ششمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران (کرج)
۲٤ و ۲۵ شهریور ۱۳۸۹

اثر خواص مکانیکی گوجه فرنگی تحت آزمون ضربه بر مراحل مختلف رسیدگی پس از برداشت

سلام اله محمدی آیلار، سعید مینایی، امیرحسین افکاری سیاح
عضو هیات علمی دانشگاه آزاد واحد گرمی اردبیل؛ دانشیار دانشگاه تربیت مدرس؛ استادیار دانشگاه محقق اردبیلی.
sina_mohamdiaylar@yahoo.com

چکیده:
محصولات کشاورزی در مراحل مختلف برداشت، حمل و نقل و فرآوری تحت تأثیر نیروهای استاتیک و دینامیک قرار می گیرند. در بسیاری از موارد این نیروها می توانند موجب آسیب دیدگی محصول گردند. این تحقیق به منظور تعیین برخی از خواص مکانیکی میوه گوجه فرنگی تحت آزمون بارگذاری ضربه‌ای بر روی ارقام پتوارلی سی اچ (Petoerly – ch) و رقم سوپربتا (Super Bta)، در ٤ مرحله زمانی و دو سطح اندازه میوه به اجرا در آمد. بررسی آماری در قالب یک طرح اسپلیت پلات در زمان با طرح پایه کاملاً تصادفی در ۱۰ تکرار انجام شد. با انجام آزمون های بارگذاری ضربه‌ای، اثر فاکتورهای ارتفاع سقوط، رقم و زمان پس از برداشت بر نحوه گسیختگی و ایجاد ضایعات مکانیکی در میوه های گسیخته نشده طی سه روز انبار داری در دمای ١٤ الی ١٨ درجه سلسیوس مشخص گردید. اثر ارتفاع سقوط و زمان پس از برداشت بر متغیرهای درصد گسیختگی و ضایعات مکانیکی محل ضربه دیده طی سه روز انبارداری در میوه های گسیخته نشده معنی دار بود. حداقل انرژی مورد نیاز برای گسیختگی در اولین مرحله زمانی، که مقاوم ترین مرحله نسبت به ضربه تشخیص داده شد، برای رقم پتوارلی سی اچ با رطوبت ۷۵/۲ درصد بر پایه تر، معادل ۱/۵۷ ژول و برای رقم سوپربتا معادل ۱/٦۵ ژول اندازه گیری شد. بر این اساس، میزان ضربه ای که در حین مراحل جابجایی و برداشت به رقم پتوارلی سی اچ در اولین مرحله پس از برداشت وارد می شود باید کمتر از ٤۲۲/. ژول و برای رقم سوپربتا، کمتر از ٤۹۷/. ژول باشد، تا منجر به ضایعه مکانیکی در آن نگردد.

واژگان کلیدی: گوجه فرنگی، ضایعات مکانیکی، آزمون ضربه، گسیختگی،

مقدمه

از آنجایی که از مهمترین عوامل ضایعات پس از برداشت در محصولات آبدار و فاسد شدنی، آسیب های مکانیکی است لذا بررسی عوامل موثر بر آن از اهمیت زیادی برخوردار است (FAO, 1989). خسارت وارده در عملیات مکانیکی، کاهش کیفیت و افزایش تلفات در برداشت محصول و نهایتاً کم ارزش شدن آنها در جابجایی میوه بسیار چشمگیر است (Morie, *etal*, 2005). تفکر در مورد کاهش آسیب های مکانیکی دارای اهمیت اقتصادی زیادی است. محصولات کشاورزی در مراحل برداشت، حمل و نقل، نگهداری و فرآوری، تحت تأثیر نیروهای استاتیک و دینامیک قرار می گیرند (افشاری، ۱۳۸۵). آسیب در محصولات کشاورزی به شکلهای زیادی ایجاد می شود. شکل

آسیب بستگی به ساختمان فیزیکی و بیولوژیکی محصول و میزان بار دارد (Veerle *etal*, 2005). هر نوع کوششی که بتواند به کاهش آسیب و تخریب مکانیکی در مواد کشاورزی بیانجامد مطمئناً از لحاظ اقتصادی ارزشمند خواهد بود (Desmet *etal*, 2004). درخلال عملیات برداشت و جابجایی گوجه فرنگی جهت انتقال به انبار، یا بازار مصرف، محصول تحت ضربات و بارهای فشاری متعدد قرار می گیرد که در بسیاری موارد این شرایط به تخریب بافت سلولی آنها منجر می گردد. ضربات شدید می تواند منجر به ایجاد پاره گی یا دو تکه شدن گردند و ضربات آرام تر ممکن است تنها به ایجاد ضرب دیدگی در محصول بیانجامد. اعمال بارهای ضربه ای عمدتاً منجر به کوفتگی[1]، ایجاد یک ضایعه پایدار و کاهش کیفیت محصول می گردد (میر نظامی و همکاران، ۱۳۷۳).

