Archive of SID

مهندسی بیوسیستم ایران، دورهٔ ۴۶، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۴ (ص ۱۷۴-۱۶۹)

تأثیر رقم، زمان برداشت، و اندازهٔ میوه بر خصوصیات مکانیکی انار

محمدحسین سعیدی‌راد[1*]، علی‌اکبر حسین‌پور[2]، سعید ظریف نشاط[3]

۱. استادیار پژوهش، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی

۲. کارشناس ارشد، مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳. استادیار پژوهش، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۲/۲۴- تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۱۲/۲۳)

چکیده

در این تحقیق، تأثیر رقم، زمان برداشت، و اندازهٔ میوه روی خصوصیات مکانیکی پوست، جرم مخصوص، و مقاومت انار در برابر بارگذاری فشاری بررسی شد. نتایج نشان داد سه رقم انار مطالعه‌شده (اردستانی، شیشه‌کپ و ملس) پوسته‌هایی با ضخامت‌های متفاوت داشته‌اند که این امر موجب تفاوت در نیروی لازم برای نفوذ میوهٔ کامل انار به میزان ۱۰درصد می‌شد. رقم شیشه‌کپ ضخیم‌ترین پوسته را به نسبت دو رقم دیگر داشت. رقم‌های اردستانی و شیشه‌کپ به ترتیب مقاومت‌های ۴۵۳ و ۴۲۸ نیوتن در برابر نیروهای فشاری از خود نشان دادند. رقم ملس کمترین مقاومت را در برابر بارگذاری فشاری داشت که این مقاومت با گذشت زمان و تأخیر در برداشت به میزان ۱۵درصد کاهش پیدا می‌کرد. همچنین مشخص شد که با افزایش اندازهٔ میوه جرم مخصوص به میزان ۳۹درصد کاهش و مقاومت آن در برابر بارگذاری فشاری، ۲۵درصد افزایش می‌یافت.

واژه‌های کلیدی: انار، جرم مخصوص، رقم، مقاومت مکانیکی.

مقدمه

انار با نام علمی *Punica granatum* از خانوادهٔ *Punicaceae* است. تاکنون ۶۱ رقم انار در استان خراسان شناسایی شده است که عمده‌ترین ارقام عبارت از شیشه‌کپ، بجستانی، خزر، اردستانی، شهوار، ملس پوست‌کلفت، و نازک است (Behzadi, 1998). خراسان یکی از مناطق مهم کشت انار در کشور است که کل تولید انار آن ۸۶۴۲ تن با متوسط عملکرد ۱۲۹۹۶ کیلوگرم در هکتار است (Anon, 2010). تاکنون برآورد صحیح و معتبری دربارهٔ میزان ضایعات انار در حین برداشت و پس از برداشت انجام نشده است.

آنچه مسلم است این که همواره بخش عمده‌ای از محصولات باغی از جمله انار در حین مراحل برداشت و پس از برداشت از بین می‌رود. میزان ضایعات واردشده به محصول تحت‌تأثیر عوامل گوناگونی همچون رقم، زمان برداشت، اندازهٔ محصول، و خصوصیات فیزیکی است. از آنجا که انار ایران در بازارهای جهانی خریداران زیادی دارد، حفظ و ارتقای جایگاه آن نیازمند توجه و اهتمام بیشتر به مسائل برداشت و پس از برداشت است. بدین منظور می‌بایست محصولی را برای صادرات انتخاب کرد که دارای عمر انبارداری بهتر و مقاومت مکانیکی بیشتر در برابر نیروهای واردشده در حین برداشت، حمل‌ونقل، و زمان انبارداری باشد. مکانیزم و نحوهٔ ایجاد صدمه در محصولات کشاورزی تاکنون به‌طور کامل شناخته نشده است. اما آنچه مسلم است صدمه عبارت از ایجاد پارگی و یا بریدگی‌هایی در بافت‌های سلولی داخلی و خارجی محصولات کشاورزی است (Tavakoli, 2003).

