



بررسی و مقایسه اثر آب خوردگی، روی نیرو و انرژی شکست انگور بیدانه سفید قبل و پس از برداشت

Check and Comparison of the Bedew effects on strength and fracture energy of white seedless grape before and after harvest

سعید آقاعیزی

Saeed AgaAzizi

دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه ارومیه
s.agaazizi@yahoo.com

علی حسن پور

Ali Hassanpour

استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه ارومیه
a.hassanpour@urmia.ac.ir

محسن اسمعیلی

Mohsen Esmaili

دانشیار گروه مهندسی صنایع غذایی دانشگاه ارومیه
esmailim@yahoo.ie

چکیده

انگور که یکی از محصولات باغی مهم کشور است، برداشت آن در اواخر تابستان و اوایل پاییز صورت می‌گیرد که اغلب مصادف با باران‌های پاییزی است. لذا با توجه به اثر پلاستیسازری 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 منشا ایجاد تغییرات در خواص مکانیکی میوه می‌باشد با اطلاع از این موضوع و اینکه خواص مکانیکی انگور در طراحی بهینه تجهیزات برداشت، حمل و نقل، و فراوری آن نقش اساسی دارد و تکنولوژی‌های پس از برداشت این محصول نیز به شدت تحت تأثیر این خواص قرار می‌گیرد، از این رو مطالعه خواص مکانیکی این محصول تحت تاثیر بارندگی بسیار ضروری به نظر می‌رسد. بر این اساس، در تحقیق حاضر به بررسی و مقایسه تغییرات نیرو و انرژی شکست اجزاء انگور رقم بیدانه سفید در دو حالت بارندگی قبل از برداشت و غوطه‌وری در آب مقطر بعد از برداشت با استفاده از آزمون‌های مکانیکی پرداخته شد. نتایج نشان داد در سطح احتمال ($p < 0.05$)، بارندگی، بیشترین تاثیر را روی انرژی لازم برای شکست حبه‌ی کامل انگور و نیروی لازم برای جدایی دم از حبه دارد در حالیکه غوطه‌ور کردن انگورهای چیده شده در آب مقطر بیشترین تاثیر را روی پارامترهای مربوط به گوشت یعنی مقاومت نهایی و چقرمگی آن داشته و تاثیر معنی‌داری روی نیرو و انرژی لازم برای شکست حبه ندارد.

واژگان کلیدی: بارندگی، غوطه‌وری، انگور، مقاومت نهایی، چقرمگی



Abstract

Grapes are one of the country's most important horticultural crops, harvesting occurs in the late summer and early fall often coincide with the autumn rains. However, due to the plasticizing effect of water, high levels of sugar in the grapes and thin skin, flesh very likely possibility of major changes. The histological changes and internal changes in the mechanical properties of the fruit is the source of the information on this issue and that the mechanical properties of grapes in the design of equipment for harvesting, transporting, and processing is essential and technologies after the harvest It is heavily influenced by properties, The mechanical properties of this product under the influence of rainfall is very necessary. Accordingly, in the present study to assess and compare the changes in strength and fracture energy in both components of Thompson Seedless grapes before harvest rainfall and immersion in water after using mechanical harvesting was carried out. The results showed that the level of ($p < 0.05$), rainfall, the greatest impact on the energy required to break the full Immersion grapes and force separation of the tail from grapes harvested cane, while immersion in distilled water and have the greatest impact on the parameters The ultimate strength and toughness of the meat had no significant effect on the strength and the energy to break cane.

Keywords: Rainfall, immersion, grapes, ultimate strength, toughness.

مقدمه

انگور با تولید 69.1 میلیون تن در سال 2012 یکی از محصولات با تولید سالانه بالا در دنیا می‌باشد، مطابق آمار فائو ایران در سال 2005 با تولید 2.9 میلیون تن انواع انگور رتبه‌ی هفتم جهان را در اختیار داشت که این مقام در سال 2012 با کاهش تولید به 2.1 میلیون تن به رتبه‌ی نهم نزول کرده است (www.fao.org).

