

بررسی تأثیر بارندگی روی نیرو و انرژی شکست انگور بیدانه سفید

سعید آقاعیزی^۱، علی حسن‌پور^{۲*}، محسن اسمعیلی^۳

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

^۲ استادیار، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

^۳ دانشیار، گروه صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

*نویسنده مسئول:

پست الکترونیکی: a.hassanpour@urmia.ac.ir

دریافت: ۱۳۹۴/۱۱/۱۸ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۲/۱۳

چکیده

انگور یکی از محصولات باغی مهم کشور است. برداشت آن در اواخر تابستان و اوایل پاییز صورت می‌گیرد و اغلب مصادف با باران‌های پاییزی است. لذا با توجه به اثر پلاستی سایزری آب، غلظت بالای قند انگور و ضخامت کم پوست آن، امکان ایجاد تغییرات مهم بافتی میوه بسیار محتمل است. از طرفی تغییرات بافتی و درونی محصول منشأ ایجاد تغییرات در خواص مکانیکی میوه می‌باشد. با اطلاع از این موضوع و اینکه خواص مکانیکی انگور در طراحی بهینه‌ی تجهیزات برداشت، حمل و نقل و فراوری آن نقش اساسی دارد و تکنولوژی‌های پس از برداشت این محصول نیز تحت تأثیر این خواص قرار می‌گیرد، از این رو مطالعه‌ی خواص مکانیکی این محصول تحت تأثیر بارندگی ضروری می‌باشد. بر این اساس، در تحقیق حاضر به بررسی تغییرات نیرو و انرژی شکست اجزاء انگور رقم بیدانه سفید در اثر بارندگی قبل از برداشت، با استفاده از آزمون‌های مکانیکی از قبیل آزمون تراکم حبه‌ی انگور، آزمون تراکم گوشت انگور و همچنین آزمون جدایی دم از حبه پرداخته شد. نتایج نشان داد در سطح احتمال کمتر از ۵ درصد، بارندگی، بیشترین تأثیر را روی انرژی لازم برای شکست حبه‌ی کامل انگور داشته و باعث کاهش مقدار آن از ۳۰/۱۸ میلی ژول در حالت عادی به ۱۹/۵ میلی ژول در حالت اعمال دو بار بارندگی شده است. همچنین نیروی لازم برای جدایی دم از حبه از مقدار ۰/۲۲۶ به ۰/۱۹۵ نیوتن کاهش یافته است. در حالیکه بارندگی تأثیر معنی‌داری روی پارامترهای مربوط به گوشت یعنی مقاومت نهایی و انرژی شکست آن ندارد.

واژه‌های کلیدی: بارندگی، انگور، مقاومت نهایی، انرژی شکست

۱- مقدمه

میلیون تن انواع انگور رتبه‌ی هفتم جهان را در اختیار

داشت که این مقام در سال ۲۰۱۱ با کاهش تولید به

۲/۱ میلیون تن به رتبه‌ی نهم نزول کرده است (FAO, 2011).

انگور با تولید ۶۹/۱ میلیون تن در سال ۲۰۱۱

یکی از محصولات با تولید سالانه بالا در دنیا است.

مطابق آمار فائو، ایران در سال ۲۰۰۵ با تولید ۲/۹

بودن آن با برداشت انگور بیان کرده‌اند. همچنین از عوامل موثر در پوسیدگی و ترکیدگی در اثر باران، لقی خوشه (محل دم) را معرفی می‌کنند (Mark, 2010).

بارندگی و مجاورت حبه‌ی انگور با آب بعد از مدت زمانی باعث نفوذ رطوبت به داخل حبه‌ی انگور می‌شود، لیکن این نفوذ در زمان رشد میوه به دلیل سالم بودن آوندهایی که وظیفه‌ی آنها حمل و نقل املاح از داخل حبه به بیرون از آن و برعکس می‌باشد، افزایش محتوای رطوبتی در این زمان از طریق این آوندها خنثی شده و فشاری متحمل حبه نمی‌گردد، ولی در زمان بلوغ کامل حبه یا زمان برداشت و بخصوص پس از برداشت به دلیل عدم کارایی مناسب آوندها یا قطع شدن کامل آنها (در موارد پس از برداشت) درون حبه یک فشار تورژسانس ایجاد می‌شود که ناشی از نفوذ رطوبت و افزایش محتوای رطوبتی حبه می‌باشد. این افزایش فشار، داخل حبه ماندگار شده و منجر به ایجاد تغییراتی در خواص حبه‌ی انگور می‌شود.