برای مواد بیولوژیکی همانند محصولات کشاورزی، شروع پارگی در بافت‌های سلولی با حد آستانهٔ گسیختگی مشخص می‌شود. بنابراین صدمه زمانی اتفاق می‌افتد که میزان بار و نیروی واردشده از حد گسیختگی بیولوژیکی ماده تجاوز کند. ولی در شرایطی که بارگذاری به‌صورت مکرر باشد گسیختگی بیولوژیکی ممکن است با اعمال بارهای کوچکتر از حد گسیختگی اتفاق بیفتد و دلیل آن این است که تعدادی از مواد تحت بارگذاری مکرر به‌تدریج نرم می‌شود و استحکام آن‌ها کاهش می‌یابد. برای محاسبهٔ تنش‌های مجاز برای محصولات کشاورزی ابتدا لازم است که خواص مکانیکی آن‌ها در حالت‌های گوناگون تنش شناخته شوند. با دانستن رفتار ماده تحت وضعیت تنش‌های ساده، امکان کاربرد تئوری‌های شکست برای پیش‌بینی زمان شکست در تنش‌های مرکب وجود خواهد داشت (Tavakoli, 2003).

* نویسنده مسئول: saiedirad@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی ۱۲ رقم انار در مناطق گوناگون ایران نشان داد که میانگین جرم مخصوص از ۰/۹۱ تا ۱/۰۴ گرم بر سانتیمتر مکعب متغیر است. همچنین ضخامت پوستهٔ ارقام گوناگون انار از ۱/۶ تا ۶ میلی‌متر گزارش شد (Akbarpour *et al*., 2009).

در تحقیقی که روی ۵ واریتهٔ انار محلی انجام گرفت، تفاوت بین جرم مخصوص واریته‌های گوناگون انار در سطح ۱درصد معنی‌دار گزارش شد. میانگین جرم مخصوص ۵ واریته، ۰/۹۷ گرم بر سانتیمتر مکعب به‌دست آمد (Mustafa & Hobani, 1993).

تعدادی از محققان خواص فیزیکی انار رقم *Eksinar* را که در ترکیه کشت می‌شود به‌دست آوردند. آن‌ها را در سه مرحلهٔ نارس، نیمه‌رسیده، و کامل‌رسیده بررسی و گزارش کرده‌اند که بین سه مرحلهٔ رسیدگی اختلاف معنی‌داری در طول، قطر، و حجم میوهٔ انار وجود ندارد، اما در وزن و چگالی انار در سه زمان برداشت اختلاف معنی‌داری وجود دارد (Celik & Ercisli, 2009).

در تحقیقی رفتار مکانیکی چهار رقم سیب در مراحل بسته‌بندی و درجه‌بندی بررسی شد. در این پژوهش برخوردهای ایجادشده در یک ماشین درجه‌بند ایتالیایی با یک مکانیزم آزمایشگاهی اندازه‌گیری ضربه دوباره بازسازی و مقاومت مکانیکی واریته‌های گوناگون سیب‌ها در برابر ضربه اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که سیب‌های رقم استارک دلیشز (*Stark Delicious*) دارای بیشترین حساسیت به صدمه در مقایسه با سایر واریته‌ها هستند (Ragni & Berardinelli, 2001).

این تحقیق به‌منظور بررسی عوامل مؤثر بر ایجاد ضایعات در مراحل گوناگون برداشت و پس از برداشت که شامل خصوصیات مکانیکی انار و پوستهٔ آن است، انجام شد. در این پژوهش، تأثیر رقم، زمان برداشت و اندازهٔ میوه بر مقاومت پوست در برابر نفوذ، جرم مخصوص، و مقاومت انار در برابر بارگذاری فشاری بررسی شد.