سابقه تحقیق

گوجه فرنگی به علت دارا بودن آب زیاد، از فسادپذیری بالایی برخوردار است. پس از برداشت چه از فاصله زمانی تا هنگام فروش و چه برای ذخیره و انبار کردن همواره تحت عوامل مختلف مکانیکی، فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی قرار گرفته و ضایعات کمی و کیفی در آن ایجاد می گردد. میکولوچ گزارشی از روشهای آسیب کوفتگی پوستی بر روی گوجه فرنگی در جریان جابجائی ارائه داد. در بسیاری از موارد، آسیب دیدگی بواسطه اعمال بارهای ضربه ای رخ می دهد (Mecolloch, 1962). ژیندال و محسنین دستگاه آونگی طراحی کرده و با کمک آن خصوصیات مقاومت به ضربه شامل سختی دینامیکی و انرژی جذب شده برای شکست در میوه سیب و دانه ذرت را مورد بررسی قرار دادند (Jindal and Mohsenin, 1976). همچنین آستانه آسیب های وارده ناشی از ضربه در برخی محصولات نظیر سیب، پیاز و سیب زمینی بدست آمده است(Zhong *etal*, 1999). در آسیب پذیری مواد عوامل مختلفی اثر دارند گروهی از عوامل مربوط به حالت فیزیکی و بیولوژیکی مواد می شود. (دما، رطوبت، دوره رشد و رسیدن) در صورتی که گروه دیگر مربوط به مشخصات بارگذاری است (بار ساکن، متحرک، نوسانی، سرعت بارگذاری و ...) در بسیاری از موارد، دما بر روی خواص مکانیکی محصولات کشاورزی و در نتیجه در آسیب پذیری آنها موثر است و با تغییرات دما، فشار تورم سلولی بواسطه آن خاصیت کشسانی تغییر می کند (Baiganz, 1970). مرحله رسیدن در آسیب پذیری بعضی میوه ها و سبزیها (هلو، زردآلو، گوجه فرنگی، گلابی، توت فرنگی) تأثیر قطعی دارد. خواص مکانیکی این میوه ها چند روز مانده به رسیدن بطور کامل تغییر پیدا می کند و بدین ترتیب آسیب پذیری آنها هم تغییر می یابد. برای جلوگیری از آسیب پذیری انواع میوه ها ارتفاع سقوط مجاز و فشار استاتیکی مجاز اهمیت زیادی دارند که اولی در برنامه ریزی عملیات برداشت و جابجایی و دومی در انتخاب ارتفاع جعبه حمل و نقل مهم است (Nelson and Mohsenin, 1968). نمونه ای از دستگاه بارگذاری ضربه ای جهت مطالعه رفتار مکانیکی محصولات توسط افکاری سیاح و مینایی (۱۳۸۲) در دانشگاه تربیت مدرس تهران طراحی و ساخته شد، این دستگاه از نوع آونگی می باشد. به منظور بررسی مشخصات فنی دستگاه، دانه های ۵ رقم گندم در دو سطح رطوبتی توسط این دستگاه تحت آزمون ضربه قرار گرفته است (افکاری سیاح و مینایی، ۱۳۸۱).

