، سیب، ضربه، انبارداری

1- مقدمه

آسیب مکانیکی در انواع میوه و سبزی پدیده ای است ناخواسته که افزایش میزان فساد وکاهش کیفیت محصول را به همراه دارد.در مواردی که نیاز به ذخیره سازی این محصولات آسیب دیده باشد، حتی خطر فساد محصولات سالمی که در تماس با آنها قرار دارند نیز وجود خواهد داشت. هر نوع کوششی که بتواند به کاهش آسیب و تخریب مکانیکی در مواد کشاورزی بیانجامد، مطمئنا از لحاظ اقتصادی ارزشمندخواهد بود[1]. در بین تولیدات

* مسئول مکاتبات: ahafkari@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

باغی سیب درختی یکی از مهمترین محصولات از لحاظ سطح زیر کشت و میزان تولید می باشد. به طوری که بر مبنای آمار موجود میزان تولید سالانه این محصول باغی در کشور به بیش از 2/5 میلیون تن بالغ می گردد[2]. به همین علت هر نوع آسیب مکانیکی، به شکل کوفتگی یا تخریب بافت سلولی که در خلال عملیات برداشت و جابجایی سیب برای انتقال آن به انبار یا بازار مصرف ایجاد می شود می تواند خسارات مالی قابل ملاحظه ای به باغداران وارد نماید.

میزان آسیب ناشی از ضربه یا فشار را می توان بر مبنای اندازه کوفتگی و از طریق تعیین سطح یا حجم آن تعیین نمود [3]. در این ارتباط میزان تخریب بافت به ازای واحد انرژی سینتیک اعمال شده تحت عنوان قابلیت کوفتگی[1] (بر حسب mm^3/J) شناخته می شود. همچنین میزان انرژی لازم برای تخریب واحد حجم بافت میوه نیز مقاومت به کوفتگی[2] (J/mm^3) خوانده می شود. امروزه محققین از این دو پارامتر به عنوان شاخصی از آسیب پذیری میوه به بار مکانیکی استفاده می کنند[4].

در پژوهشی با انجام آزمون های فشاری بر روی سیب انبار شده برای مدت شش ماه و بر روی 3 رقم متداول برخی خواص مکانیکی سیب اندازه گیری شد. این خواص عبارت بودند از: ضریب کشسانی، تنش گسیختگی، کرنش گسیختگی، انرژی گسیختگی و چغرمگی. بر اساس این تحقیق در کلیه پارامترهای اندازه گیری شده بین ماه اول و آخر اختلاف معنی دار وجود داشت، بطوریکه مشخص شد سیب ها با گذشت زمان استحکام خود را از دست می دهند. نتایج نشان داد که انبار کردن سیب بیشترین تاثیر را بر انرژی کرنشی داشته و کمترین تاثیر آن بر ضریب کشسانی بود. همچنین مشخص شد خواص مکانیکی سیب گلدن دلیشز خیلی سریعتر از ارقام دیگر و بطور اخص در دو ماه اول انبارداری نزول می کند، درحالیکه در ارقام رد دلیشز و گرانی اسمیت این تغییرات طی شش ماه حالت یکنواختی داشت[5]. بطور مشابه در تحقیقی به منظور بررسی تاثیر مدت زمان انبارداری (در یخچال) بر برخی خواص مکانیکی و قابلیت کوفتگی در دو رقم مختلف از سیب و گلابی، دو سری آزمون فشاری و ضربه بر روی نمونه های دست نخورده انجام شد. نتایج نشان داد که با گذشت زمان تنش تسلیم و ضریب کشسانی کاهش می یابند، ضمن اینکه با گذشت زمان برای یک تغییر شکل معین به انرژی کرنشی کمتری نیاز خواهد بود[6]. از آنجا که بطور مشابه تحقیقات بسیار معدودی در زمینه ارقام داخلی سیب، بویژه از لحاظ ضایعات مکانیکی، در کشور انجام شده است لذا کوشش گردید تا در این پژوهش به سوالات زیر پاسخ داده شود. آیا مدت زمان انبارداری بطور مشخص بر میزان ضایعه به شکل کوفتگی، مقاومت به آسیب مکانیکی و یا قابلیت آسیب پذیری سیب موثر است؟ و در این میان تاثیر عوامل مهمی همچون سطح انرژی سینتیک و رقم بر متغیرهای وابسته فوق الذکر چگونه است؟