مواد و روش‌ها

برای اجرای این تحقیق از سه واریتهٔ انار رایج در منطقهٔ جنوب خراسان به نام‌های شیشه‌کپ، اردستانی، و ملس استفاده شد. بدین منظور از هر واریته سه درخت انتخاب و نمونه‌های لازم برای انجام آزمایش‌ها در سه زمان گوناگون (نیمهٔ مهرماه، اول آبان‌ماه، و آخر آبان‌ماه) برداشت شد. نمونه‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه با ترازوی آزمایشگاهی (GEC_Avery) با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شدند. با اندازه‌گیری سه قطر عمود بر هم هر یک از نمونه‌ها با کولیس به دقت ۰/۱ میلی‌متر و با رابطهٔ ۱ قطر هندسی (D) برای هر کدام محاسبه شد (Mohsenin, 1970).

$$D = \sqrt[3]{L_1 \times L_2 \times L_3} \qquad \text{(رابطهٔ ۱)}$$

که در آن: L_1 قطر بزرگ، L_2 قطر متوسط، و L_3 قطر کوچک میوه برحسب میلیمتر است.

درنهایت میوه‌ها براساس وزن و قطر هندسی‌شان در سه گروه طبقه‌بندی شدند که در جدول ۱ نشان داده شده است:

جدول ۱. تقسیم‌بندی نمونه‌های انار براساس وزن (gr) و قطر هندسی (mm)

نام رقم	کوچک		متوسط		بزرگ	
	وزن	قطر هندسی	وزن	قطر هندسی	وزن	قطر هندسی
اردستانی	<۲۵۰	<۷۰	۲۵۰-۴۰۰	۷۰-۸۵	۴۰۰<	۸۵<
شیشه‌کپ	<۲۰۰	<۷۰	۲۰۰-۳۰۰	۷۰-۸۰	۳۰۰<	۸۰<
ملس	<۲۰۰	<۷۰	۲۰۰-۳۰۰	۷۰-۸۰	۳۰۰<	۸۰<

به‌منظور بررسی خصوصیات فیزیکی و مکانیکی ارقام گوناگون انار و مقایسهٔ آن‌ها با یکدیگر در زمان‌های گوناگون برداشت تأثیر تیمارهای رقم انار در سه سطح (شیشه‌کپ، بجستانی و خزر)، زمان برداشت در سه سطح (۲۵-۱۵ مهرماه، ۱۰-۱ آبان ماه، و ۳۰- ۱۵آبان ماه)، و اندازهٔ وزنی انار در سه سطح (۱۰۰-۵۰ گرم، ۲۵۰-۱۰۰ گرم، و ۲۵۰ گرم به بالا) بر خصوصیات فیزیکی و مکانیکی پوست میوه و همچنین میوهٔ کامل به شرح ذیل بررسی شدند.

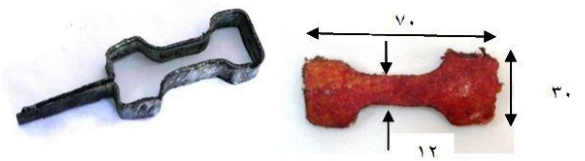
مقاومت کششی پوست میوه

برای اندازه‌گیری این خصوصیت از دستگاه بافت‌سنج (*Texture Analyser*) (مدل QTS 25Kg ساخت شرکت فارنل انگلستان) مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان استفاده شد. این دستگاه دارای نیروسنجی به ظرفیت ۲۵ کیلوگرم نیرو است و قابلیت اندازه‌گیری نیرو با دقت ۰/۰۰۱ نیوتن را دارد. با استفاده از قالب فلزی ساخته‌شده (شکل ۱) نمونه‌های I شکل از پوست میوه برش زده و تهیه شد. نمونه‌های تهیه‌شده براساس

www.SID.ir

Archive of SID

اندازهٔ قالب دارای ابعادی مطابق شکل ۱ بودند. دو طرف نمونهٔ تهیه‌شده توسط فک‌های بالا و پایین دستگاه بافت‌سنج گرفته می‌شد و سپس نمونه تحت نیروی کششی با سرعت جابه‌جایی ۳ میلی‌متر بر دقیقه قرار می‌گرفت. منحنی نیرو-تغییر شکل با نرم‌افزار دستگاه ترسیم و با محاسبهٔ سطح زیر منحنی انرژی لازم برای گسیختگی برآورد می‌شد (Macolm, 2006).