انگور به علت دارا بودن بافت نرم و پوست نازک در برابر انواع صدمات حساس است، از جمله صدمات وارده بر میوه‌هایی از قبیل انگور، افزایش فشار تورژسانس آنها در اثر قرار گرفتن در مجاورت آب و تغییر خواص آن است. برای کمینه‌سازی این صدمات و طراحی مناسب‌تر تجهیزات فرایندهای جابجایی، خشک‌کردن، جداسازی، انتقال، ذخیره‌سازی، دستگاه‌های آبمیوه‌گیری و آبغوره‌گیری و دیگر فرایندها، شناخت خواص این محصول کشاورزی و عوامل مؤثر بر این خواص نظیر اثر بارندگی، ضروری به نظر می‌رسد.

یکی از مهم‌ترین مشخصه‌های محصولات غذایی و کشاورزی، مقدار رطوبت آنهاست که به شدت خواص مکانیکی، حرارتی، فیزیکی و شیمیایی محصول را تحت تأثیر قرار می‌دهد (حسن‌پور و همکاران، ۱۳۹۰). تعیین خواص محصولات کشاورزی و عوامل مؤثر بر تغییر این خواص به عنوان مبنایی برای طراحی، ساخت و بهینه‌سازی ماشین‌ها و تجهیزات برداشت، انتقال، درجه‌بندی و فرآوری محصولات کشاورزی همیشه مورد توجه بوده است (غریب زاهدی و همکاران، ۱۳۸۸). شناخت خواص فیزیکی و مکانیکی محصولات کشاورزی و مواد غذایی همواره مورد توجه و علاقه‌ی متخصصین کشاورزی و صنایع غذایی بوده است. این مسأله به ویژه در رابطه با ماشین‌های کشاورزی از لحاظ تأثیری که در بخش‌های مختلف ماشین در مراحل برداشت، حمل و نقل، ذخیره و فرآوری بر محصول ایجاد می‌کند، حائز اهمیت است (Por Azarang, 2002). از آنجایی‌که خواص مکانیکی ماده می‌تواند درک بهتر و روشنتری از خواص فیزیکی و در نتیجه خصوصیات بافت آن ماده به دست دهد، لذا این مفهوم پایه و اساس بسیاری از روش‌های ابزاری در شناسایی خصوصیات بافت مواد بیولوژیک می‌باشد (Lewis, 1989).

در یک بررسی از سوی کادام (۲۰۱۴) بارندگی یک تهدید عمده در زمینه‌ی بررسی انگور معرفی شده و تأکید می‌شود که بارندگی در زمان برداشت به شدت کیفیت و بازاری‌پسندی انگور را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در مطالعه‌ی مرکز تعاونی تحقیقات اروپا، ماه سپتامبر (برابر با شهریور ماه) زمان بحران در تاجکستان‌ها معرفی شده است و علت آن را وجود باران‌های فصلی و مصادف

از جمله نیرو و انرژی شکست دانه‌ها به غیر از سفتی تأثیر معنی‌داری دارد.

از آنجاییکه آزمایش بارگذاری شبه استاتیک معمولاً بیانگر ویژگی‌های مقاومتی و خواص مکانیکی نمونه مورد آزمایش خواهد بود، لذا اطلاعاتی که از منحنی نیرو- تغییر شکل این آزمایش استخراج می‌گردد، نه تنها برای بررسی اثر رطوبت بر روی خواص مکانیکی مفید است، بلکه می‌تواند در طراحی و بهینه‌سازی ماشین‌های فرآوری، همچون ماشین‌هایی که در فرآیند آرمیوگیری انگور استفاده می‌شود، مورد بهره‌برداری قرار گیرد.

با توجه به عدم وجود اطلاعات کافی در مورد بررسی اثر بارندگی بر روی نیرو و انرژی شکست انگور ضرورت تعیین تغییرات این خواص احساس می‌شود، بنابراین هدف این تحقیق، تعیین و آنالیز تغییرات نیرو و انرژی شکست انگور سفید بیدانه تحت تأثیر بارندگی قبل از برداشت انتخاب گردید.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- تهیهی نمونه انگور

درخت انگور (رقم بیدانه سفید) از یکی از باغات اطراف ارومیه در هفته‌ی اول مهرماه سال ۱۳۹۴ برای انجام آزمایشات اجاره و حصارکشی شد. برای محافظت از باران ناخواسته فصلی در زمان آزمایش، روی درخت با محافظ پوشانده شد.