یکی از مهم‌ترین مشخصه‌های محصولات غذایی و کشاورزی، مقدار رطوبت آنهاست که به شدت خواص مکانیکی حرارتی فیزیکی و شیمیایی محصول را تحت تاثیر قرار می‌دهد (حسن پور و همکاران، 1390). تعیین خواص محصولات کشاورزی و عوامل موثر بر تغییرات 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، 1388). شناخت خواص فیزیکی و مکانیکی محصولات کشاورزی و مواد غذایی همواره مورد توجه و علاقه متخصصین کشاورزی و صنایع غذایی بوده است. این مساله 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 (پور آذرنگ، 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 (لوئیس، 1989). مواد بیولوژیکی، مجموعه‌ای بیومکانیکی با ساختمان خیلی پیچیده‌ای را تشکیل می‌دهند که رفتار آنها را با



ثابت‌های ساده فیزیکی، مانند آنچه در فولادها می‌باشد، نمی‌توان مشخص نمود و ساختمان این مواد در برابر عواملی از قبیل، رطوبت و دما عکس‌العمل نشان می‌دهد (سیتکی، 1986). با بررسی روند تغییرات خواص مکانیکی محصولات غذایی می‌توان از این تغییرات در طراحی ماشین‌های درجه‌بندی و فرآوری استفاده کرده و باعث کاهش تلفات و حفظ کیفیت محصول طی عملیات برداشت تا انبارداری و مصرف شد.

در یک بررسی از سوی کادام (2014) بارندگی یک تهدید عمده در زمینه بررسی انگور معرفی شده و تاکید می‌شود که بارندگی در زمان برداشت شدیداً کیفیت و بازار پسندی انگور را تحت تاثیر قرار می‌دهد. در مطالعه‌ی مرکز تعاونی تحقیقات اروپا، ماه سپتامبر زمان بحران در تاکستان‌ها معرفی شده است و علت آن را وجود باران‌های فصلی و مصادف 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 (مارک، 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 حبه انگور می‌شود.

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

در حیطه تعیین نیرو و انرژی لازم برای شکست تحقیقات بسیاری صورت گرفته است، از جمله فوتز و همکاران (1993) معتقد بودند که مقاومت مکانیکی به ترکیبات سلولزی دیواره سلول و مواد مرکبی که سلول‌ها را به هم پیوند می‌دهند بستگی دارد. پرآوین و ایرودآیاراج (1995)، 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 (1988)، کانگ و همکاران (1995) و کیرک و مک لئود (1967) 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 فرآوری دانه مفید است.

عالمی و همکاران (1388) با بررسی خواص مکانیکی دانه‌ی سویا در بارگذاری شبه استاتیک تاثیر معنی‌دار رطوبت و دما بر روی نیرو و انرژی لازم برای شکست دانه‌ی سویا را مشاهده کردند. کوناک و همکاران (2002)، نیروی شکست دانه نخود دیم رقم کوکباسی را در محدوده رطوبتی 5.2٪ تا 16.5٪ تعیین کردند. آنها تاثیر شدید رطوبت بر نیروی شکست را نتیجه گرفتند. لیو و همکاران (1990) نیز با تعیین نیرو و انرژی شکست دانه سویا تحت اثر نیروهای شبه استاتیک (در سرعت بارگذاری 1.2 میلی متر بر دقیقه)، تاثیر معنی‌دار رطوبت و جهت بارگذاری را نتیجه گرفتند. در یک تحقیق از سوی ظریف نشاط و همکاران (1392) تاثیر زمان برداشت، رطوبت خاک و رقم را بر خصوصیات رئولوژیکی سیب‌زمینی بررسی و نتایج از تاثیر معنی‌دار رطوبت خاک بر میزان صدمات مکانیکی و نیرو و انرژی شکست خبر می‌داد. کردی و همکاران (1393) تغییرات خواص مکانیکی ذرت دانه‌ای خشک شده را تحت رطوبت زمان برداشت آزمایش کردند، نتایج نشان داد رطوبت زمان برداشت، بر تمامی ویژگی‌های مکانیکی از جمله نیرو و انرژی شکست دانه‌ها به غیر از سفتی تاثیر معنی‌داری دارد. همچنین در یک بررسی نتایج نشان داد که رطوبت دانه نخود روی تمام خصوصیات مکانیکی اندازه‌گیری شده از جمله نیرو و انرژی گسیختگی تاثیر معنی‌داری دارد (گل محمدی و همکاران، 1392).

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 که 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 آبمیوه‌گیری انگور استفاده می‌شود، مورد بهره‌برداری قرار گیرد.



با توجه به عدم وجود اطلاعات کافی در مورد بررسی اثر رطوبت بر روی نیرو و انرژی شکست انگور ضرورت تعیین تغییرات این خواص احساس می‌شود، بنابراین هدف از این تحقیق تعیین، آنالیز و مقایسه‌ی تغییرات نیرو و انرژی شکست انگور سفید بیدانه تحت تاثیر بارندگی قبل از برداشت و غوطه وری در آب مقطر بعد از برداشت است.

