

## تأثیر رقم، زمان برداشت، و اندازه میوه بر خصوصیات مکانیکی انار

محمدحسین سعیدی راد<sup>۱\*</sup>، علی اکبر حسین پور<sup>۲</sup>، سعید ظریف نشاط<sup>۳</sup>

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 اندازه میوه روی خصوصیات مکانیکی پوست، جرم مخصوص، و مقاومت انار در برابر بارگذاری فشاری بررسی شد. نتایج نشان داد سه رقم انار مطالعه شده (اردستانی، شیشه‌کپ و ملس) پوسته‌هایی با ضخامت‌های متفاوت داشته‌اند که این امر موجب تفاوت در نیروی لازم برای نفوذ میوه کامل انار به میزان ۱۰ درصد 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 ۱۵ درصد کاهش پیدا می‌کرد. همچنین مشخص شد که با افزایش اندازه میوه جرم مخصوص به میزان ۳۹ درصد کاهش و مقاومت آن در برابر بارگذاری فشاری، ۲۵ درصد افزایش می‌یافت.

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

### مقدمه

انار با نام علمی *Punica granatum* از خانواده *Punicaceae* است. تاکنون ۶۱ رقم انار در استان خراسان شناسایی شده است که عمده‌ترین ارقام عبارت از شیشه‌کپ، بجستانی، خزر، اردستانی، شهوار، ملس پوست کلفت، 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 درباره 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 وارد شده به محصول تحت تأثیر عوامل گوناگونی همچون رقم، زمان برداشت، اندازه 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 وارد شده در حین برداشت، حمل و نقل، و زمان انبارداری باشد. مکانیزم و نحوه 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 آستانه گسیختگی مشخص می‌شود. بنابراین صدمه زمانی اتفاق می‌افتد که میزان بار و نیروی وارد شده 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 محاسبه 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

سایر واریته‌ها هستند (Ragni & Berardinelli, 2001). این تحقیق به منظور بررسی عوامل مؤثر بر ایجاد ضایعات در مراحل گوناگون برداشت و پس از برداشت که شامل خصوصیات مکانیکی انار و پوسته آن است، انجام شد. در این پژوهش، تأثیر رقم، زمان برداشت و اندازه 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 واریته انار رایج در منطقه 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 (نیمه 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 رابطه ۱ قطر هندسی (D) برای هر کدام محاسبه شد (Mohsenin, 1970).

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

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

### 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

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 پوسته ارقام گوناگون انار از ۱/۶ تا ۶ میلی‌متر گزارش شد (Akbarpour et al., 2009).

در تحقیقی که روی ۵ واریته انار محلی انجام گرفت، تفاوت بین جرم مخصوص واریته‌های گوناگون انار در سطح ۱ درصد 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 مرحله نارس، نیمه‌رسیده، و کامل‌رسیده بررسی و گزارش کرده‌اند که بین سه مرحله رسیدگی اختلاف معنی‌داری در طول، قطر، و حجم میوه 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

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

نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ انجام شد.

### نتایج و بحث

نتایج حاصل از اندازه گیری ضخامت پوسته و درصد رطوبت (بر پایه تر) برای رقم های گوناگون به شرح جدول ۲ است. مشخص شد که رقم شیشه کپ دارای پوست ضخیم تری در مقایسه با دو رقم دیگر است.

جدول ۲. مشخصات فیزیکی پوست سه واریته انار

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

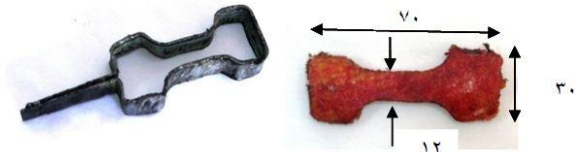
نتایج آنالیز واریانس داده ها نشان داد که خصوصیات فیزیکی و مکانیکی اندازه گیری شده برای میوه کامل تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفته است. سه تیمار رقم محصول، زمان برداشت، و اندازه میوه با سطح احتمال ۱ درصد تاثیر معنی داری را بر جرم مخصوص و مقاومت فشاری میوه نشان می دهند. همچنین مشخص شد که مقاومت کششی پوست میوه تحت تاثیر زمان برداشت و مقاومت به نفوذ آن تحت تاثیر اندازه میوه در سطح احتمال ۵ درصد تغییر می کند. اثر متقابل رقم در اندازه میوه و زمان برداشت، تاثیر معنی داری بر مقاومت کششی پوست میوه نشان دادند. همه تاثیرات متقابل تیمارهای آزمایشی نیز دارای اثر معنی داری بر جرم مخصوص میوه در سطح احتمال ۱ درصد و بر مقاومت فشاری در سطح احتمال ۵ درصد هستند (جدول ۳).

