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

بررسی برخی عوامل موثر بر مقاومت گوجه فرنگی در بارگذاری فشاری

مرصاد قربان نژاد شهرودی[۱*]، عبدالله گل محمدی[۲]

۱ و ۲ – به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار گروه مکانیک بیوسیستم دانشگاه محقق اردبیلی
ایمیل مکاتبه کننده:mersadghorbannejad@yahoo.com

چکیده

به دلیل وجود ضایعات در محصول گوجه‌فرنگی، هرساله مقادیر زیادی از این محصول طی مراحل مختلف برداشت و انتقال از بین می‌رود. خواص فیزیکی و شیمایی محصولات کشاورزی وابسته به زمان می‌باشد و این خصوصیات با گذشت زمان تغییر می‌کنند. آسیب در محصولات کشاورزی به شکل‌های مختلفی ایجاد می‌شود. شکل آسیب بستگی به ساختمان فیزیکی و بیولوژیکی محصول و میزان بار اعمال‌شده دارد. در تحقیق حاضر با استفاده از دستگاه آزمون مواد، اثر دما (دمای محیط و دمای ۴ درجه سلسیوس)، وجه میوه (راستای گل میوه و ۹۰ درجه نسبت به گل)، رقم (پتوارلی سی اچ و سوپر بتا) و فشار وارده (۲، ۶ و ۱۰ نیوتنی) بر میزان فشردگی میوه در طی یکه دوره ۱۵ روزه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد که با کاهش دما میزان فشردگی کاهش می‌یابد. همچنین با افزایش میزان فشار از ۲ نیوتن به ۱۰ نیوتن به میزان ۶۵ ٪ میوه فشرده تر می‌شود. هم چنین با افزایش مدت زمان نگه‌داری به دلیل انجام واکنش‌های بیوشیمیایی مؤثر دررسیدن میوه فعال‌تر شدن آنزیم‌های تخریب‌کننده دیواره‌های سلولی، میزان نرم شدگی و تغییر رنگ محصول افزایش می‌یابد.

کلید واژگان: گوجه فرنگی، انبارداری، دما، وجه میوه، میزان فشردگی.

مقدمه

یکی از مشکلات اساسی در حوزه علم مهندسی بیوسیستم، آسیب های وارده به مواد بیولوژیکی فاسد شونده، مانند میوه ها و سبزیجات بـــاغی در اثر ضربه و فشارهای تماسی شبه استاتیکی و نیروهای دینامیکی می باشد. آسیب لهیدگی ناشی از تماس شبه استاتیک یکی از مهم‌ترین دلایل افت کیفیت میوه تازه محسوب می شود. امروزه به دلیل نیاز روزافزون کشور و به منظور حفظ سلامت جامعه استفاده از میوه تازه و باکیفیت مناسب ضروری به نظر می‌رسد. از طرفی محصولات کشاورزی در مراحل مختلف برداشت و پس از برداشت شامل جابه‌جایی، حمل‌ونقل، نگه‌داری و فرآوری، تحت تأثیر نیروهای مکانیکی و صدمات فیزیکی متعددی واقع می‌شوند. در بسیاری از موارد این نیروها موجب آسیب‌دیدگی مکانیکی محصول و پارگی دیواره سلولی شده و روند تبادلات طبیعی دیواره سلولی دچار اختلال می‌گردد(Myhan, et al,2012). در نتیجه تغییرات عمده‌ای در فرآیندهای بیولوژیکی و بیوشیمیایی این محصولات ایجاد می‌شود. در طی همین مراحل بارهای استاتیکی و دینامیکی متعددی بر تک‌تک محصولات واردشده که همه منجر به آسیب محصول می‌شود. گوجه‌فرنگی یکی از مهم‌ترین محصولات باغی است و به طور وسیعی در مناطق مختلف کشور تولید می‌گردد. بر این اساس شناسایی شرایط و عوامل موثر بر وقوع صدمات مکانیکی در محصولات کشاورزی می تواند به کاهش ضایعات در این بخش منجر