۲-۲- آماده‌سازی نمونه‌ها

اعمال بارندگی مصنوعی با استفاده از آب مقطر و یک عدد آبپاش در دمای محیط (حدوداً ۲۲ درجه سلسیوس) و در هفته‌ی اول مهرماه ۱۳۹۴ حوالی عصر

در حیطه‌ی تعیین نیرو و انرژی لازم برای شکست تحقیقات بسیاری صورت گرفته است، از جمله فوتز و همکاران (۱۹۹۳) معتقد بودند که مقاومت مکانیکی به ترکیبات سلولزی دیواره سلول و مواد مرکبی که سلول‌ها را به هم پیوند می‌دهند، بستگی دارد. پراوین و ایرودآیاراج (۱۹۹۵)، حداکثر نیروی شکست مواد دانه‌ای تحت اثر نیروهای استاتیک و شبه استاتیک را معیاری برای طراحی ادوات با کارایی و کیفیت کار بالاتر می‌دانند. ووتر و باردماکر (۱۹۸۸) و کانگ و همکاران (۱۹۹۵) نیز معتقدند که دانستن نیرو و انرژی لازم برای شکست دانه تحت اثر نیروهای شبه استاتیک، برای مدل‌سازی و پیشگویی رفتار ماده در بارگذاری دینامیک در جریان حمل و نقل و فراوری دانه مفید است.

عالمی و همکاران (۲۰۰۹) با بررسی خواص مکانیکی دانه‌ی سویا در بارگذاری شبه استاتیک تأثیر معنی‌دار رطوبت و دما بر روی نیرو و انرژی لازم برای شکست دانه‌ی سویا را مشاهده کردند. کوناک و همکاران (۲۰۰۲)، نیروی شکست دانه نخود دیم رقم کوکباسی را در محدوده رطوبتی ۵/۲ تا ۱۶/۵ درصد اندازه‌گیری کردند. آنها تأثیر شدید رطوبت بر نیروی شکست را نتیجه گرفتند. لیو و همکاران (۱۹۹۰) نیز با تعیین نیرو و انرژی شکست دانه سویا تحت اثر نیروهای شبه استاتیک (در سرعت بارگذاری ۱/۲ میلی‌متر بر دقیقه)، تأثیر معنی‌دار رطوبت و جهت بارگذاری را نتیجه گرفتند. کردی و همکاران (۱۳۹۳) تغییرات خواص مکانیکی ذرت دانه‌ای خشک شده را تحت رطوبت زمان برداشت آزمایش کردند. نتایج نشان داد که رطوبت زمان برداشت، بر تمامی ویژگی‌های مکانیکی

$$P = \frac{I}{t} \quad (1)$$

که در آن P مقدار بارندگی بر حسب میلی‌متر، I شدت بارش بر حسب میلی‌متر بر دقیقه و t زمان بارندگی بر حسب دقیقه است.

۴-۲- تعیین محتوای رطوبتی

برای تعیین محتوای رطوبت محصول از آون استفاده گردید. پنج عدد حبه‌ی انگور از هر خوشه جدا و در ظرف مخصوص قرار گرفت و در آون با درجه حرارت 75 ± 2 درجه سلسیوس قرار داده شد. بعد از ۱۵ ساعت نمونه‌ها به همراه ظرف از آون خارج و در دیسیکاتور سرد شد و پس از توزین با ترازوی دیجیتالی در آون با همان دما قرار گرفت و مرتباً در فاصله‌ی زمانی یک ساعت تمامی حبه‌ها توزین مجدد شد و این کار تا زمانی که اختلاف وزن نمونه قبل و بعد از خشک شدن کمتر از $0/5$ گرم نشد، ادامه پیدا کرد. در نهایت درصد محتوای رطوبت و وزن بر مبنای تر با استفاده از رابطه‌ی (۲) بدست آمد (Aghbashlo et al., 2008).

$$U = \frac{G_w}{(G_w + G_{dm})} \quad (2)$$

که در آن U محتوای رطوبتی برحسب درصد، G_w مقدار آب موجود در نمونه برحسب درصد و G_{dm} مقدار ماده‌ی خشک برحسب درصد می‌باشد.