در ادامه تاثیر هر یک از متغیرها روی صفات مطالعه شده به تفکیک بحث شده اند:

#### - تاثیر رقم محصول

به منظور بررسی تفاوت بین سطوح گوناگون تیمارها، آزمون مقایسه میانگین ها با آزمون دانکن و در سطح احتمال ۵ درصد 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 می دهد که رقم ملس کمترین میزان مقاومت را دارد به طوری که مقاومت آن در برابر بارگذاری شبه استاتیکی به میزان ۳۴ درصد کمتر از رقم اردستانی است. این در حالی است که تفاوت معنی داری بین دو رقم اردستانی و شیشه کپ مشاهده نمی شود.

اندازه قالب دارای ابعادی مطابق شکل ۱ بودند. دو طرف نمونه تهیه شده توسط فک های بالا و پایین دستگاه بافت سنج گرفته می شد و سپس نمونه تحت نیروی کششی با سرعت جابه جایی ۳ میلی متر بر دقیقه قرار می گرفت. منحنی نیرو-تغییر شکل با نرم افزار دستگاه ترسیم و با محاسبه سطح زیر منحنی انرژی لازم برای گسیختگی برآورد می شد (Macolm, 2006).



شکل ۱. قالب فلزی و نمونه تهیه شده از پوست میوه (ابعاد بر حسب میلی متر)

#### مقاومت پوست در برابر نفوذ

نمونه سالم میوه انار با دستگاه بافت سنج تحت نیروی نفوذی با پروب فلزی استوانه ای سرتخت، با قطر سه میلی متر قرار گرفت. نیروی اندازه گیری شده برای نفوذ پروب به داخل میوه (عبور از پوسته) به عنوان مقاومت میوه در برابر نفوذ منظور شد.

#### مقاومت فشاری میوه

در این مرحله از تحقیق انار سالم با دستگاه کشش فشار آزمون مواد (Zwick Z 250) تحت بارگذاری شبه استاتیکی قرار گرفت. دستگاه قابلیت اعمال نیرویی برابر با ۲۵ تن با دقت ۰/۰۰۱ نیوتن را داشت. با بارگذاری میوه بین دو صفحه عمودی و افزایش نیرو تا نقطه شکست، نیروی لازم برای شکست انار به عنوان مقاومت فشاری محاسبه شد (ASAE, 2000).

#### وزن مخصوص انار

وزن انارها با ترازوی دیجیتالی و حجم آن ها با روش غوطه وری در آب و محاسبه حجم آب جابه جاشده اندازه گیری و با رابطه ۲ جرم مخصوص هر یک محاسبه شد (Mohsenin, 1970). که در آن M و V به ترتیب جرم بر حسب گرم و حجم بر حسب سانتی متر مکعب است.

$$\rho = \frac{M}{V} \quad (\text{رابطه ۲})$$

رطوبت نمونه ها به صورت درصد وزن تر و با استفاده از رابطه ۳ به دست آمد.

$$M_c = \frac{m_t - m_0}{m_t} \times 100 \quad (\text{رابطه ۳})$$

که در آن  $m_t$  و  $m_0$  به ترتیب جرم خشک و جرم تر نمونه بر حسب گرم است (Mohsenin, 1984). تجزیه و تحلیل داده ها در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی با آزمایش های فاکتوریل و با

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 میوه هلو، نیروی نفوذ فشارنده میله فولادی مبین مقاومت بافت میوه در برابر برش و پارگی است و این نیرو ارتباطی با خصوصیات الاستیکی بافت میوه ندارد.

همچنین بیشترین جرم مخصوص متعلق به رقم شیشه‌کپ با میزان ۱/۱۲ گرم بر سانتیمتر مکعب 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 میوه 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

جدول ۳. نتایج آنالیز واریانس (میانگین مربعات)

میانگین مربعات					
منابع تغییر	درجه آزادی	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**
اندازه میوه	۲	۵/۰۸ns	۲۳۲/۱۹*	۲/۴۶**	۱۰۹۸۹۷/۷۸**
رقم×زمان برداشت	۴	۶۴/۵۲*	۱۱۳/۲۲ns	۰/۲**	۱۲۰۱۹/۶۴*
رقم×اندازه میوه	۴	۸۰/۱۸*	۱۱۸/۲۸ns	۰/۳۳**	۱۵۱۹۶/۷۴*
زمان برداشت×اندازه میوه	۴	۱۲/۱۹ns	۶۶/۲۱ns	۰/۲۸**	۴۵۸۸/۶۴*
رقم×زمان برداشت×اندازه 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 و ۱ درصد و نبود اختلاف معنی‌دار

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

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

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

#### - تأثیر زمان برداشت

پوست میوه را می‌توان ناشی از کامل ترشدن فیزیولوژی رشد میوه و کاهش رطوبت پوست میوه دانست.