روش تحقیق

تهیه نمونه انگور

درخت انگور مورد مطالعه از یکی از باغات ارومیه در هفته‌ی اول مهرماه برای انجام آزمایشات اجاره و حصارکشی شد. برای محافظت از باران ناخواسته فصلی در زمان آزمایش، روی درخت با محافظ پوشانده شد.

آماده‌سازی نمونه‌ها

با توجه به شیوه‌ی انجام این پژوهش، بررسی در دو فاکتور و هر فاکتور در سه سطح به شرح زیر انجام شد:

فاکتور اول: بررسی اثر بارندگی در حین برداشت انگور بیدانه سفید بر روی درخت

اعمال بارندگی مصنوعی با استفاده از آب مقطر و یک عدد آبپاش در دمای محیط (حدوداً 22 درجه سلسیوس) و در هفته‌ی اول مهرماه 1394 حوالی عصر انجام شد. قبل از اعمال بارندگی سه خوشه از درخت معین طوری که بیشترین شباهت ظاهری با هم دارا بودند انتخاب شدند.

1. شاهد 1: خوشه‌ی باران ندیده و سالم برای مقایسه
2. یک باران دیده: خوشه‌ای که تنها یک‌بار به مدت 30 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.
3. دو باران دیده: خوشه‌ای که ابتدا مشابه خوشه‌ی یک بارش دیده، باران روی آن اعمال گردید و سپس به مدت نیم ساعت منتظر شدیم تا آب سطحی آن تا حدودی خشک شود سپس همان شرایط بارندگی را دوباره فراهم آوردیم، 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 نام برده می‌شود. بعد از اعمال شرایط فوق با استفاده از یک نایلون خوشه را محصور کردیم تا شرایط رطوبت بعد از بارندگی برای آن فراهم شود، خوشه‌ها در ساعت 8 صبح روز بعد چیده شده و در شرایط کنترل شده داخل کلمن به آزمایشگاه انتقال یافتند.

مدت و شدت 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 1 بدست می‌آید:

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

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

فاکتور دوم: بررسی اثر آب‌خوردگی روی انگور بیدانه سفید پس از برداشت در آزمایشگاه

در این بخش نیز سه خوشه‌ی مشابه به طور تصادفی از درخت معین جدا شده و به آزمایشگاه انتقال داده شدند، دو خوشه از سه خوشه برای افزایش محتوای رطوبتی به روش غوطه‌ور کردن داخل آب با دمای 20 درجه‌ی سلسیوس انداخته شدند، یکی از خوشه‌ها را بعد از یک ساعت و خوشه‌ی بعدی را بعد از گذشت دو ساعت از داخل آب بیرون آورده و رطوب آنها بر پایه‌ی تر اندازگی گیری شد. در هر یک از سطوح دو فاکتور ذکر شده بعد از اعمال شرایط حبه‌ها از خوشه‌ها جدا شده و با استفاده از یک تیغ تیز دم آنها را با دقت جدا کردیم (البته به غیر از نمونه‌های آزمون جدایی دم از حبه).

تعیین محتوای رطوبتی

برای تعیین محتوای رطوبت محصول از آون استفاده گردید. 5 عدد حبه‌ی انگور از هر خوشه جدا و در ظرف مخصوص قرار گرفت و در آون با درجه حرارت $75 \pm 2^\circ$ سلسیوس قرار داده شد. بعد از 15 ساعت نمونه‌ها به همراه ظرف از آون خارج و در دیسیکاتور سرد شد و



پس از توزین مجدد با ترازوی دیجیتال در آون با همان دما قرار گرفت و تا زمانی که اختلاف وزن نمونه قبل و بعد از خشک شدن کمتر از 0.5 گرم نشد این کار ادامه پیدا کرد. در نهایت درصد محتوای رطوبت و وزن بر مبنای تر با استفاده از رابطه‌ی (2) بدست آمد (آق باشلو و همکاران، 2008).

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

متوسط درصد رطوبت برای هر یک از گروه های شاهد، یک و دو ساعت آب‌خورده به ترتیب 70.1، 73.25 و 75.5 بدست آمد.

ابعاد محوری

در هر یک از آزمون‌ها سعی گردید تا از حبه‌هایی که شباهت ظاهری نسبتاً بیشتری به هم دارند استفاده شود برای این کار با استفاده از یک کولیس دیجیتال (ساخت کشور ژاپن) ابعاد محوری حبه‌ها اندازه‌گیری و دسته‌بندی شد.