شکل ۱. قالب فلزی و نمونهٔ تهیه‌شده از پوست میوه (ابعاد برحسب میلیمتر)

مقاومت پوست در برابر نفوذ

نمونهٔ سالم میوهٔ انار با دستگاه بافت‌سنج تحت نیروی نفوذی با پروب فلزی استوانه‌ای سرتخت، با قطر سه میلیمتر قرار گرفت. نیروی اندازه‌گیری‌شده برای نفوذ پروب به داخل میوه (عبور از پوسته) به‌عنوان مقاومت میوه در برابر نفوذ منظور شد.

مقاومت فشاری میوه

در این مرحله از تحقیق انار سالم با دستگاه کشش فشارآزمون مواد (Zwick Z 250) تحت بارگذاری شبه‌استاتیکی قرار گرفت. دستگاه قابلیت اعمال نیرویی برابر با ۲۵ تن با دقت ۰/۰۰۰۱ نیوتن را داشت. با بارگذاری میوه بین دو صفحهٔ عمودی و افزایش نیرو تا نقطهٔ شکست، نیروی لازم برای شکست انار به‌عنوان مقاومت فشاری محاسبه شد (ASAE, 2000).

وزن مخصوص انار

وزن انارها با ترازوی دیجیتالی و حجم آن‌ها با روش غوطه‌وری در آب و محاسبهٔ حجم آب جابه‌جاشده اندازه‌گیری و با رابطهٔ ۲ جرم مخصوص هر یک محاسبه شد (Mohsenin, 1970). که در آن M و V به ترتیب جرم برحسب گرم و حجم برحسب سانتیمتر مکعب است.

$$\rho = \frac{M}{V}$$ (رابطهٔ ۲)

رطوبت نمونه‌ها به‌صورت درصد وزن تر و با استفاده از رابطهٔ ۳ به‌دست آمد.

$$M_c = \frac{m_t - m_0}{m_t} \times 100$$ (رابطهٔ ۳)

که درآن m_0 و m_t به ترتیب جرم خشک و جرم تر نمونه برحسب گرم است (Mohsenin, 1984). تجزیه و تحلیل داده‌ها در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی با آزمایش‌های فاکتوریل و با نرم‌افزار SPSS نسخهٔ ۱۶ انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از اندازه‌گیری ضخامت پوسته و درصد رطوبت (بر پایهٔ تر) برای رقم‌های گوناگون به شرح جدول ۲ است. مشخص شد که رقم شیشه‌کپ دارای پوست ضخیم‌تری در مقایسه با دو رقم دیگر است.

جدول ۲. مشخصات فیزیکی پوست سه واریتهٔ انار

رقم انار	رطوبت پوست (درصد)	ضخامت پوست (mm)
اردستانی	۷۱/۲۲	۲/۹۵
شیشه‌کپ	۷۰/۳۱	۴/۰۷
ملس	۶۹/۶۰	۴/۰۲

نتایج آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد که خصوصیات فیزیکی و مکانیکی اندازه‌گیری‌شده برای میوهٔ کامل تحت‌تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفته است. سه تیمار رقم محصول، زمان برداشت، و اندازهٔ میوه با سطح احتمال ۱درصد تأثیر معنی‌داری را بر جرم مخصوص و مقاومت فشاری میوه نشان می‌دهند. همچنین مشخص شد که مقاومت کششی پوست میوه تحت‌تأثیر زمان برداشت و مقاومت به نفوذ آن تحت‌تأثیر اندازهٔ میوه در سطح احتمال ۵درصد تغییر می‌کند. اثر متقابل رقم در اندازهٔ میوه و زمان برداشت، تأثیر معنی‌داری بر مقاومت کششی پوست میوه نشان دادند. همهٔ تأثیرات متقابل تیمارهای آزمایشی نیز دارای اثر معنی‌داری بر جرم مخصوص میوه در سطح احتمال ۱درصد و بر مقاومت فشاری در سطح احتمال ۵درصد هستند (جدول ۳).