طولانی شدن زمان برداشت و به عبات دیگر تأخیر در زمان آن، موجب کاهش مقاومت فشاری میوه انار می‌شود. نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد که طولانی شدن زمان برداشت از اواسط مهرماه تا اواخر آبان ماه موجب کاهش ۱۵ درصدی 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 مرحله

نتایج آزمون مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴) نشان می‌دهد که با طولانی شدن زمان برداشت، مقاومت کششی پوست میوه نیز افزایش می‌یابد به طوری که تفاوت معنی‌داری در مقاومت کششی پوست میوه‌های برداشت شده در اواخر مهرماه با اواسط آبان ماه وجود دارد. مقاومت به نفوذ پوست میوه نیز با طولانی شدن زمان برداشت، افزایش یافته است هرچند که داده‌های به دست آمده در سه زمان گوناگون با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند. افزایش مقاومت کششی و مقاومت به نفوذ

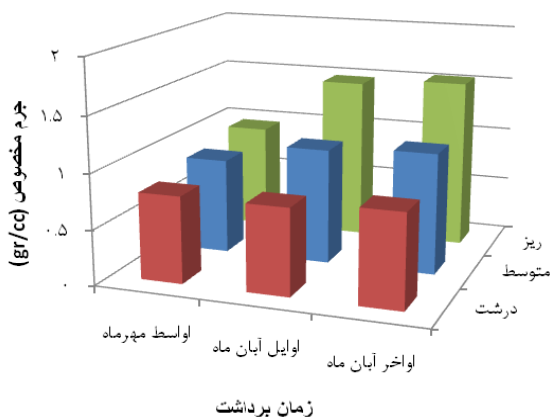
بررسی تأثیرات متقابل نشان می‌دهد که رقم ملس دارای کمترین مقاومت در برابر بارگذاری فشاری است که این مقاومت با گذشت زمان و تأخیر در برداشت کاهش می‌یابد. به طوری که در جدول ۵ مشاهده می‌شود از اواسط مهرماه تا اواخر آبان‌ماه مقاومت فشاری میوه به میزان ۳۱ درصد کاهش یافته است. کاهش مقاومت فشاری با تأخیر در 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 در نتیجه 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.

برداشت (نارس، نیمه‌رسیده، و کامل‌رسیده) به تدریج وزن و چگالی میوه انار افزایش می‌یابد.

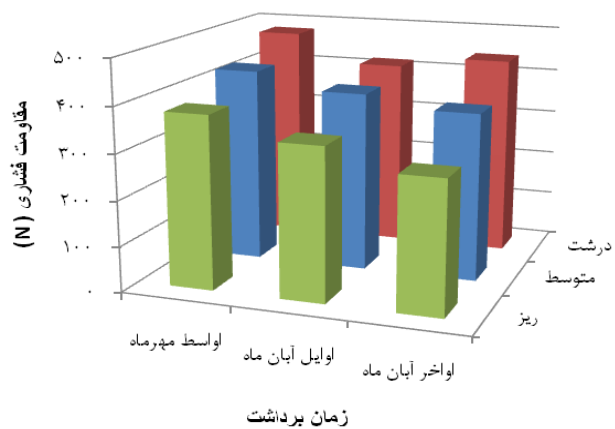
#### تأثیر اندازه میوه

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

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



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



شکل ۴. تأثیر زمان برداشت و اندازه میوه بر مقاومت فشاری انار

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

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

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

### نتیجه‌گیری کلی

موارد زیر را به صورت کلی می‌توان از این تحقیق نتیجه گرفت: سه رقم انار مطالعه شده 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 حالی که بیشترین مقاومت به نفوذ و مقاومت کششی مربوط به پوست رقم اردستانی است. با طولانی‌تر شدن 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 اندازه میوه از ریز به درشت، جرم مخصوص به میزان ۳۹ درصد کاهش و مقاومت آن در برابر بارگذاری فشاری ۲۵ درصد افزایش می‌یابد. هرچند که زمان برداشت تأثیر معنی‌داری بر خصوصیات مکانیکی پوست میوه ندارد ولی از عوامل مؤثر بر خصوصیات فیزیکی و مکانیکی میوه کامل انار است. طولانی‌شدن زمان برداشت از اواسط مهرماه تا اواخر آبان‌ماه موجب کاهش ۱۵ درصدی مقاومت میوه در برابر بارگذاری‌های فشاری می‌شود، ولی جرم مخصوص میوه ۲۴ درصد 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. 5<sup>th</sup> 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.