شود(افکاری سیاح و مینایی،۱۳۸۸). باید به این نکته توجه نمود که تبدیل شدن به ضایعات در میوه گوجه فرنگی بیشتر است زیرا این میوه از ۹۳ تا ۹۵ درصد آب و ۵ تا ۷ درصد مواد جامد تشکیل شده است(مظاهری و همکاران،۱۳۸۶). محصولات کشاورزی معمولاً از زمان برداشت تا زمان مصرف تحت تأثیر عوامل و فرآیندهای مختلفی قرار می‌گیرند. این فرآیندها می‌توانند عملیات ساده‌ای مانند تمیز کردن، جدا کردن، شستشو، جابجایی و توزین باشند و یا اینکه فرآیندهای تکمیلی یا تبدیلی باشند که به نوعی ویژگی‌های محصول را تحت تأثیر قرار می‌دهند؛ بنابراین شناخت ویژگی‌های مختلف فیزیکی، مکانیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آن‌ها و نحوه حفظ و یا تغییر آن‌ها در جهت اهداف مورد نظر فرآیند، می‌تواند در حفظ کمی و کیفی محصول تأثیر بسزایی داشته باشد(آذرخش و امام جمعه،۱۳۸۳). در محصولات کشاورزی تغییر شکل فقط تابعی از تنش وارده بر آن نمی‌باشد، بلکه به زمان هم بستگی دارد(Sitkei,1986). میوه و سبزی‌ها دارای خواص ویسکوالاستیک هستند؛ یعنی دارای بخشی از خواص جامدات و بخشی از خواص مایعات هستند(Sahin and Sumna,2006). این محصولات در طول دوره برداشت، جابجایی، حمل‌ونقل و انتقال و انبارداری مستعد صدمه پذیری مکانیکی هستند(Rong et al,2004). در هر یک از این مراحل میوه در معرض بارهای مختلف استاتیکی و دینامیکی قرار می‌گیرد و صدمه می‌بیند. این صدمه‌ها کیفیت محصول را کاهش و ضایعات محصول را به دلیل فساد محصول افزایش می‌دهد. غالباً لهیدگی در طی جابجایی و انبارداری به سبب فشار و بار بر روی میوه صورت می‌گیرد. پس از چیدن میوه، میوه در جعبه یا در انبار قرار می‌گیرد. فشار وارد بر میوه ابتدایی با فشاری که بر میوه انتهایی جعبه وارد می‌شود یکسان نمی‌باشد. خود این فشار باعث می‌گردد میوه دچار لهیدگی شود(Tiback et al,2014). برخی میوه‌ها به سبب فصلی بودن و یا به سبب فروش بیشتر در بازار مدت زمان زیادی در انبار نگه‌داری می‌شوند؛ لذا با افزایش مدت زمان نگه‌داری میزان لهیدگی در محصول افزایش می‌یابد. در تحقیقی مطالعه ای بر روی خصوصیات بافتی گوجه فرنگی که در مراحل مختلف رسیدگی برداشت شده اند، انجام گردید. این پژوهش نشان داده است که سختی بافت گوجه فرنگی با رسیده تر شدن کاهش می یابد(Hyde et al,2001). در خصوص زمان پس از برداشت، محققین در بررسی خواص مکانیکی گوجه فرنگی به این نتیجه رسیدند که با گذشت زمان مقاومت گوجه فرنگی در برابر فشار کم‌تر می‌شود(محمدی آیلار و همکاران،۱۳۹۰). در بررسی منابع مشخص شد در سال‌های اخیر پژوهش‌های متعددی در زمینه آسیب‌های ناشی از ضربه و فشار بر روی میوه‌ها و تست‌های مربوطه انجام‌شده است. اما غالب این آزمون‌ها بر سطح جانبی یا پیرامونی میوه‌ها برای داده برداری یا مدل سازی صورت گرفته است. ولیکن هیچ‌گونه تحقیقی در زمینه‌ی مدت زمان نگه داری گوجه فرنگی در شرایط انبارداری صورت نگرفته است لذا هدف از این پژوهش بررسی عوامل مؤثر بر مقاومت گوجه فرنگی در شرایط انبارداری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