متوسط درصد رطوبت برای هر یک از گروه‌های شاهد، یک و دو بار بارندگی به ترتیب $0/1$ ، $70/1$ و $73/25$ و $75/5$ بدست آمد.

۴-۲-۵- ابعاد محوری

در هر یک از آزمون‌ها سعی گردید تا از حبه‌هایی که شباهت ظاهری نسبتاً بیشتری به هم دارند استفاده

انجام شد. قبل از اعمال بارندگی سه خوشه از درخت معین طوری که بیشترین شباهت ظاهری را با هم دارا بودند، انتخاب شدند. با توجه به نحوه انجام آزمایش، اصطلاحات زیر در متن استفاده شده است:

۱. شاهد: خوشه‌ی باران ندیده و سالم برای مقایسه
۲. یک‌بار باران دیده: خوشه‌ای که تنها یکبار به مدت ۳۰ دقیقه با شدت بارش $1/5$ میلی‌متر بر دقیقه زیر باران مصنوعی قرار گرفت که در این مقاله تحت عنوان خوشه‌ی یک بارش دیده نام برده می‌شود.
۳. دو بار باران دیده: خوشه‌ای که ابتدا مشابه خوشه‌ی یک بارش دیده، باران روی آن اعمال گردیده و به مدت ۳۰ دقیقه خوشه رها شده تا در شرایط محیط تا حدودی خشک شود و بعد از آن دوباره تحت همان شرایط بارندگی قرار گرفت که در کل به مدت یک ساعت زیر باران با شدت $1/5$ میلی‌متر بر دقیقه بارندگی اعمال شد و از آن تحت عنوان خوشه‌ی دو بارش دیده نام برده می‌شود.

بعد از اعمال شرایط فوق با استفاده از یک نایلون خوشه محصور شد تا شرایط رطوبت بعد از بارندگی برای آن فراهم شود، خوشه‌ها در ساعت ۸ صبح روز بعد چیده شده و در شرایط کنترل شده داخل کلمن به آزمایشگاه انتقال یافتند.

۴-۲-۳- پارامترهای بارندگی

مدت بارندگی به فاصله‌ی زمانی بین شروع و خاتمه بارندگی گفته می‌شود.

شدت بارندگی به مقدار بارندگی در واحد زمان اطلاق می‌شود که از رابطه (۱) بدست می‌آید:

شود. برای این کار با استفاده از یک کولیس دیجیتال
ابعاد محوری حبه‌ها اندازه‌گیری و دسته‌بندی شد.

برای انجام آزمون‌های مکانیکی از دستگاه آنالیز بافت (Texture Analyzer) دانشگاه ارومیه مجهز به یک نیرو سنج ۵ کیلوگرمی استفاده شد. جزئیات تنظیم دستگاه و نوع پروب استفاده شده در جدول ۱ آمده است.

۲-۶- آزمون‌های مکانیکی

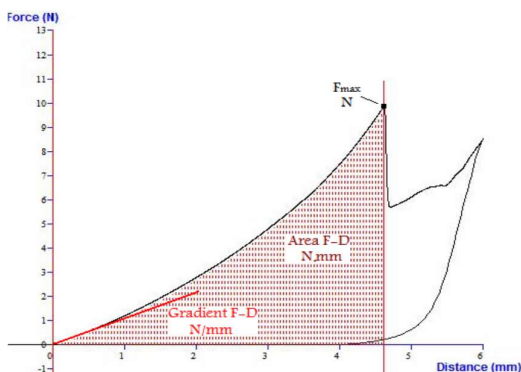
جدول ۱. تنظیمات دستگاه آنالیز بافت

Table 1. Options of texture analyzer

نوع آزمون	نوع پروب	نوع بارگذاری	سرعت آزمون	تغییر شکل	کمیت	علائم اختصاری	واحد
تراکم حبه‌ی کامل	استوانه‌ای ۲۵ میلی‌متری	فشاری	۱ mm/s	۶ mm	نیروی شکست	Fb	N
تراکم گوشت	استوانه‌ای ۲۵ میلی‌متری	فشاری	۰/۵ mm/s	۱/۵ mm	انرژی شکست	Wb	mJ
جدایی دم از حبه	اصلاح شده و پایه سوراخ دار	کششی	۱ mm/s	۱۰ mm	نیروی شکست	Fped	N
					انرژی شکست	Wped	mJ

*سطح مقطع پروب‌های استوانه‌ای صاف می‌باشد.