2- مواد و روش ها

دو رقم متداول سیب به نام های گلدن دلیشز (زرد) و رد دلیشز(قرمز) از ایستگاه تحقیقات باغبانی منطقه مشگین شهر (وابسته به سازمان تحقیقات کشاورزی استان اردبیل) تهیه و سپس از هر رقم تعداد 180 عدد سیب با اندازه متوسط (140 تا 180 گرم) بطور کاملا تصادفی جدا گردیدند. کشت نهال ها در ارقام زرد و سرخ به ترتیب در سال های 1376 و 1377 انجام شده بود. در هر دو رقم از یک روش آبیاری و عملیات داشت استفاده گردید. تمامی نمونه ها از بخش میانی درخت بطور دستی برداشت شده و با دقت در کارتن های مقوایی قرار داده شده و به آزمایشگاه منتقل گردیدند. به منظور جلوگیری از برخورد سیب ها به یکدیگر در بین نمونه ها از پارچه استفاده شد. برداشت تمام نمونه ها در اوآخر شهریور ماه و در یک روز انجام پذیرفت. نمونه ها پس از برداشت در محیط سرد و معادل 3 درجه سلسیوس نگهداری شد. 24 ساعت پیش از هر آزمایش، نمونه ها از یخچال خارج شده و برای تعیین خصوصیات شکل سیب ها مجموعا سه قطر اصلی هر سیب با کولیس با دقت 0/02 میلیمتر اندازه گیری شد. جدول 1، جزئیات شرایط تیماری را در آزمایشات ضربه نشان می دهد.

در این پژوهش محل بارگذاری بر روی گونه سیب[3] در بخش میانی مد نظر قرار گرفت که بیشترین احتمال وقوع ضربه در آن محل می رفت. ضمن اینکه پیش از این مشخص شده است اثر محل بارگذاری بر ویژگی های مقاومتی سیب معنی دار نیست [5]. سپس آزمون های ضربه با کمک دستگاه

1. Bruise susceptibility
2. Bruise resistance
3. Apple Cheek

www.SID.ir

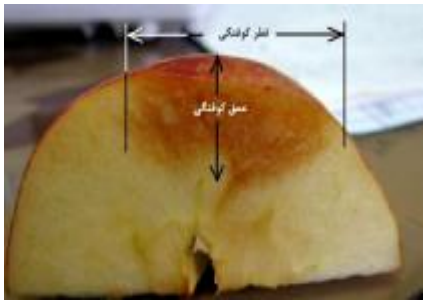
Archive of SID

آزمون ضربه که نمونه آن پیش از این در داخل کشور ساخته شده بود انجام پذیرفت [7]. برای اندازه گیری ابعاد کوفتگی ابتدا قطر متوسط هر لکه اندازه گیری شده سپس به کمک یک چاقوی تیز برشی عمود بر سطح کوفتگی در کل سیب ایجاد گردید و عمق متوسط کوفتگی اندازه گیری شد (شکل 1). سپس از تقریب زیر برای محاسبه حجم کوفتگی استفاده گردید [8]:

$$V = \frac{pd^2h}{6} \qquad (1)$$

که در آن V حجم کوفتگی به mm^3، d قطر کوفتگی و h عمق کل کوفتگی به mm می باشند(شکل 1).

تحلیل نتایج در ابتدا بطور عمده شامل تجزیه واریانس و آزمون LSD برای مقایسه سطوح انرژی ضربه ای و مدت زمان بارگذاری از نظر تاثیر بر بافت آسیب دیده بود که با کمک نرم افزار SPSS اجرا شد. تمامی تحلیل ها با کمک یک آزمایش فاکتوریل و در قالب طرح کاملا تصادفی انجام پذیرفت.



شکل1 نحوه اندازه گیری ابعاد کوفتگی

جدول 1 برخی مشخصات آزمون ها

	سطح 1	سطح2	سطح3
متوسط ارتفاع سقوط(cm)	29	55	82
متوسط انرژی ضربه ای(mJ)	410	810	1210
مدت زمان انبارداری(روز)	12	38	67