تهیه و آماده سازی نمونه اولیه

در این پژوهش از دو رقم گوجه فرنگی با نام‌های پتوارلی سی اچ و سوپر بتا در یک مرحله ثابت و مشخص از رسیدگی (تقریباً رسیده با رنگ صورتی مایل به قرمز–تمایل به سمت قرمز)، از دو گلخانه تخصصی واقع در شهرستان جویبار، به

صورت دست‌چین برداشت، و به صورت تک لایه ای در سبد های مخصوص چیده و به صورت کاملاً کنترل شده، به طوری که کمترین تنش فیزیکی بر نمونه‌ها اعمال شود به آزمایشگاه منتقل گردید.

اندازه گیری خواص فیزیکی

برای اندازه گیری جرم (m) از ترازو دیجیتال با دقت ۰/۰۱ g و به منظور اندازه گیری حجم از روش جابه‌جایی آب استفاده گردید. همچنین با استفاده از کولیس الکترونیکی (CD-۵۱۵) با دقت اندازه گیری ۰/۰۱ mm ، قطر بزرگ (L)، قطر کوچک (W) و ارتفاع (T) اندازه گیری شد(Mohsenin,1986 and Galedar,2008)

میانگین قطر حسابی (D_a)، میانگین قطر هندسی میوه (D_g)، ضریب کرویت، مساحت سطح و نسبت نما از رابطه زیر به دست می‌آید(Mohsenin,1986 and Strohine,1994).

$$D_a = {(L+W+T)}/{3} \quad (۱)$$

$$D_g = (LWT)^{1/3} \quad (۲)$$

$$\emptyset = \frac{D_g}{L} \times 100 \quad (۳)$$

$$S = \pi D_g^2 \quad (۴)$$

$$R = \frac{W}{L} \quad (۵)$$

برای تعیین رطوبت در شرایط آزمایشگاهی از هر رقم، ۶ نمونه به طور تصادفی انتخاب و درون آون در دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۷۲ ساعت قرار داده شد(ASAE,1999). مطابق جدول ۱ میانگین رطوبت برای دو رقم نمونه برابر است با:

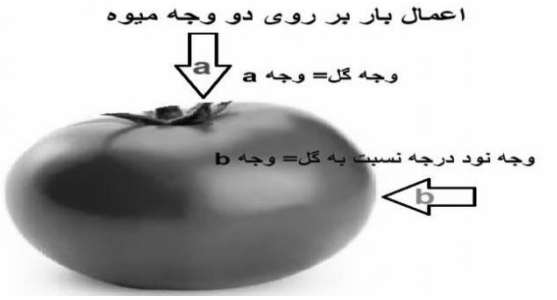
جدول ۱- میانگین مقادیر رطوبت ارقام پتوارلی سی اچ و سوپر بتا

درصد	پتوارلی سی اچ	رقم سوپر بتا
رطوبت	۷۷/۴	۷۵/۳

بارگذاری فشاری در شرایط انبارداری

شکل ۱ – نحوه قرارگیری نمونه‌ها

به منظور تعیین عوامل موثر در مقاومت گوجه فرنگی در شرایط انبارداری از دستگاه آزمون مواد (شکل ۱) ساخته شده در دانشگاه محقق اردبیلی استفاده شد. دستگاه از یک شاسی و ۱۲ پروپ ساخته شده که پروپ نسبت به راستای عمود بر سطح متحرک می باشد. دستگاه در دو شرایط متفاوت قرار گرفت. یکی در دمای ۴ درجه سلسیوس در سردخانه میوه –واقع در شهرستان قائم شهر– و دیگری در شرایط محیط آزمایشگاهی.