طبق نظر فیکت و همکاران (۲۰۰۵) انگور جزء میوه‌هایی است که در نمودار نیرو-تغییر شکل آن معمولاً نقطه‌ی تسلیم بیولوژیکی مستقلی مشاهده نمی‌شود و یا به عبارت دیگر، نقطه‌ی تسلیم بیولوژیکی و نقطه‌ی شکست آن در یک نقطه می‌باشد.



شکل ۲. نمودار نیرو-تغییر شکل آزمون تراکم حبه‌ی کامل
Fig. 2. Deformation-force diagram of full berry compression test

همچنین در نمودار شکل ۲ مشاهده می‌شود که رابطه‌ی بین نیرو و تغییر شکل تا قبل از نقطه‌ی شکست کاملاً خطی نیست و نمودار در این محدوده

۲-۷- آزمون تراکم حبه کامل

شکل ۱ نمونه‌ای از نحوه‌ی اجرای آزمایش با دستگاه آنالیز بافت را در آزمون تراکم حبه‌ی کامل نشان می‌دهد.



شکل ۱-۰. آزمون تراکم حبه کامل

Fig. 1. Compression test of full berry

شکل ۲ نمونه‌ای از نمودار نیرو-تغییر شکل آزمون تراکم حبه‌ی کامل که در آن شیب در ابتدای منحنی، نقطه‌ی شکست و مساحت زیر منحنی تا نقطه‌ی شکست مشخص شده است، را نشان می‌دهد.

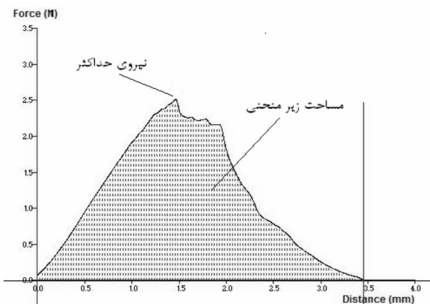
یکی از پارامترهای مهم در بررسی تغییر محتوای رطوبتی حبه‌ی انگور محاسبه‌ی نیرو و انرژی لازم برای جدایی دم از حبه است. برای انجام این آزمایش اقدام به طراحی ابزار مخصوص برای سوار کردن روی دستگاه آنالیز بافت شد. شکل ۵ نمونه‌ای از آزمون جدایی دم از حبه را با استفاده از ابزار ساخته شده نشان می‌دهد.



شکل ۵. آزمون جدایی دم از حبه

Fig. 5. Test of tail separation from berry

مطابق شکل ۶ بزرگترین مقدار نیرو و مساحت زیر منحنی به ترتیب نیرو و انرژی لازم برای جدایی دم از حبه‌ی انگور منظور شد (Maury et al., 2009).



شکل ۶. نمودار نیرو-تغییر شکل حاصل از آزمون جدایی دم از حبه

Fig. 6. Force-deformation diagram for test of tail separation from berry

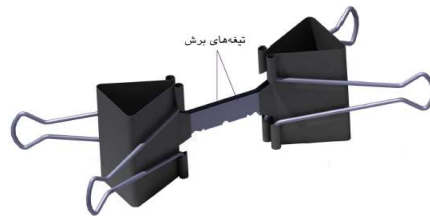
۲-۱۰- تحلیل آماری

نتیجه مشاهدات هر آزمایش پس از جمع آوری، با استفاده از نرم افزار Excel و SAS و با استفاده از آزمون t استیودنت مورد تحلیل قرار گرفت.

دارای اینحنه بوده و تحدب آن به سمت پایین است که آن به علت محدب شدن نمونه‌ی آزمایشی (حبه‌ی انگور) است (حسن پور و همکاران، ۱۳۹۰).

۲-۸- آزمون تراکم گوشت

برای این کار نمونه‌های استوانه‌ای از حبه‌ی انگور با استفاده از ابزار مخصوص که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، جدا شده و با استفاده از پنس پوست آنها کنده و برای آزمایش آماده شدند (شکل ۴).



شکل ۳. ابزار برش

Fig. 3. Cutting tool



شکل ۴. آماده سازی نمونه های پوست

Fig. 4. Preparation of skin sample

ضخامت گوشت‌های استوانه‌ای ۴ میلی‌متر انتخاب شد و همانطور که در جدول ۱ نشان داده شده است میزان تغییر شکل ۱/۵ میلی‌متر در نظر گرفته شد.