مواد و روش ها

---

[1] Bruising

نمونه های میوه گوجه فرنگی[2] از رقم پتوارلی سی اچ[3] و سوپر بتا[4] بطور کاملاً تصادفی انتخاب شدند. در دمای ۱۸-۱٤ درجه سلسیوس درطی مدت ٤ مرحله زمانی پس از برداشت نگهداری شد. مرحله زمانی اول آزمایش، بلافاصله بعد از برداشت در حالت صورتی رنگ[5] ، مرحله دوم زمانی ۵ روز پس از برداشت در حالت رسیده پرآب[6]، مرحله سوم زمانی ۱۰ روز پس از برداشت حالت رسیده بالغ[7] و مرحله زمانی چهارم ۱۵ روز پس از برداشت حالت پلاسمولیز[8] می باشد سطوح رطوبت بطور متوسط در ٤ مرحله زمانی پس از برداشت برای رقم پتوارلی سی اچ ۷۵/۲ ، ۸۱ ، ۹۳/٤ ، ۸۲ و رقم سوپر بتا ۷٤ ، ۷۹ ، ۹۱/۵ و ۸۰ درصد بر پایه تر بود. بدلیل پلاسمولیز شدن در مرحله چهارم زمانی پس از برداشت و از دست دادن رطوبت بعد از ۱۵ روز انبارداری میزان رطوبت کاهش می یابد دستگاه استفاده شده برای آزمون ضربه از نوع آونگی بود که برای بررسی ویژگیهای مکانیکی محصولات دانه ای و میوه ها توسط افکاری سیاح و مینایی طراحی و ساخته شده است (۱۳۸٤). آزمایشات تست ضربه در ٤ مرحله زمانی پس از برداشت، ۲ رقم مورد آزمایش و ۲ سطح انرژی انجام شد. درسطح انرژی دوم حداقل ضایعه و تغییرات میزان در طی ۷۲ ساعت انبارداری مشخص گردد. در این آزمایش به بررسی رفتار میوه گوجه فرنگی تحت بارگذاری ضربه ای پرداخته شد و درصد میوه های گسیخته شده در دو سطح ارتفاع سقوط **1180** و 590mm محاسبه گردید سپس تأثیر رقم و زمان پس از برداشت تحت بارگذاری ضربه ای مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بر اساس مشاهدات عینی در زمان اعمال ضربه که منجر به گسیختگی یا عدم گسیختگی می شد و نیز تغییرات کیفی طی ۲٤ ، ٤۸ و ۷۲ ساعت انبارداری در نمونه هایی که بعد اعمال ضربه گسیخته نشده بودند در انبار گزارش گردید. میزان انرژی سینتیک اعمال شده هم از رابطه (۱) بر مبنای انرژی پتانسیل مکانیکی محاسبه شد.

$$E=mg.h \qquad (۱)$$

E = انرژی سینتیک بر حسب J

m= جرم گوجه فرنگی بر حسب kg

g = شتاب ثقل بر حسب m/s^2

h = ارتفاع سقوط بر حسب m

با توجه به اینکه نتایج حاصل از تست ضربه بصورت کیفی گزارش شده است یک قسمت از نتایج این تست بصورت نموداری و درصدی مشخص گردیده است. دسته بندی میزان تغییرات ظاهری میوه ضربه دیده که منجر به گسیختگی نشده است، طی ۷۲ ساعت انبارداری در دمای ۱۸ـ۱٤ درجه سلسیوس طبق جدول (۱) مشخص شد.

جدول ۱ـ میزات تغییرات میوه های گسیخته نشده در طی ۷۲ ساعت انبارداری

2 Lyiopersicon esculentum Mill
3 Petoerly-Ch
4 Supper - Bta
5 Pink
6 Ripening
7 Muturity
8 Plasomlism

نماد	نوع ضایعه
A	تغییرات خاصی مشاهده نشده
B	کوفتگی و نرمی جزئی محل ضربه دیده
C	کوفتگی و نرمی متوسط محل ضربه دیده
D	کوفتگی و نرمی شدید محل ضربه دیده
E	کوفتگی با لکه سیاه و پلاسیدگی جزئی محل ضربه دیده
F	از دست دادن کیفیت ظاهری

رفتار میوه گوجه فرنگی تحت آزمون ضربه ای

نتایج عینی حاصل از آزمایش بارگذاری ضربه ای نشان داد که گسیختگی ارتباط مستقیم با وزن و زمان پس از برداشت دارد که طبق بررسی های اولیه در منابع مشخص گردید (Murase ، ۱۹۸۰). درصد میوه های گسیخته شده در دو رقم (سوپربتا و پتوارلی) و ٤ مرحله زمانی و میانگین انرژی در ارتفاع سقوط از زاویه ۹۰ و ٤٥ درجه تعیین گردید جداول شماره (۲ و۳).

جدول ۲ـ میانگین انرژی (ژول) در زمان های مختلف در دورقم پتوارلی و سوپربتا در دو سطح سقوط

		زمان ۱	زمان ۲	زمان ۳	زمان ٤
پتوارلی	سقوط از ۱۱۸۰ میلی متری	۱/٥۷۸	۱/۱۹۷	۱/۱٦٤	۱/۲۱۷
پتوارلی	سقوط از ٥۹۰ میلی متری	۰/٤٤۲	۰/٥٤٦	۰/۲۸۷	۰/٤۰۲
سوپربتا	سقوط از ۱۱۸۰ میلی متری	۱/٦٥٥	۱/٥۲۸	۱/۷۰۹	۱/۱٦٤
سوپربتا	سقوط از ٥۹۰ میلی متری	۰/٤۹۷	۰/۳۹۷	۰/٤۱۸	۰/۳۷٤