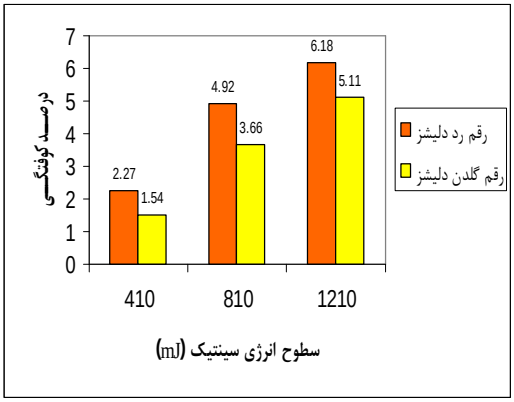
3- نتایج و بحث

بر اساس مشاهدات عینی وقوع ضربات هر چند کوچک با ایجاد کوفتگی بر میوه سیب، تاثیر قابل ملاحظه ای بر کیفیت محصول برجای می گذارد. این تاثیر بویژه برای سیب های تازه برداشت شده بارزتر بود. از نظر ظاهری مهمترین وجه ضایعه تغییر رنگ آن بود. نتایج نشان می دهد در بیش از 95% موارد رنگ پوست (در هر دو رقم) پس از ایجاد ضایعه پر رنگ تر می گردد. این نتیجه زمانی که هدف جداسازی سیب های آسیب دیده از نمونه های سالم باشد حایز اهمیت بوده و استفاده از روش های جداسازی بر اساس رنگ را توجیه می کند. درعین حال، این تغییر رنگ در بافت میوه واضح تر از پوست می باشد، بطوریکه در بیش از 90% موارد رنگ حاصله به قهوه ای روشن و خیلی روشن تمایل داشت (شکل 1). در معدودی از نمونه ها رنگ بافت به قهوه ای تیره تبدیل شده و در کمتر از 4% موارد هیچ تغییر رنگی مشاهده نشد.

از نظر ابعاد و ویژگی های شکل، دو رقم مورد بررسی بسیار نزدیک به یکدیگر بودند بطوریکه میزان اختلاف دو رقم از لحاظ شعاع میانگین و ضریب گردی به ترتیب معادل 4 و 0/8 درصد بود. جدول2 میانگین مقادیر اندازه گیری شده (حاصل از 10 تکرار) از پارامترهای وابسته را پس از اعمال ضربه در نمونه های مورد آزمایش، در شرایط مختلف تیماری (ارقام مختلف، طول مدت انبارداری و سطوح انرژی) نشان می دهد. بر اساس نتایج آماری، اختلاف دو رقم رد دلیشز و گلدن دلیشز در هر سه متغیر وابسته (درصد کوفتگی، مقاومت به کوفتگی و قابلیت کوفتگی) در سطح 0/001 آماری معنی دار بود. بطوریکه در تمام سطوح انرژی سینتیک درصد کوفتگی رقم رد دلیشز بیشتر از رقم گلدن بود و این درصد با افزایش سطح انرژی افزایش یافته است (شکل 2). در همین ارتباط، مقاومت رقم رد دلیشز در بیشترین مقدار کمتر از 160 میلی ژول بر میلی لیتر بود درحالیکه مقاومت رقم گلدن به بیش از 250 میلی ژول بر میلی لیتر رسید.

www.SID.ir

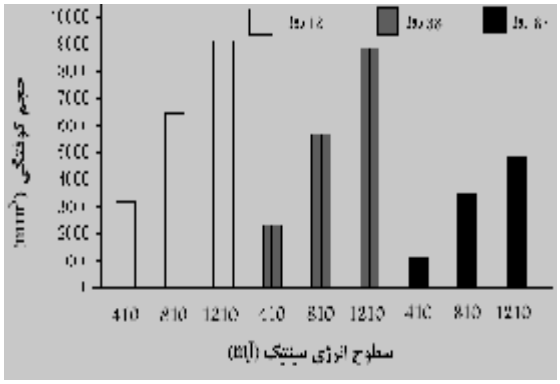
Archive of SID



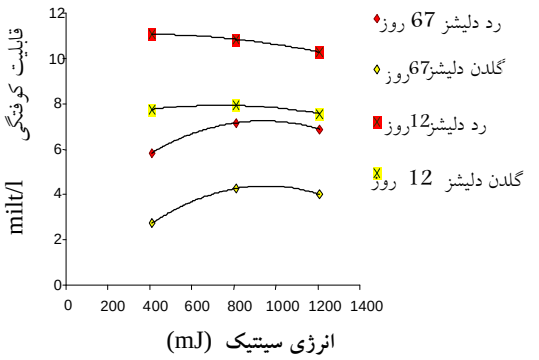
شکل 2 مقایسه دو رقم گلدن دلیشز و رد دلیشز از لحاظ درصد کوفتگی در سطوح مختلف انرژی سینتیک

نتایج تجریه واریانس حاصل از بررسی تاثیر سطوح مختلف انرژی سینتیک بر متغیرهای وابسته نشان می دهد که اثر میزان انرژی تنها بر درصد کوفتگی معنی دار بوده و تاثیری بر خواص مقاومتی سیب ندارد. شکل 3 نحوه تاثیر مدت زمان انبارداری و سطوح مختلف انرژی (410، 810 و 1210 میلی ژول) را بر میزان کوفتگی در رقم گلدن دلیشز نشان می دهد. مشابه چنین رفتاری در رقم رد دلیشز نیز مشاهده گردید.