در ادامه تأثیر هر یک از متغیرها روی صفات مطالعه‌شده به تفکیک بحث شده‌اند:

- تأثیر رقم محصول

به‌منظور بررسی تفاوت بین سطوح گوناگون تیمارها، آزمون مقایسهٔ میانگین‌ها با آزمون دانکن و در سطح احتمال ۵درصد انجام شد (جدول ۴). با توجه به این که مقاومت میوه در برابر بارگذاری فشاری از مهمترین عوامل کاهش ضایعات میوه در زمان انبارداری است. نتایج آزمون نشان می‌دهد که رقم ملس کمترین میزان مقاومت را دارد به‌طوری‌که مقاومت آن در برابر بارگذاری شبه‌استاتیکی به میزان ۳۴درصد کمتر از رقم اردستانی است. این درحالی است که تفاوت معنی‌داری بین دو رقم اردستانی و شیشه‌کپ مشاهده نمی‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

همچنین بیشترین جرم مخصوص متعلق به رقم شیشه‌کپ با میزان ۱/۱۲ گرم بر سانتیمترمکعب است. رقم شیشه‌کپ دارای کمترین مقاومت کششی و مقاومت به نفوذ در مقایسه با دو رقم اردستانی و ملس است. همانگونه که ذکر شد ضخامت پوست میوهٔ انار دو رقم شیشه‌کپ و ملس بیشتر از رقم اردستانی است (جدول ۲). این درحالی است که بیشترین مقاومت به نفوذ و مقاومت کششی پوست میوه مربوط به رقم اردستانی است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که افزایش قطر پوست میوه نمی‌تواند منجر به افزایش مقاومت آن در برابر کشش و همچنین نفوذ شود. Wang et al. (2006) نیز گزارش کردند که در آزمون نفوذسنجی بافت میوهٔ هلو، نیروی نفوذ فشارندهٔ میلهٔ فولادی مبین مقاومت بافت میوه در برابر برش و پارگی است و این نیرو ارتباطی با خصوصیات الاستیکی بافت میوه ندارد.

جدول ۳. نتایج آنالیز واریانس (میانگین مربعات)

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات			
		مقاومت کششی پوست میوه	مقاومت به نفوذ پوست میوه	جرم مخصوص میوه	مقاومت فشاری میوه
رقم انار	۲	۲۶/۹۸ns	۱۹۰/۳۱ ns	۰/۲۵**	۲۵۰۷۲۹/۶۱**
زمان برداشت	۲	۸۰/۳۸*	۶۸/۹۸ns	۰/۸۴**	۳۸۷۷۹/۰۹**
اندازهٔ میوه	۲	۵/۰۸ns	۲۳۲/۱۹*	۲/۴۶**	۱۰۹۸۹۷/۷۸**
رقم×زمان برداشت	۴	۶۴/۵۲*	۱۱۳/۲۲ns	۰/۲**	۱۲۰۱۹/۶۴*
رقم×اندازهٔ میوه	۴	۸۰/۱۸*	۱۱۸/۲۸ns	۰/۳۳**	۱۵۱۹۶/۷۴*
زمان برداشت×اندازهٔ میوه	۴	۱۲/۱۹ns	۶۶/۲۱ns	۰/۲۸**	۴۵۸۸/۶۴*
رقم×زمان برداشت×اندازهٔ میوه	۸	۹/۷۱ns	۷۲/۵۹ns	۰/۰۸**	۹۰۷۳/۶۹*
خطا		۲۳/۸۸	۶۸/۴۲	۰/۰۲	۴۱۸۱/۳۸