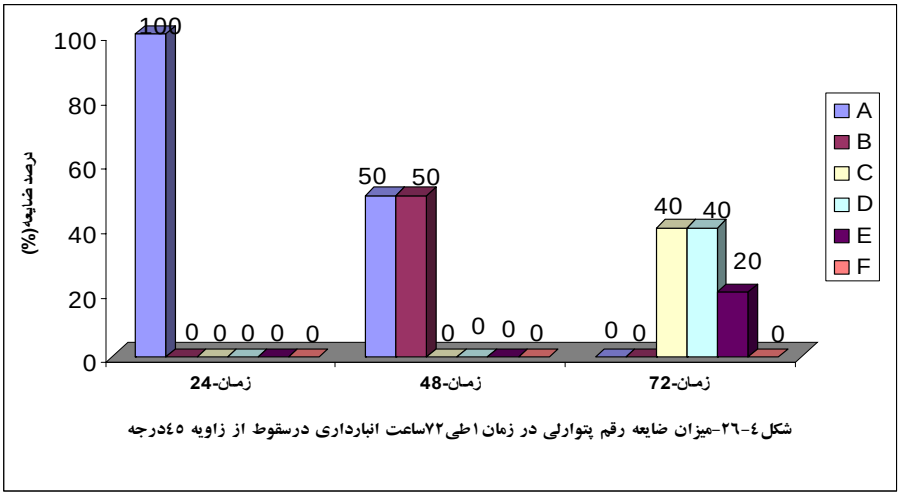
جدول ۳ـ میانگین درصد گسیختگی در زمانهای مختلف در دو رقم پتوارلی و سوپربتا در دو سطح سقوط

		زمان ۱	زمان ۲	زمان ۳	زمان ٤
پتوارلی	سقوط از ۱۱۸۰ میلی متری	٪۳۰	٪٥۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰
پتوارلی	سقوط از ٥۹۰ میلی متری	۰	۰	۰	۰
سوپربتا	سقوط از ۱۱۸۰ میلی متری	٪۳٥	٪٦۰	٪۱۰۰	٪۱۰۰
سوپربتا	سقوط از ٥۹۰ میلی متری	۰	۰	۰	۰

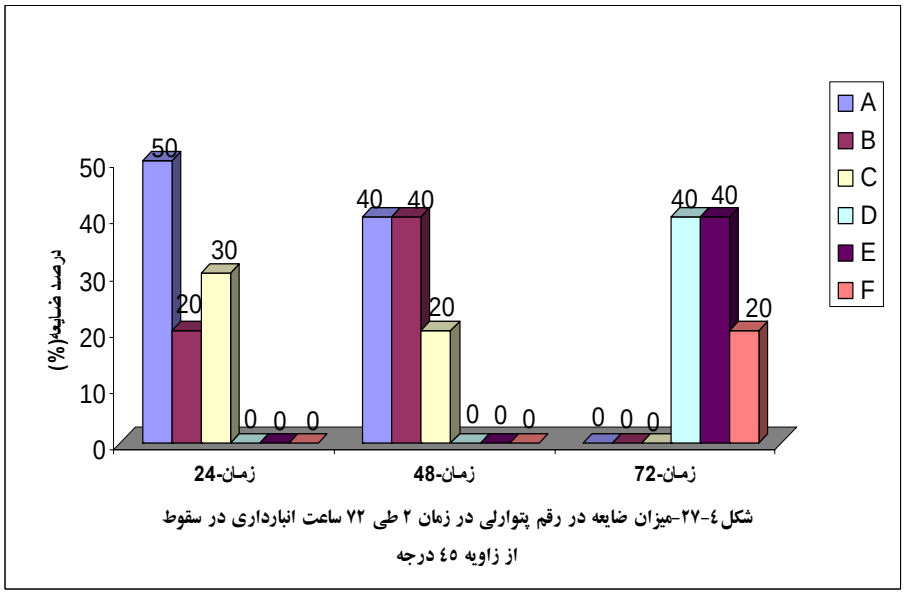
با توجه به جدول (۳) و نتایج بدست آمده مشخص است که برای رقم پتوارلی در سقوط از زاویه ۹۰ درجه در زمان ۱ به ترتیب ۳۰ و ٥۰ درصد گسیختگی ایجاد شد و در زمان ۳ و٤ که ۱۰۰درصد میوه های گوجه فرنگی گسیخته شدند. رقم سوپربتا هم در سقوط از زاویه ٤٥ درجه در زمان ۱ و ۲ به ترتیب ۳٥ و ٦۰ درصد میوه ها گسیخته شدند و در زمان ۳ و ٤ هم ۱۰۰ درصد میوه ها گسیخته شدند. ولی در سقوط از زاویه ٤٥ درجه به علت کمتر شدن میزان ضربه در هیچ یک از دو رقم گسیختگی مشاهده نشد. تحقیق مشابهی بر روی سه رقم خارجی میوه