عدم تاثیر عامل انرژی بر قابلیت کوفتکی به وضوح در شکل 4 قابل تشخیص است، بطوریکه اغلب نمودارها تقریبا حالتی موازی با محور افقی دارند. هرچند، مقادیر اندازه گیری شده نشان داد مقاومت به کوفتکی در هر دو رقم مورد بررسی با افزایش انرژی کاهش می یابد اما این کاهش از لحاظ آماری معنی دار نبود.



شکل 3 تاثیر مدت زمان انبارداری بر حجم کوفتگی سیب رقم گلدن در سطوح انرژی سینتیک



شکل 4 تاثیر انرژی سینتیک بر قابلیت کوفتگی دو رقم سیب

مدت زمان انبارداری که یکی از مهمترین فاکتورهای مورد بررسی در این پژوهش بود تقریبا در تمام سطوح تاثیری کاملا معنی دار بر تمامی متغیرهای وابسته داشت (شکل 5).

بر اساس یکی از مهمترین نتایج این تحقیق، با افزایش مدت زمان انبارداری (تا بیش از 2 ماه پس از برداشت) آسیب پذیری سیب، در هر دو رقم مورد بررسی کاهش می یابد. به عبارتی در مدت زمان تا 12 روز پس از برداشت، سیب شدیدا نسبت به آسیب ناشی از ضربه حساس می باشد. اما با گذشت زمان این حساسیت کاهش می یابد بطوریکه پس 67 روز آسیب پذیری در برخی موارد حتی به نصف می رسد (شکل 5). این یافته با نتایج بدست آمده توسط گارسیا[1] و همکارانش (1995) مطابقت می کند و می توان دلیل آنرا تغییر در میزان فشار ترگر[2] محصول دانست. به عبارتی با گذشت زمان و در طی ذخیره سازی محصول، با کاهش فشار ترجر در سطح سلولی، تنش های ناشی از ضربات مکانیکی در بافت محصول کاهش یافته و در نتیجه آسیب پذیری محصول نیز کاهش می یابد[9]. این درحالی است که آسیب پذیری سیب با گذشت زمان نسبت به بارهای فشاری (طی بارگذاری شبه استاتیک)، افزایش می یابد[5]. این تناقض در رفتار بافت سیب را می توان نتیجه تفاوت در ماهیت دو روش بارگذاری (فشاری و ضربه ای) و واکنش متفاوت بافت سیب به این دو پدیده دانست.

1. Garcia
2. Turger pressure

www.SID.ir

Archive of SID

جدول 2 میانگین متغیرهای وابسته پس از اعمال ضربه در سیب رقم رد دلیشز(گلدن دلیشز)

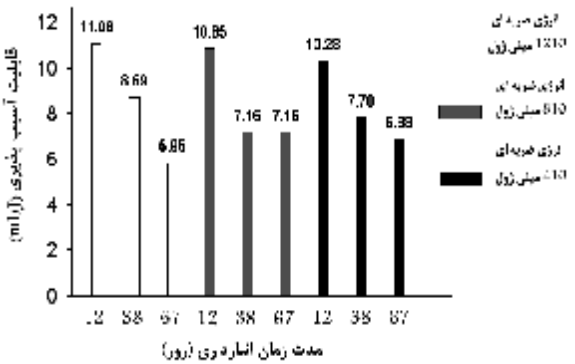
انرژی ضربه ای (mJ)	مدت انبارداری (روز)	قطر ضایعه (mm)	عمق ضایعه (mm)	حجم ضایعه (mm^3)	قابلیت کوفتگی (ml/J)
410	12	(25/4)27/8	(9/1)10/9	(3180)4541	(7/76)11/08
	37	(23/6)27/3	(7/7)8/93	(2291)3562	(5/58)8/69
	67	(18/7)21/5	(6/2)9/0	(1120)2397	(2/73)5/85
810	12	(31/6)33/7	(12/2)14/7	(6419)8785	(7/93)10/85
	37	(30/8)30/9	(11/3)11/6	(5658)5800	(6/99)7/16
	67	(24/9)29/6	(9/8)12/0	(3452)5798	(4/26)7/16
1210	12	(35/1)38/4	(14/1)16/2	(9153)12440	(7/56)10/28
	37	(34/6)37/1	(14/1)13/0	(8847)9413	(7/31)7/78
	67	(28/3)33/3	(10/5)13/9	(4847)8320	(4/01)6/88