*، ** و ns: به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و۱درصد و نبود اختلاف معنی‌دار

جدول ۴. نتایج آزمون مقایسهٔ میانگین‌ها در سطوح گوناگون متغیرها با استفاده از آزمون دانکن

	مقاومت کششی (N)	مقاومت به نفوذ (N)	جرم مخصوص (gr/cm^3)	مقاومت فشاری (N)
اردستانی	۱۷/۲۹ a	۲۹/۸۸ b	۰/۹۶ a	۴۵۲/۹۶ b
شیشه‌کپ	۱۵/۹۹ a	۲۵/۳۳ a	۱/۱۲ b	۴۲۸/۴۰ b
ملس	۱۷/۶۳ a	۲۷/۰۵ ab	۱/۰۷ b	۲۹۷/۷۰ a
اواسط مهرماه	۱۵/۳۱ a	۲۶/۲۹ a	۰/۸۸ a	۴۲۹/۹۰ b
اوایل آبان ماه	۱۷/۳۹ ab	۲۷/۰۱ a	۱/۱۱ b	۳۸۲/۱۳ a
اواخر آبان‌ماه	۱۸/۲۱ b	۲۸/۹۶ a	۱/۱۷ b	۳۶۷/۰۳ a
ریز	۱۷/ ۰۹ a	۳۰/۱۶ b	۱/۳۳ a	۳۳۵/۵۳ a
متوسط	۱۷/۲۷ a	۲۵/۱۴ a	۱/۰۱ b	۳۹۷/۸۱ b
درشت	۱۶/۵۵ a	۲۶/۹۶ ab	۰/۸۱ c	۴۴۵/۷۲ c

اعداد با حروف مشابه برای هر تیمار در هر ستون حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد است.

- تأثیر زمان برداشت

نتایج آزمون مقایسهٔ میانگین‌ها (جدول ۴) نشان می‌دهد که با طولانی‌شدن زمان برداشت، مقاومت کششی پوست میوه نیز افزایش می‌یابد به‌طوری که تفاوت معنی‌داری در مقاومت کششی پوست میوه‌های برداشت‌شده در اواخر مهرماه با اواسط آبان ماه وجود دارد. مقاومت به نفوذ پوست میوه نیز با طولانی‌شدن زمان برداشت، افزایش یافته است هرچند که داده‌های به‌دست‌آمده در سه زمان گوناگون با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند. افزایش مقاومت کششی و مقاومت به نفوذ پوست میوه را می‌توان ناشی از کامل ترشدن فیزیولوژی رشد میوه و کاهش رطوبت پوست میوه دانست.

طولانی‌شدن زمان برداشت و به عبات دیگر تأخیر در زمان آن، موجب کاهش مقاومت فشاری میوهٔ انار می‌شود. نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد که طولانی‌شدن زمان برداشت از اواسط مهرماه تا اواخر آبان‌ماه موجب کاهش ۱۵درصدی مقاومت میوه در برابر بارگذاری‌های فشاری شده است. همچنین مشخص شد جرم مخصوص میوه با تأخیر در زمان برداشت افزایش می‌یابد. Celik & Ercisli, (2009) نیز گزارش کردند که طی سه مرحلهٔ

www.SID.ir

Archive of SID

برداشت (نارس، نیمه‌رسیده، و کامل‌رسیده) به‌تدریج وزن و چگالی میوهٔ انار افزایش می‌یابد.

- تأثیر اندازهٔ میوه

نتایج جدول ۴ تفاوت معنی‌دار بین سطوح گوناگون اندازهٔ میوهٔ انار را برای دو خصوصیت جرم مخصوص و همچنین مقاومت فشاری آن نشان می‌دهد. مشخص شد که با افزایش اندازهٔ میوه جرم مخصوص کاهش و مقاومت آن در برابر بارگذاری فشاری افزایش می‌یابد.