گوجه فرنگی توسط (Van linden *etal, 2006*) انجام گرفت. نتایج بدست آمده از آزمایش بارگذاری ضربه ای در دو سطح ارتفاع سقوط با استفاده از تجزیه واریانس مورد بررسی قرار گرفت و تأثیر رقم و رطوبت در هر دو انرژی ضربه ای بر درصد گسیخته شدن میوه گوجه فرنگی بررسی شد.

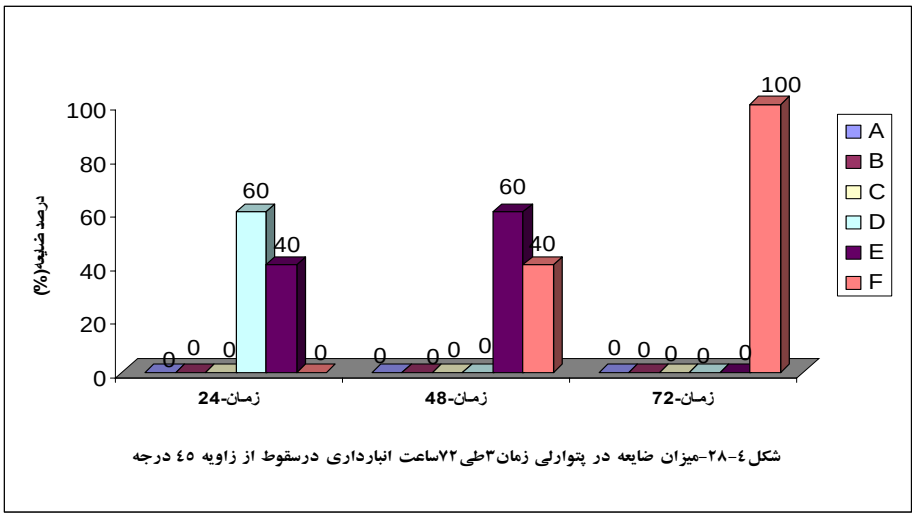
طبق نتایج حاصله آزمون ضربه اثر رقم بر میزان انرژی اعمالی در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شده اثر سقوط از دو زاویه بر میزان انرژی اعمالی، گسیختگی و تغییرات محل ضربه دیده میوه های گسیخته شد. طی ۷۲ ساعت انبارداری در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شدند. اثر زمان بر میزان انرژی اعمالی، درصد گسیختگی و تغییرات محل ضربه دیده میوه های گسیخته نشده طی ۷۲ ساعت انبارداری در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شدند.در میوه هلو آسیب مکانیکی ضربه ای با گذشت زمان از مرحله برداشت، بطور قابل ملاحظه ای افزایش می یابد (Vursavus and Ozguven, 2003). اثر متقابل زمان در رقم بر میزان انرژی اعمالی در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد.اثر متقابل زمان در سقوط از دو زاویه بر میزان انرژی اعمالی، درصد گسیختگی و تغییرات محل ضربه دیده میوه های گسیخته نشده طی ۷۲ ساعت انبارداری در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شدند.