جدول 3 نتایج تجزیه واریانس برای متغیر وابسته مقاومت به کوفتگی

منبع خطا	مجموع مربعات	df	میانگین مربعات	F	Sig.
Corrected Model	1028071	7	146867	19/86	0/0001
Intercept	5420657	1	5420657	733/15	0/0001
انرژی	43491	2	21745	2/94	0/056
رقم	256311	1	256311	34/67	0/0001
زمان انبارداری	674701	2	337350	45/63	0/0001
رقم * زمان	148022	2	74011	10/01	0/0001
خطا	1212551	164	7393		
مجموع	7507171	172			
Corrected Total	2240622	171			

www.SID.ir

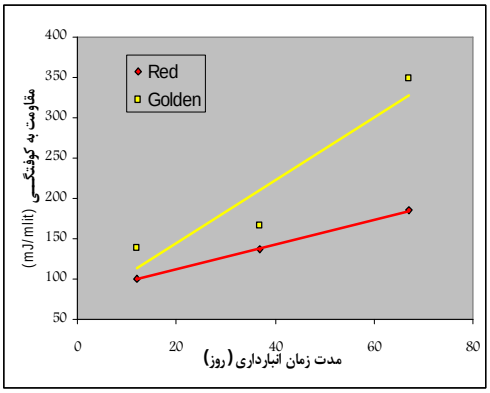
Archive of SID



شکل 5 نحوه تاثیر مدت زمان انبارداری بر قابلیت کوفتگی رقم رد دلیشز در سطوح مختلف انرژی سینتیک

بر اساس نتایج تجزیه واریانس مشخص شد که تاثیر متقابل مدت زمان انبارداری و رقم بر دو متغیر مقاومت به کوفتگی و درصد کوفتگی، به ترتیب در سطوح احتمال 0/001 و 0/005 معنی دار می باشد. به همین ترتیب تاثیر متقابل مدت زمان انبارداری و انرژی بر متغیر درصد کوفتگی در سطح احتمال 0/03 معنی دار است. این نتایج نشان دهنده تاثیر کاملا بارز مدت زمان انبارداری بر میزان کوفتگی و مقاومت به کوفتگی است. جدول 3 نتایج آنالیز واریانس حاصل از تاثیر سه متغیر مستقل انرژی، زمان و رقم را بر متغیر وابسته مقاومت به کوفتگی نشان می دهد.

درعین حال تاثیر سه گانه زمان * رقم * انرژی بر هیچ یک از متغیرهای وابسته معنی دار نبود. قابل ذکر است که به منظور خلاصه سازی در جدول 3 از درج موارد غیر معنی دار اجتناب شده است. شکل 6 نشان می دهد که با افزایش مدت زمان انبارداری، مقاومت به کوفتگی نیز افزایش می یابد و این افزایش در رقم گلدن به مراتب بیشتر از رقم رد دلیشز است.



شکل 6 تاثیر مدت زمان انبارداری بر مقاومت به کوفتگی در دو رقم گلدن و رد دلیشز

از نتایج آزمون LSD به منظور مقایسه سطوح متغیرهای مستقل مشخص گردید که بین مدت زمان انبارداری 12 روز پس از برداشت و دو سطح 37 و 67 روز پس از برداشت از لحاظ درصد کوفتگی اختلاف معنی دار وجود داشته درحالیکه اختلاف معنی داری بین 37 و 67 روز پس از برداشت از لحاظ درصد کوفتگی مشاهده نشد. همچنین بر اساس همین آزمون در تمام سطوح انرژی سینتیک، اختلاف معنی دار از لحاظ تاثیر بر درصد کوفتگی مشاهده گردید.

4- خلاصه نتایج

1- سیب محصولی است که به سهولت تحت ضربه دچار کوفتگی می گردد و در مقایسه دو رقم مورد بررسی، رقم گلدن دلیشز از مقاومت بافت بیشتری نسبت به رقم رد دلیشز برخوردار است.