در این آزمون نیز با استفاده از نمودار رسم شده توسط دستگاه آنالیز بافت بیشترین نیرو را نیروی شکست یا مقاومت نهایی گوشت انگور و سطح زیر نمودار تا نقطه‌ی شکست، انرژی شکست گوشت انگور در نظر گرفته شد.

۲-۹- آزمون جدایی دم از حبه

۳- نتایج و بحث

۳-۱- آزمون تراکم حبه‌ی کامل

نتایج مقایسات میانگین‌های نیرو و انرژی لازم برای شکست حبه کامل تحت بارندگی، قبل از برداشت در جدول ۲ آمده است. در بررسی تأثیر سطوح بارش باران بر روی حبه‌ی انگور قبل از برداشت محصول بر روی نیرو و انرژی لازم برای شکست حبه‌ی کامل همانطور که از جدول ۲ مشاهده می‌شود، نیروی لازم برای شکست با افزایش دفعات بارندگی کاهش معنی‌داری در هر بار بارش پیدا می‌کند بطوریکه این مقدار از ۱۱/۱۷ نیوتن در نمونه‌ی شاهد به ۹/۷ نیوتن در اولین بارش و ۸/۰۳ نیوتن در دومین بارش کاهش

یافته است. مطالعه‌ی نیرو و انرژی شکست خود در رطوبت‌های مختلف از سوی خزائی و همکاران (۱۳۸۳) نشان داد که نیروی لازم برای شکست دانه‌ی نخود با افزایش رطوبت کاهش معنی‌داری پیدا می‌کند. فوتز و همکاران (۱۹۹۳)، معتقدند که مقاومت مکانیکی دانه به ترکیبات سلولزی دیواره سلول و مواد مرکبی که سلولها را به هم پیوند می‌دهد، بستگی دارد. افزایش رطوبت دانه سبب سست کردن پیوندهای هیدروژنی سلولز و نیز کاهش پیوندهای بین پروتئین‌ها، نشاسته و سایر ترکیبات سلول می‌گردد که در نهایت سبب کاهش مقاومت مکانیکی دانه و افزایش قابلیت تغییر شکل‌پذیری آن می‌گردد.

جدول ۲. مقایسه میانگین داده‌های آزمون تراکم حبه کامل

Table 2. Average comparison of full berry compression test data

مشخصه آماری	پارامتر آماری	شاهد	یک بارش دیده	دو بارش دیده
نیرو (نیوتن)	میانگین	^a ۱۱/۱۷	^b ۹/۷	^b ۷/۱۵
	انحراف معیار	۰/۳	۰/۱	۰/۱۵
انرژی شکست (میلی ژول)	میانگین	^a ۳۰/۱۸	^{ab} ۲۲/۷۳	^b ۱۹/۵
	انحراف معیار	۰/۹	۰/۵	۰/۲

حروف متفاوت نشان دهنده‌ی اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ است.

۳-۲- آزمون تراکم گوشت حبه‌ی انگور

مشاهدات در تغییرات میانگین نیرو و انرژی لازم برای گسیختگی گوشت حبه‌ی انگور که به صورت استوانه‌هایی با ابعاد معلوم به روش مذکور آماده شده بود، در جدول ۳ آمده است.

در بررسی تأثیر بارندگی قبل از برداشت روی نیرو و انرژی شکست استوانه‌ی گوشتی جدا شده از حبه با مراجعه به نتایج گزارش شده در جدول ۳ تغییر معنی‌داری در سطح ۵ درصد بین میانگین داده‌های

شاهد و دفعات بارندگی مشاهده نمی‌شود، هر چند کاهش میانگین داده‌های نیرو و انرژی شکست تا حدود ده درصد نیز در هر بار بارندگی مشاهده می‌شود.

جدول ۳. مقایسه میانگین داده‌های آزمون تراکم گوشت حبه

Table 3. Average comparison of berry meat compression test data

مشخصه آماری	پارامتر آماری	شاهد	یک بارش دیده	دو بارش دیده
نیرو (نیوتن)	میانگین	^a ۱۰/۳۸	^a ۹/۳۱	^a ۸/۷۲
	انحراف معیار	۰/۱۶	۰/۱۳	۰/۱۹
انرژی شکست (میلی ژول)	میانگین	^a ۶/۳۷	^a ۵/۷۸	^a ۵/۱۹
	انحراف معیار	۰/۱۵	۰/۱۳	۰/۱۲

حروف متفاوت نشان دهنده‌ی اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ است.