آزمون‌های مکانیکی

برای انجام آزمون‌های مکانیکی از دستگاه آنالیز بافت (Texture Analyzer) دانشگاه ارومیه مجهز به یک نیرو سنج 5 کیلوگرمی استفاده شد. جزئیات تنظیم دستگاه و نوع پروب استفاده شده در جدول 1 آمده است.

جدول 1- تنظیمات دستگاه آنالیز بافت (Texture Analyzer)

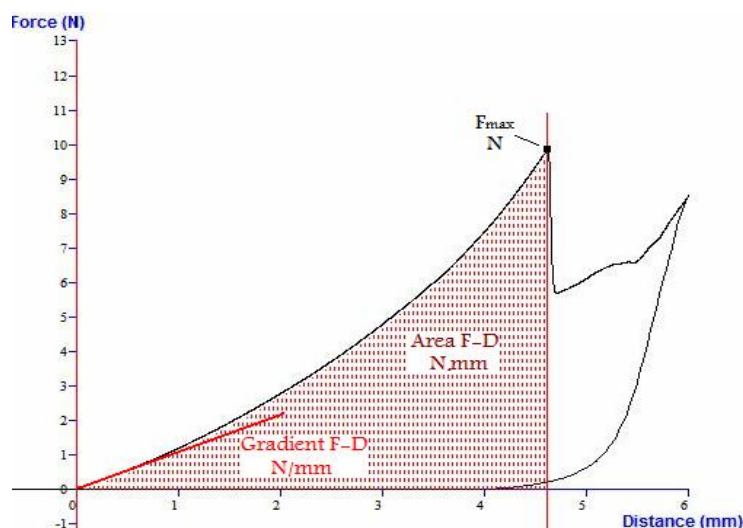
نوع آزمون	نوع پروب	نوع بارگذاری	سرعت آزمون	تغییر شکل	کمیت	علائم اختصاری	واحد
تراکم حبه‌ی کامل	استوانه‌ای 25 میلی‌متری	فشاری	1 mm/s	6 mm	نیروی شکست	Fb	N
					انرژی شکست	Wb	mJ
تراکم گوشت	استوانه‌ای 25 میلی‌متری	فشاری	0.5 mm/s	1.5 mm	نیروی شکست	Fm	N
					انرژی شکست	Wm	mJ
جدایی دم از حبه	اصلاح شده و پایه سوراخ دار	کششی	1 mm/s	10 mm	نیروی شکست	Fped	N
					انرژی شکست	Wped	mJ

آزمون تراکم حبه کامل

شکل 1 نمونه‌ای از نحوه‌ی اجرای آزمایش با دستگاه آنالیز بافت را در آزمون تراکم حبه کامل نشان می‌دهد. شکل 2 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. طبق نظر فیکت و همکاران (2005) انگور جزو 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 1- آزمون تراکم حبه کامل

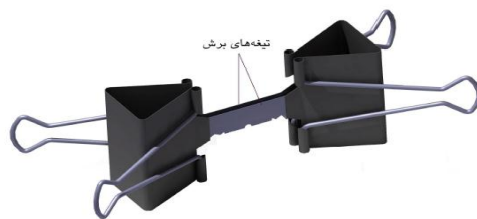


شکل 2- نمونه‌ای از نمودار نیرو تغییر شکل آزمون تراکم حبه‌ی کامل که در آن شیب در ابتدای منحنی، نقطه‌ی شکست و مساحت زیر منحنی تا نقطه‌ی شکست مشخص شده

همچنین در نمودار شکل 2 مشاهده می‌شود که رابطه‌ی بین نیرو و تغییر شکل تا قبل از نقطه‌ی شکست کاملاً خطی نیست و نمودار در این محدوده دارای انحنا بوده و تحدب آن به سمت پایین است که آن به علت محدب شکل بودن نمونه‌ی آزمایشی (حبه انگور) است (حسن پور و همکاران، 1390).

آزمون تراکم گوشت

برای این کار نمونه‌های استوانه‌ای از حبه انگور را با استفاده از ابزار مخصوص که در شکل 3 مشاهده می‌شود جدا کرده و با استفاده از پنس پوست آنها را کنده و برای آزمایش آماده کردیم (شکل 4).