نمودارهای شکل‌های ۲ و ۳ نشان می‌دهند که با افزایش اندازهٔ میوه مقاومت آن در برابر بارگذاری فشاری افزایش و جرم مخصوص آن کاهش می‌یابد. براساس تئوری هرتز با افزایش شعاع انحنا، ارتفاع بحرانی سقوط و همچنین تنش ماکزیمم افزایش می‌یابد (Tavkoli, 2003). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در واریته‌های انار مطالعه‌شده، در بارگذاری میوهٔ کامل، میوه‌های درشت‌تر که دارای شعاع انحنای بزرگ‌تری نیز هستند مقاومت بالاتری را در مقایسه با میوه‌های کوچک‌تر از خود نشان داده‌اند.

بررسی تأثیرات متقابل نشان می‌دهد که رقم ملس دارای کمترین مقاومت در برابر بارگذاری فشاری است که این مقاومت با گذشت زمان و تأخیر در برداشت کاهش می‌یابد. به‌طوری که در جدول ۵ مشاهده می‌شود از اواسط مهرماه تا اواخر آبان‌ماه مقاومت فشاری میوه به میزان ۳۱درصد کاهش یافته است. کاهش مقاومت فشاری با تأخیر در زمان برداشت در دو رقم دیگر (اردستانی و شیشه‌کپ) نیز به میزان اندکی مشاهده می‌شود. طولانی‌شدن زمان برداشت و باقی‌ماندن میوه روی درخت موجب تغییراتی در جرم مخصوص میوه می‌شود که می‌تواند ناشی از تغییرات فیزیولوژی میوه در مدت زمان سپری‌شده و درنتیجه تغییر رطوبت میوه باشد. همچنان که روت و همکاران (Roth et al. 2005) گزارش کردند که حساسیت به کوفتگی از دو عامل سفتی و وزن میوه تأثیرپذیر است. افزایش آب و افزایش در تورم سلولی بافت میوه، حساسیت به کوفتگی میوه را افزایش می‌دهد و سفتی بافت میوه از وضعیت آب میوه تأثیر می‌پذیرد.

شکل ۲. تأثیر زمان برداشت و اندازهٔ میوه بر مقاومت فشاری انار

شکل ۳. تأثیر زمان برداشت و اندازهٔ میوه بر جرم مخصوص انار

جدول ۵. تأثیرات متقابل رقم و اندازهٔ میوه در زمان برداشت بر مقاومت فشاری و جرم مخصوص با استفاده از آزمون دانکن

		مقاومت فشاری (N)			جرم مخصوص(gr/cm^3)		
		زمان برداشت			زمان برداشت		
		اواسط مهر	اوایل آبان	اواخر آبان	اواسط مهر	اوایل آبان	اواخر آبان
رقم میوه	اردستانی	۴۵۸/۶۳c	۴۷۲/۷۶C	۴۲۷/۴۸bC	۰/۸۸ab	۰/۹۱ab	۱/۰۸bc
	شیشه‌کپ	۴۶۱/۴۶C	۴۱۱/۸۷bC	۴۰۰/۸۷bC	۰/۷۹a	۱/۲۷c	۱/۲۹c
	ملس	۳۶۹/۶۲b	۲۶۱/۷۵a	۲۵۳/۷۵a	۰/۹۶ab	۱/۱۱bc	۱/۱۴bc
اندازهٔ میوه	ریز	۳۸۰/۸۴bc	۳۳۵/۰۶ab	۲۹۰/۶۹a	۰/۹۶bc	۱/۴۸a	۱/۵۵ a
	متوسط	۴۲۹/۳۴cd	۳۹۴/۷۶bcd	۳۶۹/۳۴ab	۰/۸۷c	۱/۰۵b	۱/۱۰b
	درشت	۴۷۹/۵۳d	۴۱۶/۵۶bcd	۴۴۱/۰۷cd	۰/۷۹c	۰/۷۸c	۰/۸۵c

اعداد با حروف مشابه برای هر تیمار در هر ستون یا ردیف حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد است.