۳-۳- آزمون جدایی دم از حبه

نتایج بررسی تأثیر بارندگی روی نیرو و انرژی لازم برای جدایی دم از حبه در جدول ۴ گزارش شده است. مقایسه میانگین‌های نیرو و انرژی لازم برای جدایی دم از حبه نشان از تفاوت در نوع تغییر نیروها و انرژی‌ها دارد، به طوری که انرژی لازم برای جدایی دم از حبه با وجود کاهش از ۰/۱۷۹ میلی‌ژول به ۰/۱۶۴

میلی‌ژول در اولین بارش و سپس ۰/۱۵۶ میلی‌ژول در بارش دوم از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ندارد، در حالی که کاهش مقادیر میانگین نیروی لازم برای جدایی دم از حبه در سطح دو بارش با کاهش از مقدار اولیه‌ی ۰/۲۲۶ نیوتن به ۰/۱۹۵ نیوتن به صورت معنی‌دار در سطح ۵ درصد تغییر پیدا کرده است.

جدول ۴. مقایسه میانگین داده‌های آزمون جدایی دم از حبه

Table 4. Average comparison of tail separation from berry test data

مشخصه آماری	پارامتر آماری	شاهد	یک بارش دیده	دو بارش دیده
نیرو (نیوتن)	میانگین	^a ۰/۲۲۶	^{ab} ۰/۲۰۱	^b ۰/۱۹۵
	انحراف معیار	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۱
انرژی جدایی (میلی ژول)	میانگین	^a ۰/۱۷۹	^a ۰/۱۶۴	^a ۰/۱۵۶
	انحراف معیار	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۲

حروف متفاوت نشان دهنده‌ی اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ است.

۴- نتیجه‌گیری

اعمال باران مصنوعی روی انگور در حین برداشت روی درخت با استفاده از آب مقطر با کمک آزمون‌های مکانیکی توسط دستگاه آنالیز بافت انجام و نتایج در نگاه کلی به شرح زیر بدست آمد: بارندگی قبل از برداشت روی هر دو پارامتر نیرو و انرژی لازم برای شکست حبه کامل تأثیر معنی‌دار دارد. در مورد بررسی تغییرات گوشت انگور مشاهده می‌شود

که بارندگی تأثیر معنی‌داری روی مقاومت نهایی و انرژی شکست گوشت انگور ندارد و در بررسی نیروی لازم برای جدایی دم از حبه کاهش مقادیر مذکور معنی‌دار بوده و نشان می‌دهد که بارندگی قبل از برداشت انگور باعث کاهش نیروی لازم برای جدایی دم از حبه می‌گردد، ولی تأثیر معنی‌داری روی انرژی لازم برای جدایی دم از حبه ندارد، که البته بنا به زمان و عملیات کشاورزی مختلف می‌تواند مفید یا مضر باشد.