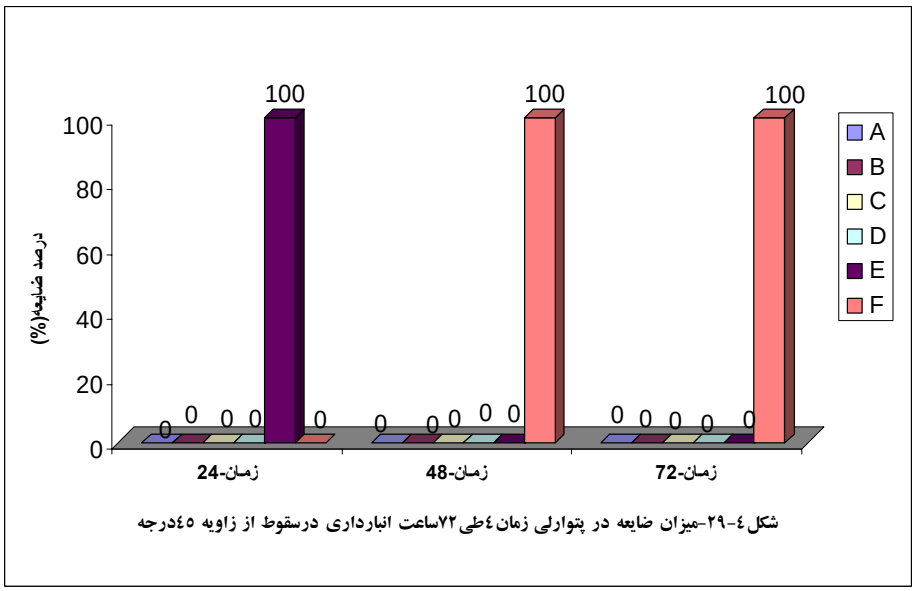
شکل ٤-٢٦-میزان ضایعه رقم پتوارلی در زمان ا طی۷۲ساعت انبارداری درسقوط از زاویه ٤٥درجه



شکل ٤-٢٧-میزان ضایعه در رقم پتوارلی در زمان ۲ طی ۷۲ ساعت انبارداری در سقوط از زاویه ٤٥ درجه



شکل ٤-٢٨-میزان ضایعه در پتوارلی زمان۳طی۷۲ساعت انبارداری درسقوط از زاویه ٤٥ درجه



شکل٤-٢٩-میزان ضایعه در پتوارلی زمان٤طی۷۲ساعت انبارداری درسقوط از زاویه ٤٥درجه

همان گونه که از جداول و شکل ها مشخص است. بین ارقام در ارتفاع سقوط ۱ و۲، اختلاف دیده نشد در ارتفاع سقوط ۱، گسیختگی ایجاد شد شکل (٤ـ٣٦).

A B

شکل ٤ـ٣٦ـ نتایج تست ضربه در سقوط از دو سطح آزمایش

A) سقوط از ۱۱۸۰ میلی متری B) سقوط از ۵۹۰ میلی متری

در ارتفاع سقوط اول۱۱۸۰ میلی متری طی زمانهای مختلف گسیختگی ایجاد شد و ارتفاع سقوط دوم ۵۹۰ میلی متری طی زمان ۱، ۲، ۳ و ٤ گسیختگی مشاهده نشد. ولی تغییرات طی ۳ روز انبارداری در دمای ۱۸ـ۱٤ درجه سلسیوس در زمان ۱ ـ ۲٤ ساعت بعد اعمال ضربه در هر دو رقم تغییرات خاصی مشاهده نشد. در زمان ۱ـ٤۸ ساعت بعد ضربه برای رقم پتوارلی فقط ۵۰ درصد کوفتگی و نرمی جزئی از کل نمونه را شاهد بودیم ولی برای رقم سوپربتا ۷۰ درصد کوفتگی و نرمی جزئی از کل نمونه مورد آزمایش را منجر شد. در زمان ۱ـ۷۲ ساعت بعد ضربه ٤۰ درصد کوفتگی متوسط، ٤۰ درصد کوفتگی شدید و ۲۰ درصد لکه سیاه با پلاسیدگی جزئی را داشتیم. و برای رقم سوپربتا ٦۰ درصد کوفتگی متوسط، ۲۵ درصد کوفتگی شدید و ۱۵ درصد لکه سیاه با پلاسیدگی جزئی بود شکل (٤ـ۲٦ و ٤ـ۳۰).

در زمان ۲ـ۲٤ ساعت بعد ضربه در رقم پتوارلی ۲۰ درصد کوفتگی و نرمی جزئی و ۳۰ درصد کوفتگی متوسط از کل نمونه را منجر شده و برای رقم سوپربتا ۳۰ درصد کوفتگی متوسط بود. در زمان ۲ـ٤۸ ساعت بعد ضربه در رقم پتوارلی ٤۰ درصد کوفتگی جزئی و ۲۰ درصد کوفتگی متوسط ایجاد شده و برای رقم سوپربتا ۵۰ درصد کوفتگی متوسط، ۳۰ درصد کوفتگی شدید و ۲۰ درصد لکه سیاه با پلاسیدگی جزئی و در زمان ۲ـ۷۲ ساعت بعد ضربه در هر دو رقم میوه کیفیت ظاهری خود را از دست داد شکل (٤ـ۲۷ و ٤ـ۳۱). در زمان ۳و٤ بعد اعمال ضربه نیز هر دو رقم کیفیت ظاهری خود را از دست داد شکل (٤ـ۲۹، ٤ـ۲۸، ٤ـ۳۲ و ٤ـ۳۳). تحقیقی در مورد عمق کوفتگی سیب در اثر سقوط از زاویه ٤۰ درجه منجر به کوفتگی به عمق ۳/۲ میلی متر گزارش شد (Bajema and Hyde, 1998). تحقیقی در مورد تأثیر بارهای مکانیکی بر ضایعات وارد بر سیب پس از مرحله انبارداری توسط (افکاری سیاح و همکاران، ۱۳۸۵) انجام شد. درصد کوفتگی با افزایش سطح انرژی سینتیک افزایش داشت.