شکل 3- ابزار برش



شکل 4- آماده سازی نمونه‌های گوشت

متوسط ضخامت گوشت‌های استوانه‌ای 4 میلی‌متر انتخاب شد و همانطور که در جدول 1 نشان داده شده است میزان تغییر شکل 1.5 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 را انرژی شکست یا چقرمگی گوشت انگور در نظر گرفتیم.

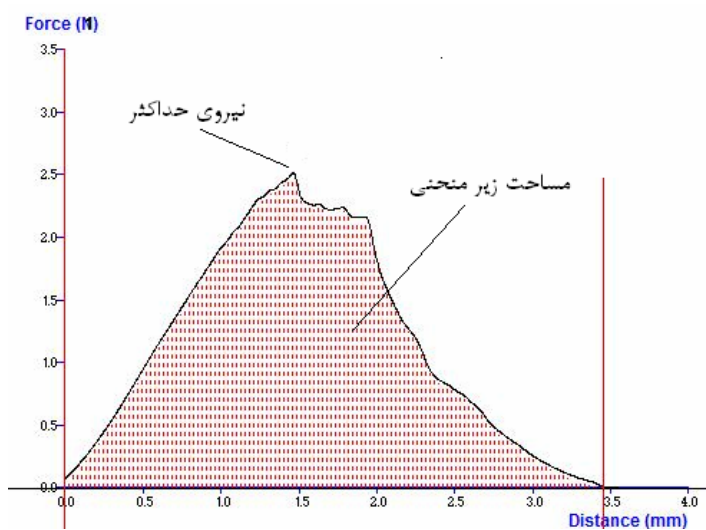
آزمون جدایی دم از حبه

یکی از پارامترهای مهم در بررسی تغییر محتوای رطوبتی در حبه‌ی انگور محاسبه‌ی نیرو و انرژی لازم برای جدایی دم از حبه می‌باشد. برای انجام این آزمایش اقدام به طراحی ابزار مخصوص برای سوار کردن روی دستگاه آنالیز بافت شد. شکل 5 یک نمونه از آزمون جدایی دم از حبه را با استفاده از ابزار ساخته شده نشان می‌دهد.

در این آزمون مطابق شکل 6 بزرگترین مقدار نیرو و مساحت زیر منحنی به ترتیب نیرو و انرژی لازم برای جدایی دم از حبه‌ی انگور منظور شد (مائوری و همکاران، 2009).



شکل 5- یک نمونه از آزمون جدایی دم از حبه را با استفاده از ابزار ساخته شده



شکل 6- یک نمونه از نمودار نیرو تغییر شکل حاصل از آزمون جدایی دم از حبه

تحلیل آماری

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

یافته‌ها

آزمون تراکم حبه‌ی کامل

نتایج مستخرج از این آزمون شامل نیرو و انرژی لازم برای شکست حبه کامل در دو حالت بارندگی قبل از برداشت و غوطه‌وری در آب بعد از برداشت به ترتیب در جداول 2 و 3 آمده است.



جدول 2- مقایسه میانگین داده‌های آزمون تراکم حبه کامل (بارندگی قبل از برداشت)¹

مشخصه آماری	پارامتر آماری	شاهد	یک بارش دیده	دو بارش دیده
نیرو (نیوتن)	میانگین	^a 11.17	9.7	^b 7.15
	انحراف معیار	0.3	0.1	0.15
انرژی (میلی ژول)	میانگین	^a 30.18	^{ab} 22.73	^b 19.5
	انحراف معیار	0.9	0.5	0.2

جدول 3- مقایسه میانگین داده‌های آزمون تراکم حبه کامل (مجاورت با آب بعد از برداشت)

مشخصه آماری	پارامتر آماری	شاهد	یک ساعت آب خورده	دو ساعت آب خورده
نیرو (نیوتن)	میانگین	^a 9.21	^a 8.62	^a 8.03
	انحراف معیار	0.19	0.11	0.06
انرژی (میلی ژول)	میانگین	^a 20.18	^a 18.03	^a 17.54
	انحراف معیار	0.56	0.1	0.18