شکل ۲ – نحوه اعمال بار به وجوه میوه

در این آزمون ما بار ثابت N 6 را بر روی دو وجه نمونه اعمال می کنیم به گونه ای ابتدا وجهa با پروپ در تماس بوده و فشاربه وجه گل(اسمت مقطع a درشکل ۲) اعمال شده و سپس با وجه b را با پروپ تماس داده که فشار بر وجه ۹۰ درجه نسبت به گل(مقطع b در شکل ۲) اعمال می شود، همچنین سه سطح بار N 2، N 6 و N 10 به وجه گل میوه(وجه a در شکل ۲) اعمال شد. با استفاده از ساعت اندیکاتوری میزان تغییر شکل یا همان فشردگی میوه را در ۲، ۴، ۷، ۱۰، ۱۵ روز پس از نگه داری ثبت شد.

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با ۳ تکرار انجام گردید. اثرات رقم در دو سطح(پتورالی سی اچ و سوپر بتا)، دما در دو سطح (محیط آزمایشگاهی و ۴ درجه سلسیوس)، وجه میوه (وجه گل و وجه نود درجه نسبت به گل) و بارگذاری در سه سطح(۲، ۴ و ۱۰ نیوتن) مورد مطالعه قرار گرفت.

نتایج و بحث

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی گوجه فرنگی رقم پتوارلی سی اچ و سوپر بتا

رقم / ویژگی	پتوارلی سی اچ	سوپر بتا
ارتفاع، T(mm)	۵۳/۷۲±۵/۱۲	۵۱/۶۸±۴/۹۶
قطر بزرگ، L(mm)	۵۸/۵۰±۶/۸۳	۵۸/۰۲±۵/۹۵
قطر کوچک، W(mm)	۵۴/۹۱±۴/۷۸	۵۲/۹۸±۴/۶۹
قطر معادل حسابی، D_a(mm)	۵۵/۷۱±۴/۱۴	۵۴/۲۲±۳/۲۸
قطر میانگین هندسی، D_g(mm)	۵۵/۶۳±۴/۰۸	۵۴/۱۴±۳/۷۷
جرم، m(g)	۹۶/۹۲±۱۶/۸۷	۹۲/۶۹±۱۶/۶۹
ضریب کرویت، Ø (%)	۹۵/۲۵±۶/۲۳	۹۳/۳۱±۶/۰۲
حجم، V(cm^3)	۱۶۵/۳۷±۵۶/۸۱	۱۵۷/۸۲±۴۹/۲۷
نسبت نما، R	۰/۹۳±۰/۰۷	۰/۹۱±۰/۰۸
مساحت سطح، S(cm^2)	۹۷/۳۸±۱۳/۸۸	۹۲/۱۲±۱۲/۳۴

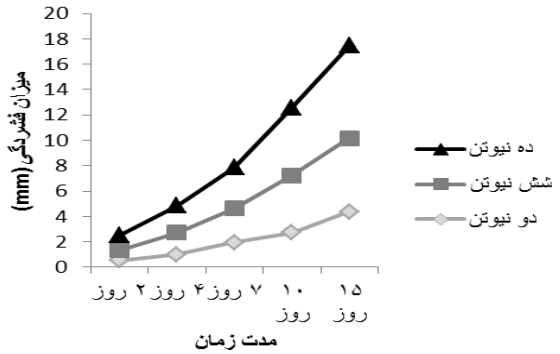
اثر فشار و مدت زمان نگه داری بر میزان فشردگی

با توجه به نمودار ۱ مشخص می‌گردد که در وجه ثابت با افزایش میزان بار از ۲ نیوتن به ۶ نیوتن در روز چهارم میوه حدود ۷۰ درصد فشرده تر می‌شود در صورتی که این میزان فشردگی در روز پانزدهم به حدود ۳۰ درصد می‌رسد. این افزایش ۴۰ درصدی در میزان فشردگی نشان دهنده ای این امر است که در فشارهای پایین حساست میوه به فشردگی بیشتر تابعی از زمان نگه داری می‌باشد که این امر می تواند به علت کاهش نسبت دانسیته توده فشره به دانسیته واحد در طی مدت زمان نگه داری نمونه باشد. باید اذعان داشت که با افزایش مدت زمان نگه‌داری به دلیل انجام واکنش‌های بیوشیمیایی مؤثر در رسیدن میوه فعال‌تر شدن آنزیم‌های تخریب‌کننده دیواره‌های سلولی، میزان نرم شدگی و تغییر رنگ محصول افزایش می‌یابد. که با یافته های محقیقین مطابقت دارد(حسینی هوشیار و همکاران و Allende et al ,2004).