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری کلی

موارد زیر را به‌صورت کلی می‌توان از این تحقیق نتیجه گرفت:

سه رقم انار مطالعه‌شده پوسته‌هایی با ضخامت‌های گوناگون دارد که این امر موجب تفاوت در نیروی لازم برای نفوذ میوه‌های انار می‌شود. از این حیث رقم شیشه‌کپ دارای ضخیم‌ترین پوسته در مقایسه با دو رقم دیگر است. در حالی‌که بیشترین مقاومت به نفوذ و مقاومت کششی مربوط به پوست رقم اردستانی است. با طولانی‌ترشدن زمان برداشت از اواسط مهرماه تا اواخر آبان‌ماه مقاومت کششی پوست میوه و همچنین مقاومت به نفوذ آن افزایش می‌یابد.

رقم‌های اردستانی و شیشه‌کپ مقاومت بالای ۴۰۰ نیوتن را در برابر نیروهای فشاری از خود نشان دادند که به نسبت رقم ملس تفاوت معنی‌داری دارد. رقم ملس دارای کمترین مقاومت در برابر بارگذاری فشاری است که این مقاومت با گذشت زمان و تأخیر در برداشت کاهش می‌یابد..

مشخص شد که با افزایش اندازهٔ میوه از ریز به درشت، جرم مخصوص به میزان ۳۹درصد کاهش و مقاومت آن در برابر بارگذاری فشاری ۲۵درصد افزایش می‌یابد.

هرچند که زمان برداشت تأثیر معنی‌داری بر خصوصیات مکانیکی پوست میوه ندارد ولی از عوامل مؤثر بر خصوصیات فیزیکی و مکانیکی میوهٔ کامل انار است. طولانی‌شدن زمان برداشت از اواسط مهرماه تا اواخر آبان‌ماه موجب کاهش ۱۵درصدی مقاومت میوه در برابر بارگذاری‌های فشاری می‌شود، ولی جرم مخصوص میوه ۲۴درصد افزایش می‌یابد.

REFERENCES

Anon. (2010) Agricultural Statistical Bulletin. Ministry of Jihad-Agriculture. Province of Khorasan Razavi.(In Farsi).

Akbarpour, V., Hemmati, K. & Sharifani, M. (2009) Physical and chemical properties of pomegranate fruit in maturation stage. American- Eurasian, J. Agric. & environ. Sci., 6(4): 411-416. .(In Farsi).

ASAE. (2000) Compression of food materials of convex shape standard. ASAE S368.3 MAR 95.

Behzadi, Sh. H. (1998) Scattering and variation of pomegranate in Iran. Agricultural Education Publication. (In Farsi).

Celik A. & Ercisli S. (2009) Some physical properties of pomegranate cv. Eksinar. Int. Agrophysics, 23, 295-298.

Macolm, C. (2006) Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement. Elsevier Science & Technology Books.

Mohsenin, N. N. (1970) Physical properties of plant and animal materials. New York: Gordon and Breach, pp. 51–87, 889.

Mustafa, A. & Hobani, A. (1993) Physical properties of pomegranate fruits. Journal King Saudi University, (2). PP 165-175.

Ragni, L. & Berardinelli, A. (2001) Mechanical behavior of apples and damage during sorting and packaging. J.Agric.Engin. Res.78(3), 273-279.

Roth, E., Kovacs, E. , Hertog, M. , Vanstreels, E. & Nicolai, B. (2005) Relationship between physical and biochemical parameters in apple softening. 5th int. postharvest symp, Acta Hort. 689, ISHS 2005.

Tavakoli, H. T. (2003) Mechanics of agricultural materials. Zanjan University Publication.(In Farsi).

Wang, J., Teng, B. & Yu, Y. (2006) The firmness detection by excitation dynamic characteristics for peach. Food Control, 17: 353–35.

www.SID.ir