جمع بندی نتایج حاصل از این تحقیق عبارتند از:

۱ـ در سقوط از زاویه ۹۰ درجه طی زمان ۱ و ۲ و ۳ و ٤، گسیختگی را مشاهده کردیم، بطوری که در زمان ۱ برای رقم پتوارلی و سوپربتا به ترتیب ۳۰ و ۳۵ درصد گسیختگی از کل نمونه ایجاد شد. و در زمان ۲ برای رقم پتوارلی و سوپربتا به ترتیب ۵۰ و ٦۰ درصد گسیختگی داشتیم. در زمان ۳و٤ برای هر دو رقم حدوداً ۱۰۰ درصد گسیختگی مشاهده شد. ارقام از لحاظ اعمال ضربه اختلاف معنی داری نداشتند.

۲ـ تغییرات معنی داری بر درصد گسیختگی میوه گوجه فرنگی در دو سطح انرژی ضربه ای طی زمان مختلف مشاهده شد. بعبارت دیگر با افزایش رطوبت درصد گسیختگی و ضایعات محل ضربه دیده بیشتر می شود.

۳ـ حداقل انرژی لازم برای گسیختگی در رقم پتوارلی در زمان ۱ برابر J ۱/۵۷۸ برای رقم سوپربتا J ۱/٦۵۵ می باشد.

٤ـ میزان انرژی اعمال ضربه در حین برداشت و جابجایی در زمان ۱ باید کمتر از J ۰/٤٤۲ برای رقم پتوارلی J ۰/٤۹۷ برای رقم سوپربتا باشد. تا در مدت انبارداری ضایعه ای در میوه گوجه فرنگی ایجاد نشود.

بطور کلی مقایسه نتایج بدست آمده از آزمایشهای بارگذاری فشاری شبه استاتیک و بارگذاری ضربه ای نشان می دهد که برای شکست میوه گوجه فرنگی بوسیله نیروی فشاری نسبت به نیروی ضربه، انرژی کمتری مورد نیاز است.

بر پایه نتایج این پژوهش، موارد زیر جمع بندی و توصیه می گردد:

۱ـ حداقل انرژی برای گسیختگی در رقم پتوارلی در سقوط از زاویه ۹۰ درجه زمان ۱ برابر ۱/۵۷۸ J و برای رقم سوپربتا ۱/٦٥٥ J می باشد. از لحاظ رقم ها اختلافات چندانی در عکس العمل اعمال ضربه دیده نشد.

۲ـ پیشنهاد می شود میزان انرژی ضربه اعمالی کمتر از ۰/٤۹۷ J برای رقم سوپربتا در زمان ۱ و برای رقم سوپربتا ۰/۳۹۷ J باشد، تا منجر به خسارت و ضایعه ای نشود.

۳ـ پیشنهاد می شود در مطالعات بعدی، خواص رئولوژیکی دیگر همچون خزش و تنش آسایی و بارگذاری ضربه ای در انواع سطوح ارتفاع و تعیین میزان ضایعات از لحاظ عمق ضایعه میوه گوجه فرنگی مطالعه گردد.

منابع:

افشاری،ح. (۱۳۸۵). بررسی خواص مکانیکی سیب زمینی و تاثیر ضربه بر ایجاد اسیب در دو رقم مورد نظر. پروپوزال دکتری مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی- واحد علوم و تحقیقات، تهران.

افکاری سیاح، ا. ح. مینایی، س؛ سحری، م. ع: (۱۳۸۵) بررسی عوامل موثر بر خواص مکانیکی دانه به منظور تعیین سختی گندم، شانزدهمین کنگره ملی صنایع غذایی ایران، گرگان.

افکاری سیاح، ا.ح و مینایی، س. (۱۳۸٤). طراحی و ساخت و آزمایش دستگاه بارگذاری ضربه ای برای مطالعه رفتار مکانیکی محصولات کشاورزی. مجله علوم و صنایع غذایی ایران. شماره ۵.