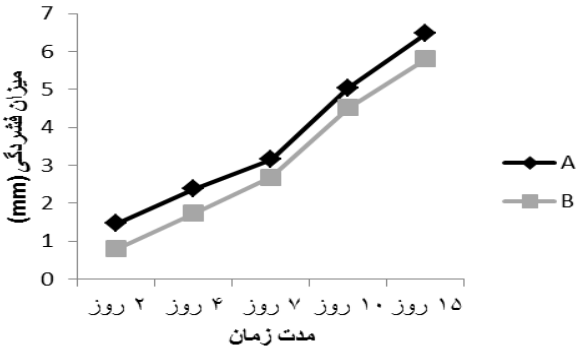
همچنین با افزایش بار از ۲ نیوتن به ۱۰ نیوتن در روز هفتم، میوه حدود ۶۵ درصد فشرده تر می‌شود و این میزان فشردگی در روز ۱۵ ام نیز حدود ۶۵ درصد می‌باشد که نشان دهنده‌ی این موضوع است که فشارهای بالا، حساسیت میوه به هر دو عامل میزان فشار و میزان زمان نگه داری بستگی دارد.

اثر وجه میوه بر فاکتور فشردگی

در یک فشار ثابت ۶ نیوتنی در دو وجه متفاوت میوه مشخص گردید که وجه ۹۰ درجه نسبت به گل حساسیت بیشتر به فاکتور فشردگی دارد. همان طوری که در نمودار ۲ مشخص است در روز هفتم نگه داری گوجه فرنگی در شرایط محیطی میزان فشردگی برای وجه ۹۰ درجه نسبت به گل برابر با ۳/۱۵mm بوده در حالی که برای وجه گل برابر با ۲/۶۸ mm است. از نتیجه فوق برداشت می‌شود که نگه داری میوه در حال وجه گل فشردگی کمتری نسبت به حالت ۹۰ درجه نسبت به گل ایجاد می‌کند.



نمودار ۱- میزان فشردگی گوجه فرنگی رقم پتوارلی سی اچ در وجه گل در سه سطح بارگذاری در دمای محیط



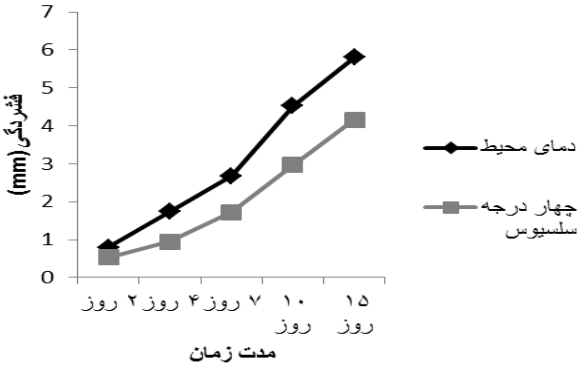
نمودار ۲ – میزان فشردگی گوجه فرنگی رقم پتوارلی سی اچ (A = 90 درجه نسبت به گل و B = وجه گل)