در بررسی تاثیر 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 2 مشاهده می‌شود نیروی لازم برای شکست با افزایش دفعات بارندگی کاهش معنی‌داری در هر بار بارش پیدا می‌کند بطوریکه این مقدار از 11.17 نیوتن در نمونه‌ی شاهد به 9.7 نیوتن در اولین بارش و 8.03 نیوتن در دومین بارش کاهش یافته است. در بررسی جدول 3 که نتایج مقایسه‌ی میانگین نیرو و انرژی لازم برای شکست حبه‌ی کامل که در سطوح یک و دو ساعت داخل آب مقطر غوطه‌ور شده است را نشان می‌دهد، مشاهده می‌شود که غوطه‌ور شدن در آب تاثیر معنی‌داری روی هیچ یک از دو پارامتر مورد بررسی نداشته است. مطالعه‌ی نیرو و انرژی شکست نخود در رطوبت‌های مختلف از سوی خزائی و همکاران (1382) نشان داد: 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 شکل پذیری آن می‌گردد. لیکن وجود اختلاف معنی‌دار در بررسی بارندگی قبل از برداشت و عدم وجود آن در بررسی مجاورت حبه با آب بعد از برداشت می‌تواند به عوامل مختلفی از جمله تغییر و تحولات داخلی حبه در زمان بارندگی قبل از برداشت و یا به دلیل حالت ضربه‌ای بارندگی نسبت به غوطه‌وری در آب داشته باشد.

آزمون تراکم گوشت حبه‌ی انگور

مشاهدات در تغییرات میانگین نیرو و انرژی لازم برای گسیختگی گوشت حبه انگور که به صورت استوانه‌هایی با ابعاد معلوم به روش مذکور آماده شده بود، در هر دو حالت بارندگی و غوطه‌وری در آب مقطر به ترتیب در جداول 4 و 5 آمده است.

جدول 4- مقایسه میانگین داده‌های آزمون تراکم گوشت حبه (بارندگی قبل از برداشت)

مشخصه آماری	پارامتر آماری	شاهد	یک بارش دیده	دو بارش دیده
نیرو (نیوتن)	میانگین	^a 10.38	^a 9.31	^a 8.72
	انحراف معیار	0.16	0.13	0.19

¹ حروف مشابه لاتین نشان دهنده‌ی عدم اختلاف معنی‌دار در سطح 5٪ می‌باشد.



^a 5.19	^a 5.78	^a 6.37	میانگین	انرژی (میلی ژول)
0.12	0.13	0.15	انحراف معیار	

جدول 5- مقایسه میانگین داده‌های آزمون تراکم گوشت حبه (مجاورت با آب بعد از برداشت)

مشخصه آماری	پارامتر آماری	شاهد	یک ساعت آب‌خورده	دو ساعت آب‌خورده
نیرو (نیوتن)	میانگین	^a 9.5	^{ab} 8.42	^b 7.35
	انحراف معیار	0.11	0.14	0.06
انرژی (میلی ژول)	میانگین	^a 6.27	^b 4.99	^b 4.31
	انحراف معیار	0.09	0.08	0.07

در بررسی تاثیر بارندگی قبل از برداشت روی نیرو و انرژی شکست استوانه‌ای گوشتی جدا شده از حبه که به ترتیب با عناوین مقاومت نهایی و چقرمگی گوشت انگور خوانده می‌شوند با مراجعه به نتایج گزارش شده در جدول 4 تغییر معنی داری در سطح 5 درصد بین میانگین داده های شاهد و دفعات بارندگی مشاهده نمی‌شود هرچند کاهش میانگین داده‌های نیرو و انرژی شکست تا حدود ده درصد نیز در هر بار بارندگی مشاهده می‌شود. از سوی دیگر در بررسی غوطه‌ور کردن حبه‌ها در آب مقطر کاهش نیرو (مقاومت نهایی) گوشت انگورها در سطح یک ساعت بیش از 11 درصد بوده و با گذر از سطح یک ساعت به دو ساعت تغییر از 9.5 به 7.35 نیوتن می‌رسد که تغییر معنی‌داری را در سطح 5 درصد ایجاد می‌کند، در همین گروه و بررسی انرژی لازم برای شکست (چقرمگی) این تغییر معنی‌دار در سطح اول بررسی و بعد از گذشت یک ساعت ایجاد می‌شود به طوری که در این فاصله انرژی لازم برای شکست از 6.27 به 4.99 میلی‌ژول می‌رسد و بعد از آن در سطح دو ساعت شیب کاهش نیرو ملایم‌تر شده و به مقدار 4.31 میلی‌ژول می‌رسد که تغییر معنی‌داری را نسبت به سطح یک ساعت غوطه‌وری باعث نمی‌شود.

آزمون جدایی دم از حبه

نتایج بررسی تاثیر بارندگی قبل از برداشت و غوطه‌وری در آب مقطر بعد از برداشت هرکدام در دو سطح به ترتیب در جداول 6 و 7 گزارش شده است.