۵- فهرست منابع

1. Aghbashlo, M., Kianmeh, M.H. and Hassan-Beygi, S.R. 2008. Specific heat and thermal conductivity of berberis fruit (*Berberis vulgaris*). *Am. J. Agr. Biol. Sci.* 3(1): 330- 336.
2. Alemi, H., Khoshtaghaza, M.H. and Minaee, S. 2009. Mechanical Properties Determination of Soybean Seed by Quasi-static Loading. *J. F. S. T.* 6(2): 113-124. (In Farsi)
3. FAO. Statistical database. 2011. Available From: <http://www.fao.org/statistics>.
4. Fekete, A. and Nagy, M. and Kantor D. 2005. Analysis of force- deformation relationship with fruits. An ASAE Meeting presentation.
5. Foutz, T. L., Thompson, S.A. and Evans, M.D. 1993. Comparison of loading response of packed grain and individual kernels. *Trans. of the ASAE.* 36(2):569-576.
6. Gharibzahedi, S.M.T., Mousavi, S.M., Taheri-Garavand, A., Jafari, S.M. and Rafei, Sh. 1388. Investigation of Moisture Content Effect on Physical Properties of Russian Olive Fruit. *E. J. F. P. P.* 1(2): 103-120. (In Farsi)
7. Hassanpur, A., Esmaili, M., Modarres motlag, A. and Rahmani didar, A. 1390. Assessment and analysis of physical and mechanical properties of white seedless grapes before and after harvest. *J. Food Res.* 21(3): 344-355. (In Farsi)
8. Kadam, V. 2014. Rainfall damage protection system & prevention from the plant disease. *Int. J. Adv. Eng. Tech.* 7 (1): 153-158.
9. Kang, Y.S., Spillman, C.K., Steele J.L. and Chung, D.S. 1995. Mechanical properties of wheat. *Trans. Of the ASAE.* 38(2): 573-578.
10. Khazaei, J., Rajabipour, A., Mohtasebi, S. and Behroozi-Lar, M. 1383. Required Force and Energy for Chickpea Grain Fracture under Compressive Quasi-static Loading. *Iranian. J. Agric. Sci.* 35(3): 765-776. (In Farsi)
11. Konak, M. and Carman, K. and Aydin, C. 2002. Physical properties of chick pea seeds. *Biosyst. Eng.* 82(1):73-78.
12. Kordi, S., Fadavi, A., Eskandari, M., Barari, M., Rafiee, M. and Mehrabi, A.A. 1393. The Effect of Urea Fertilizer and Humidity Time on the Final Mechanical Properties of Dried Maize. *J. Agric. Machinery.* 4(1): 1-10. (In Farsi)
13. Lewis, R.S. 1989. *Physical Properties of Food and Food Processing Systems.* 1st edn. Chichester. Ellis Horwood, UK.
14. Liu, M., Haghighi, K., Stroshine, R.L. and Ting, E.C. 1990. Mechanical properties of the soybean cotyledon and failure strength of soybean kernels. *Trans. of the. ASAE.* 33(3): 559 – 566.
15. Mark, L. 2010. Rain at Harvest: finishing the end game. *Viticulture Educator.* Penn State. Cooperative Extension

16. Maury, C., Madieta, E., Moigne, M.L., Mehinagic, E., Siret, R. and Jourjon, F. 2009. Development Of a mechanical texture test to evaluate the ripening process of cabernet France grapes. *J. Texture Stud.* 40: 511–535.
17. Por Azarang, H. 2002. *Unit Operation in Agricultural Material Processing*. 1st edn. Ferdowsi University of Mashhad Publication, Mashhad, Iran. (In Farsi)
18. Praveen, C. B. and Irudayaraj, J. 1995. Mechanical strength and rheological behaviour of barley kernels. *Int. J. Food. Sci. Tech.* 30: 609-623.
19. Varela P., Salvador, A. and Fiszman, S. 2007. Changes in apple tissue with storage time: Rheological, textural and microstructural analyses. *J. Food Eng.* 78: 622-629.
20. Wouters, A. and Baerdemaeker, J.D. 1988. Effect of moisture content on mechanical properties rice kernels under quasi-static compressive loading. *J. Food Eng.* 7: 83-111.

Studying the Effect of Rainfall on Strength and Fracture Energy of White Seedless Grape

S. Aga Azizi¹, A. Hassanpour^{2*}, M. Esmaili³

¹MS Student in Mechanical Engineering of Biosystems, Urmia University

²Assistant Professor, Department of Mechanical Engineering of Biosystems, Urmia University

³Associate Professor, Department of Food Engineering, Urmia University

*Corresponding author E-mail: a.hassanpour@urmia.ac.ir

Received: 2016-02-07

Accepted: 2016-05-02

Abstract

Grape is one of the most important horticultural crops of the country. It is commonly harvested in late summer and early fall which is often coincides with autumn rains. Therefore, according to the plasticizing effect of water, high levels of sugar in the grapes, and thin skin of grapes, the possibility of texture changes in fruits is high. In addition, the textural and internal changes are the source of making changes in the mechanical properties of the fruit and these properties have the main role in designing the harvesting, transporting, and processing machines. These mechanical properties can affect post-harvest technologies. So studying the mechanical properties of grapes is necessary, especially under the influence of rainfall. Herein, the changes in strength and fracture energy of White Seedless grape due to rainfall is studied by using mechanical tests, including compression test of a single grape, compression test of flesh, and also separation test of the tail from the single grape. Results showed that rainfall had the most significant effect on the required energy for breaking the single grape in the probability level of 5%. The amount of energy from 30.18mJ to 19.5mJ has been decreased in applying twice rainfall. The required force to separate the tail from the single grape has been decreased from 0.226N to 0.195N. Whereas, the rainfall does not have the significant effect on the ultimate strength and fracture energy of the flesh.

Key words: Rainfall, Grapes, Failure force, Toughness