اثر دما بر فاکتور فشردگی

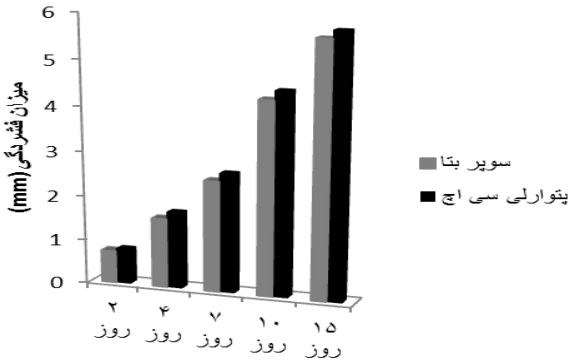
مقایسه مقادیر نمودار ۳ نشان می‌دهد که با کاهش دما، از دمای محیط به دمای ۴ درجه سلسیوس میزان فشردگی کاهش یافته است. در توجیه این امر باید گفت که دما بر روی خواص فیزیکی گوجه فرنگی اثرگذار است، بنابراین منطقی است که بر میزان فشردگی نیز تأثیرگذار باشد. همچنین با کاهش دما ویسکوزیته افزایش می‌یابد و دیواره سلول‌ها ترد می‌گردند و سفتی افزایش می‌یابد(Schrool and Hplt,1977). بنابراین میزان فشردگی کاهش می‌یابد. که با نتایج محقیقن مطابقت دارد(Hyde et al,2001).

اثر رقم بر فاکتور فشردگی

مطابق نمودار ۴رقم سوپر بتا نسبت به پتوارلی سی اچ حساسیت کمتری به فشردگی دارد. این مقدار حساسیت در فشردگی کمتر از ۵ درصد می‌باشد. که با نتایج محقیقن مطابقت دارد(محمدی آیلار و همکاران،۱۳۹۰).



نمودار ۳ – میزان فشردگی گوجه فرنگی در شرایط دمایی (دمای محیط و دمای ۴ درجه سلسیوس)



نمودار ۴- میزان فشردگی گوجه فرنگی در دو رقم پتوارلی سی اچ و سوپر بتا

نتیجه گیری

بر اساس یافته های این تحقیق می‌توان به نتایج زیر اشاره نمود:

- با افزایش مدت زمان نگه‌داری محصول در شرایط محیطی میزان آسیب و فساد در محصول افزایش می‌یابد.

- با کاهش فشار به محصول میزان لهیدگی در محصول کاهش یافته و آسیب و فساد در محصول پس از گذشت زمان صورت می‌گیرد به طوری که با کاهش ۸۰ ٪ در مقدار فشار وارد شده ۶۵ درصد فشردگی در محصول کاهش می یابد.
- با انتخاب دمای صحیح نگه داری از محصول می‌توان عمر مفید نگه داری میوه در شرایط انبارداری را افزایش داد به طوری با کاهش دما از دمای محیط به دمای یخچال ۴۰ ٪ فشردگی در محصول کاهش می یابد.
- همچنین می‌توان با انتخاب رقم مناسب یعنی رقم سوپر بتا به جای پتوارلی سی اچ میزان تغییر شکل و آسیب‌دیدگی محصول را کاهش داد.
- با توجه به این پژوهش پیشنهاد می‌شود که میزان آسیب تحت اثر چندین دما بین دمای محیط و دمای ۴ درجه سلسیوس بر روی چندین رقم گوجه فرنگی در سطوح بارگذاری مختلف بررسی گردد تا با استفاده از نتایج به دست آمده هم بتوان از حداکثر ظرفیت انبار بهره برد و هم ارقام مناسب برای انبارداری مشخص گردد.

مراجع

۱. آذرخش، ن و امام جمعه، ز. (۱۳۸۳). اثر استفاده از فرآیند اسمز در شاخص‌های کیفی خلال سیب‌زمینی منجمد. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۳۵، شماره ۴. صفحات ۹۵۵-۹۶۳.

۲. افکاری سیاح، ا. و مینایی، س. (۱۳۸۸.) مبانی و بررسی ضایعات مکانیکی در محصولات کشتورزی. انتشارات جهاد دانشگاهی واحد استان اردبیل، ص ۱۸۳.