جدول 6- مقایسه میانگین داده‌های آزمون جدایی دم از حبه (بارندگی قبل از برداشت)

مشخصه آماری	پارامتر آماری	شاهد	یک بارش دیده	دو بارش دیده
نیرو (نیوتن)	میانگین	^a 0.226	^{ab} 0.201	^b 0.195
	انحراف معیار	0.01	0.05	0.01
انرژی (میلی ژول)	میانگین	^a 0.179	^a 0.164	^a 0.156
	انحراف معیار	0.03	0.04	0.02

جدول 7- مقایسه میانگین داده‌های آزمون جدایی دم از حبه (مجاورت با آب بعد از برداشت)

مشخصه آماری	پارامتر آماری	شاهد	یک ساعت آب‌خورده	دو ساعت آب‌خورده
نیرو (نیوتن)	میانگین	^a 0.218	^b 0.191	^b 0.185
	انحراف معیار	0.03	0.03	0.01
انرژی (میلی ژول)	میانگین	^a 0.164	^a 0.16	^a 0.139
	انحراف معیار	0.02	0.04	0.06

مقایسه میانگین‌های نیرو و انرژی لازم برای جدایی دم از حبه در هر دو گروه نشان از تفاوت در نوع تغییر نیروها و انرژی‌ها دارد به طوری



که انرژی لازم برای جدایی دم از حبه با وجود کاهش از 0.179 میلی ژول به 0.164 میلی ژول در اولین بارش و سپس 0.156 میلی ژول در بارش دوم از نظر آماری اختلاف معنی داری ندارد، این مورد درباره ی بررسی وضعیت تغییر انرژی لازم برای جدایی دم از حبه در گروه غوطه وری در آب مقطر نیز صادق است و همانطور که مشاهده می شود کاهش مقادیر انرژی جدایی در سطح یک ساعت و حتی دو ساعت معنی دار نیست، در حالی که کاهش مقادیر میانگین نیروی لازم برای جدایی دم از حبه در حالت بارندگی در سطح دو بارش با کاهش از مقدار اولیه ی 0.226 نیوتن به 0.195 نیوتن به صورت معنی دار در سطح 5 درصد تغییر پیدا کرده است همین طور است در مقایسه ی سطوح غوطه وری در آب مقطر در گروه دوم، که در هر دو سطح بررسی تغییر معنی دار مشاهده می شود.

بحث و نتیجه گیری

اعمال باران مصنوعی روی انگور در حین برداشت روی درخت و مقایسه ی آن با حالت آب خوردگی انگور بعد از چیده شدن با استفاده از آب مقطر و روش غوطه ور کردن با کمک آزمون های مکانیکی توسط دستگاه آنالیز بافت نتایج در نگاه کلی و به شرح زیر است: غوطه وری در آب مقطر کمترین تاثیر را روی نیرو و انرژی لازم برای شکست حبه کامل دارد در حالیکه بارندگی قبل از برداشت روی هر دو پارامتر نیرو و انرژی لازم برای شکست حبه کامل تاثیر معنی دار داشت. در مورد بررسی تغییرات گوشت انگور مشاهده می شود که بارندگی تاثیر معنی داری روی مقاومت نهایی و چقرمگی گوشت انگور ندارد در صورتی که غوطه وری در آب مقطر باعث کاهش معنی دار در مقاومت نهایی و چقرمگی گوشت انگور می شود. در بررسی نیرو و انرژی لازم برای جدایی دم از حبه در هر دو گروه کاهش مقادیر مذکور معنی دار بوده و نشان می دهد که هر گونه تماس با آب قبل یا بعد از برداشت انگور باعث کاهش نیرو و انرژی لازم برای جدایی دم از حبه می گردد که البته بنا به زمان و عملیات کشاورزی مختلف می تواند مفید یا مضر باشد.

با توجه به اهمیت شناخت تغییرات خواص مکانیکی محصولات کشاورزی تحت تاثیر آب خوردگی و همچنین نبود اطلاعات کافی در این زمینه پژوهشگرانی که علاقه مند به تحقیق در این زمینه هستند می توانند با الهام از موضوع این پروژه آن را روی سایر محصولات حساس به آب همچون آلبالو و گیلان نیز تعمیم دهند همچنین می توانند پارامتر دیگری چون حمل و نقل بعد از آب خوردگی را به آن بیافزایند.