افکاری سیاح، ۱. ح؛ مینایی، س؛ گلمحمدی. ع. (۱۳۸۵) بررسی تأثیر بارهای مکانیکی بر ضایعات وارد بر سیب پس از مرحله انبارداری

میرنظامی ضیابری، ح؛ تمیز کار، ح؛ ابراهیم زاده، ر؛ آقاجانی، س؛ ذکایی، ح؛ لبافی، م. و پیرایش فر، ب. (۱۳۷۳). گزارش ضایعات بعد از برداشت محصولات کشاورزی، وزارت کشاورزی- معاونت فنی و تکنولوژی.

مینایی، س، ذکی دیزجی، ح. و افکاری سیاح، ا. ح. (۱۳۸۲). تعیین خواص فیزیکی و مکانیکی دانه نخود در ارتباط با ضایعات کمی. مجموعه خلاصه مقالات نخستین همایش ملی بررسی ضایعات محصولات کشاورزی، تهران.

مینایی، س، لهراسبی، س، افکاری، ا. ح و جوادی. ا. (۱۳۸۳) . تعیین خواص مکانیکی دانه ذرت. تحت بارگذاری فشاری. خلاصه مقالات سومین کنگره ملی مهندسی ماشینهای کشاورزی و مکانیزاسیون، کرمان.

Blahovec, J.;Milckova, M.;paprstein , F. (2002). Static low-level bruising in pears. RES. AGR. ENG, 48(2), 41-46.

Blahovec.J: Mares. V; Paprstein, F, (2004). Static and dynamic tests of pear bruise sensitivity. Agr. Eng, 50 (20: 54-60

Desmet, M.;Lammertyn, J.;Vanlinden, V.;Verlinden, B, E.; Darius. P and Nicolai B. M. (2004). The relative influence of stem and fruit properties on stem puncture injury in tomatoes. Postharvest Biology and Technology, 33p, 101-109

FAO. (1989). Prevention of post-Harvest food losses in fruits, vegetables and Root crops, A Training Manual. Rome, ITAIY.

Jindal, V. K.;Mohsenin, N.N. (1979) Analysis of a simple pendulum impacting device for determining dynamic strength of selected food materials. TRANS. ASAE, 19 (3): 766-770

Mohammadi Iylar, S. (2007). Determination of some Physical and Mechanical Properties of Tomato Cultivars in Relation to Mechanical Losses. Unpublished M.Sc. Thesis, Islamic Azad University, Sience and Research campus,Tehran, Iran

McColloch (1962). Bruising injury of tomato. USDA, AMS, Marketing research. Bulletin, No. 513.

Mohsenin, N.N. (1978) physical properties of plant and animal materials. 1 st edn. Gordon and Breach, New York, USA.

Nelson, c.;Mohsenin. N.N. (1968) Maximum allowable static and dynamic loads and effect of temperature for mechanical injury in apples. J. Agric. Eng. Res., 13p, 305-317.

Van linden, V.;Deketelaere, B.;Desmet, M.;Demoe ker, J. D. (2006) Determination of bruise susceptibility of tomato fruit by means of an instrumeted pendulum postharvest Biology and Technology, 40p, 7-14.

Vursavus, k.;ozguven, F. (2004). Determining the effects of vibration parameters and packaging method on mechanical damage in golden delicious apples. Turk .J. Agric. 28,311-320.

Abstract: Effect of fruit ripeness stages on mechanical damage of tomato

Agricultural Materials are affected under static and dynamic forces at different stages of harvesting, handling and processing. In most cases, these forces cause damage to the product. This study was designed to determination of some mechanical properties of tomato fruit for two cultivars: petoerly-ch and super bta in affecting of two factors: duration of time (4 Levels) and size of fruit (2Levels). Statistical survey was conducted in the form of a split-plot design in time with compeletly randomized design in ten replications. According to the results of impact tests, the effect of fall height, variety and duration of time were defined the form of rupture and making mechanical losses in unseperated fruits in the period of three days warehousing in the temperature of 14 to 18c̊. The effect of and mechanical losses of impact location on the fruit in the period of three days of storage.

At the first time stage (most resistance condition of fruit texture in impact test) the minimum energy required for rupture was equiral to 1.57j and 1.65 for petoerly-ch and super bta varieties, respectively.

Based on the results, the rate of impact that enters to petoerly-ch var, in the time of replacing and harvest in the first stage after harvest, should be lesser than 0/422j and for super-bta it should be lesser than 0/497j to does not cause any mechanical damages in tomato fruits.

Keywords: tomato, mechanical losses, impact test, rupture.