۳. حسینی هوشیار، س.، فاطمیان، ح.، اسدی، غ. و دلخوش، ب. (۱۳۹۰) بررسی اثرات نیروهای ضربه‌ای ناشی از سقوط بر ویژگی‌های بیوفیزیکی گوجه‌فرنگی. مجله علوم غذایی و تغذیه.

۴. محمدی آیلار، س.، مینایی،س. و افکاری سیاح، ا. (۱۳۹۰) بررسی خواص مکانیکی گوجه‌فرنگی تحت بارگذاری فشاری طی مراحل مختلف رسیدگی پس از برداشت. مجله مهندسی بیوسیستم ایران.

۵. مظاهری تهرانی، م.، مرتضی، ع. ضیاءالحق، ح. و قندی، ا. (۱۳۸۶). تولید و فرآوری گوجه فرنگی. انتشارات مرز دانش. ص ۲۴۰.

6. Allende, A., Desmet, M., Vanstreels, E. & Nicola, M. (2004). Micromechanical and geometrical properties of tomato skin related to differences in puncture injury susceptibility.Postharvest Biology and Technology, 34, 131–141
7. ASAE Standards, (1999). Moisture measurement of unground grain & seeds. American Society of Agricultural Engineers. ASAE, S352. 2.
8. Galedar, M., Tabatabaeefar, A., Jafari, A., Sharifi, A., O'Dogherty, M.J., Rafee, S. and Richard, G., 2008a, Effects of moisture content and level in the crop on the engineering properties of alfalfa stems. Biosys. Eng., 101(2), 199-208
9. Hyde, G.M., Baritelle, A.L., Varith, J. 2001. Fruit and vegetable conditioning to improve impact bruise threshold. In: Proceedings of the 6th International Symposium on Fruit, Nut and Vegetable Production Engineering. Potsda Germany September. 11–14
10. Mohsenin, N. N. (1986). Physical properties of plant and animal materials, Vol. 1. Gordon and Breach Science Publ., New York, NY, USA

11. Myhan, R,. Bialobrzewski, I,. and Markowski, M. (2012). An approach to modeling the rheological properties of food materials. Journal of Food Engineering. 111:351-359.
12. Rong, W., Qunying, J., and Deqiang, W. (2004). On the mechanical damage of grape using finite element analysis. An ASAE/CSAE Meeting presentation.
13. Sahin, S., and Sumna, S. (2006). Physical properties of foods. Spring-Verlag, Berlin.
14. Schoorl, D., Hplt, J.E. 1977. The effects of strage time and tempareature on the bruising of Jonathan, Delicious and Granny Smith apples. Journal of Texture Studied. 8: 409-416.
15. Sitkei, G. (1986). Mechanics of Agricultural Materials. Elsevier, New York, Budapest, Hungary.
16. Strohine, R. (1994). Physical properties agricaultural materials food products. Indiana,. USA.
17. Tiback, E,. Langton, M,. Oliveria, J,. and Ahme, L. (2014). Mathematical modeling of the viscosity of tomato, broccoli and carrot purees under dynamic conditions. Journal of Food Engineering. 124:35-42.

Study of some effective factors on the resistance of tomato on the compressive loading

Abstract

Because of waste in tomato, each year a large amount of this product is lost during harvest and transportation. Physical and chemical properties of agricultural products depending on time, and this characteristics change over time. Damage in agricultural product created in various form. A form of damage depend on Physical and biological structure of product and measure of load. this paper study the effect of, temperature (environment temperature and 4 ° C), face of product (in direction of fruit flower and 90 degree relative to flower), type (Petoerly-CH and Suuper Bta) and load (2,6,10 N) on fruit crush, during a 15 day period by using of materials testing machine. The results analyzed according to factorial experiment in a completely randomized plot. The results showed that with decrease in temperature, fruit crush decreased. Also with increase the load from 2 N to 10 N, amount of fruit crush increase to 65%. And also with increase the time of holding due to effective biochemical reaction on fruit ripe; activity of destroyer cell wall enzymes, the softening and product color changing will increase.

Kwewords: tomato, storage, temperature, face of product, crush.