منابع

1. حسن پور، علی و اسمعیلی، محسن و مدرس مطلق، اسعد و رحمانی دیدار، علاء الدین، ارزبایی و آنالیز خواص فیزیکی و مکانیکی انگور سفید بیدانه قبل و پس از برداشت، رساله ی دکتری، دانشگاه ارومیه 1390.
2. خزائی، جواد و رجبی پور، علی و محتسبی، سعید و بهروزی لار، منصور، تعیین نیرو و انرژی مورد نیاز برای شکست دانه ی نخود در بارگذاری شبه استاتیک، مجله علوم کشاورزی ایران، جلد 35، شماره 3، 1383، 765-776.
3. عالمی، هادی و خوش تقاضا، محمد هادی و مینایی، سعید، تعیین خواص مکانیکی دانه ی سویا در بارگذاری شبه استاتیک، فصلنامه علوم و صنایع غذایی، دوره 6، شماره 2، 1388، 113-124.
4. غریب زاهدی، سید محمد تقی و موسوی، سید محمد و طاهری گراوند، امین و جعفری، سید مهدی و رفیعی، شاهین، بررسی اثر میزان رطوبت بر ویژگی های فیزیکی میوه سنجد، مجله الکترونیک فراوری و نگهداری مواد غذایی 1، دوره اول، شماره دوم، 1388، 103-120.
5. کردی، سجاد و فدوی، علی و اسکندری، محمد و براری، مهرشاد و رفیعی، مسعود و مهربایی، علی اشرف، بررسی اثر روش کود دهی اوره و رطوبت زمان برداشت بر خواص مکانیکی ذرت دانه ای خشک شده، نشریه ماشین های کشاورزی، جلد 4، شماره 3، 1393، 10-1.

6. Aghbashlo, Morteza and Kianmeh, mohammad hossein and Hassan-Beygi, seyed reza. (2008). Specific heat and thermal conductivity of berberis fruit (*Berberis vulgaris*). American Journal of Agricultural and Biological Sciences. Vol. 3. No. 1. 330- 336.

7. FAO. Statitital database. 2005, 2009, 2010, 2011. Available From: <http://www.fao.org/statistics>

8. Fekete, A .and Nagy, M .and Kantor D. (2005). Analysis of force- deformation relationship with fruits. An ASAE Meeting presentation.



9. Foutz, T. L. and S. A. Thompson and M. D. Evans. (1993). Comparison of loading response of packed grain and individual kernels. *Trans. of the ASAE*. 36(2):569-576.
10. Kadam, Vikramsinh. (2014). Rainfall damage protection system & prevention from the plant disease. *International Journal of Advances in Engineering & Technology*. vol. 7 No. 1. 153-158.
11. Kang, Y.S. and Spillman, C. K. and Steele J. L. and Chung, D.S. (1995). Mechanical properties of wheat. *Trans. Of the ASAE*. 38(2):573-578
12. Kirk, I. W. and McLeod H. E. (1967). Cottonseed rupture from static energy and impact velocity. *Trans. Of the ASAE*. 10(2): 217-219.
13. Konak, M. and Carman, K. and Aydin, C. (2002). Physical properties of chick pea seeds. *Biosystems Engineering*. 82(1):73-78.
14. Lewis, R. S. (1989). *Physical Properties of Food and Food Processing Systems*. 1st edn. Chichester. Ellis Horwood, UK.
15. Liu, M. and Haghghi, K. and 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
16. Mark, L. Chien. (2010). Rain at Harvest: finishing the end game. *Viticulture Educator*. Penn State. Cooperative Extension
17. Maury, C. and Madieta, E. and Moigne, M.L. and Mehinagic, E. and Siret, R. and Jourjon, F. (2009). Development Of a mechanical texture test to evaluate the ripening process of cabernet France grapes. *Journal of Texture Studies*, 40, 511–535.
18. Por Azarang, H. (2002). *Unit Operation in Agricultural Material Processing*. 1st edn. Ferdowsi University of Mashhad Publication Mashhad, Iran.
19. Praveen, C. B. and Irudayaraj, J. (1995). Mechanical strength and rheological behaviour of barley kernels. *International Journal of Food Science and Technology*. 30:609-623.
20. Sitkei. (1986). *Mechanics of Agricultural Materials*. Elsevier, New York, Budapest, Hungary
- Varela P, Salvador A and Fiszman S, 2007. Changes in apple tissue with storage time: Rheological, textural and microstructural analyses. *Journal of Food Engineering* 78: 622-629.
21. Wouters, A. and Baerdemaeker, J.D. (1988). Effect of moisture content on mechanical properties rice kernels under quasi-static compressive loading. *Journal of Food Engineering*. 7:83-111.