2- تاثیر هر سه متغیر مستقل رقم، زمان و انرژی سینتیک و نیز تاثیر متقابل رقم*زمان بر دو متغیر وابسته درصد کوفتگی و مقاومت به کوفتگی معنی دار بود.

3- بیشترین میزان آسیب دیدگی معادل 8/4% در رقم رد دلیشز 12 روز پس از برداشت و کمترین میزان معادل 1% در رقم گلدن و 67 روز پس از برداشت مشاهده شد. به عبارتی با گذشت زمان (طی 2 ماه ذخیره سازی) آسیب پذیری سیب نسبت به بارهای ضربه ای کاهش می یابد. از این رو به منظور کاهش ضایعات، دقت در جابه جایی و نگهداری سیب در دو هفته اول پس از برداشت بسیار مهم است.

5- منابع

[1] FAO 1989. Prevention of Post-Harvest Food Losses in Fruits, Vegetables and Root Crops, A Training Manual, Rome, ITALY.
[2] FAOSTAT (2006). FAO International Statistical Software, Available at: http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx
[3] Schrool, D. and Holt, J. E. 1980. Reaserch Note: Bruise resistance measurements in apples. J. Texture Studies, 12:21-29.
[4] Bajema, R. and Hyde, G. M. 1998. Instrumentation for impact characterization of whole fruit and vegetable specimens. Transactions of the ASAE, Vol., 41(5): 1399-1405.

www.SID.ir

Archive of SID

[5] Masoudi, H.; Tabatabaeefar, A. and Borghaee, A. M. 2005. Investigation of mechanical properties variation of apples during storage with uniaxial test. EFITA/WCCA, Villa Real, Portugal.

[6] Yurtlu, Y.B. and Erdugan, D. 2005. Effect of storage time on some mechanical properties and bruise susceptibility of pears and apples. Turk. J. Agric. (29) 469-482.

[7] Afkari Sayyah, A. H., Minaei, S. and Khoshtaghaza, M. H. 2005. Instrumentation design and development of an impact testing apparatus for investigation of mechanical behavior of agricultural materials and its evaluation using wheat. Iranian Journal of Food Science and Technology, 2(2): 13-27.

[8] Blahovec, J., Milckova, M. and Paprstein, F. 2002. Static low-level bruising in pears. RES. AGR. ENG.,48 , (2):41 – 46.

[9] Garcia, J. L., Ruiz-Altisent, M. and Barrerio, P. 1995. Factors influencing mechanical properties and bruise susceptibility of apples and pears. J. agric. Engng Res. 61:11-18.

www.SID.ir

Archive of SID

The Effect of Mechanical Loads on Apple Damage after Storage

Afkari Sayyah, A. H.[1*] ، Esmailiyan, M.[2] , Minaei, S.[3] , Pirayesh A. [4]

1- Dept. of Agricultural Machinery, University of Mohaghegh Ardabili
2- Dept. of Statistics, University of Mohaghegh Ardabili
3- Dept. of Agricultural Machinery Engineering, Tarbiat Modares University
4- Horticultural Research Station of Meshkin Shahr

Today, It is well known that mechanical damage is the major source of post-harvest losses in fruits and vegetables. In this research, decrease of product sensitivity to impact due to the effect of variety, harvesting, and handling methods as well as the duration of storage were studied. Therefore, based on a series of mechanical tests, effect of variety, impact energy and duration of storage were investigated on mechanical damage to apples. The results showed that in comparing the two varieties, Golden delicious had more strength than Red delicious. Also, it was found that maximum losses were related to the Red delicious variety, equal to 8.4% of total volume of fruit at the 1210 *mJ* level of impact energy and in the period of 12 days after harvest. Minimum losses were related to the Golden delicious variety equal to 1% of total volume at 410 *mJ* level of impact energy 67 days after harvest. According to the results, apple bruise threshold decreased significantly with increasing storage time. Also, percent of bruise volume increased with increasing level of kinetic energy, but bruise resistance and bruise threshold had no change. The interaction of *time × variety* significantly affected bruise resistance and percent of bruise volume, While the triple interaction of *time × variety × energy* had no significant effect on the dependent variables.

Keywords: Mechanical losses, Apple, Impact, Storage

[*]Corresponding author E-mail address; ahafkari@gmail.com

www.SID.ir