

تعیین برخی از ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی دو واریته گردو

هددا دانائی اسکوئی^{۱*}، محسن اسمعیلی^۲ و زهرا پیروای ونک^۳

تاریخ دریافت: ۹۶/۶/۲۷ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۰/۱۱

^۱ دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه

^۲ استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

^۳ دانشیار پژوهشگاه استاندارد، پژوهشکده غذایی و کشاورزی، گروه پژوهشی مواد غذایی، کرج

*مسئول مکاتبه: Email: hld.danaei@gmail.com

چکیده

برای انجام عملیات کارآمد و طراحی مناسب ماشین آلات و فرآیندها، درک مناسبی از خصوصیات محصول مورد نیاز است. هدف از این پژوهش، ارزیابی خواص فیزیکی و مکانیکی دو واریته گردو (کاغذی و سنگی) در شهرستان اسکو در آذربایجان شرقی بود که در مهر ماه ۱۳۹۳ انجام شد. برای این منظور، طول، ضخامت، حجم، کرویت، مساحت سطحی و قطر میانگین هندسی گردوی کامل و مغز گردو اندازه‌گیری شد. علاوه بر این، آزمون‌های فشار و نفوذ برای هر دو واریته انبار شده در سه دمای مختلف اتاق (۲۵°C)، یخچال (۴°C) و فریزر (-۱۸°C) انجام گرفت. مغزها طی انبار در کیسه‌های پلی پروپیلنی نگه داری شدند. نتایج حاصل نشان داد که کرویت گردو وابسته به واریته هست. همچنین نتایج آنالیز واریانس یک طرفه معنی‌دار بودن اثر واریته روی ضریب کرویت را در سطح احتمال ۵٪ بیان کرد. نتایج حاصل از آزمون‌های مکانیکی نشان داد که سختی طی نگه‌داری افزایش می‌یابد. همچنین مشخص شد که سختی به طور معنی‌داری تحت تاثیر دمای انبار قرار می‌گیرد.

واژگان کلیدی: گردو، خصوصیات فیزیکی، خصوصیات مکانیکی، ضریب کرویت

مقدمه

و کیک دارد. کاربرد دیگر این ماده استفاده از آن بعنوان یک طعم دهنده طبیعی در مواد غذایی است (وانهانن و سوچ ۲۰۰۶). کشور ایران از نظر تولید گردو در دنیا جایگاه مهمی دارد. براساس آمار سال ۲۰۱۲ سازمان خوار بار جهانی، سطح زیر کشت گردو در دنیا ۹۹۵۰۴۰ هکتار و در ایران ۶۴۰۰۰ هکتار می‌باشد. میزان تولید گردو در دنیا حدود ۳۴۱۸۵۵۹ تن می‌باشد که ایران با تولید ۴۵۰۰۰۰ تن و حدود ۱۴٪ در رتبه دوم بعد از کشور چین قرار دارد. کشورهای آمریکا و ترکیه

گردو از جمله محصولات باغی مهم در ایران و دنیا است که از نظر میزان تولید و ارزش اقتصادی، تغذیه‌ای و دارویی بالای آن حائز اهمیت است. این مغز بعنوان جزء کاربردی در محصولات غذایی نظیر محصولات لبنی، آبنبات، شکلات، نان، کیک، مافین و ... مورد استفاده قرار می‌گیرد (پاین ۱۹۸۵). آرد گردو محصول جدیدی است که قابلیت استفاده در صنعت پخت بعنوان مکمل یا حتی جایگزینی برای آرد گندم در ساخت نان، بیسکویت

نیز به ترتیب در جایگاه‌های بعدی قرار دارند (فائو۱۴۲۰۱). گردو به علت خواص ارگانولپتیکی خوب و اثر حفاظتی علیه بیماری قلبی عروقی یک خشکبار مطلوب محسوب شده و بعنوان جزء کاربردی در چندین محصول غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد همچون محصولات لبنی منجمد، آبنبات، شکلات، خمیر، نان، کیک، مافین و... (پاین ۱۹۸۵).

شناخت ویژگی‌های محصولات کشاورزی اجازه می‌دهد هم ماشین‌های جدید و فرآیندهای صنعتی با مشخصات کیفی طراحی و اصلاح شود، تا خسارت کاهش و بهره‌دهی عملیات افزایش یابد، و هم شرایط نگهداری و حمل و نقل محصول بهینه شود. اولین گام در تدوین استانداردهای کیفی در محصولات کشاورزی و باغی و نیز بهبود خطوط مختلف فرآوری این محصولات دانستن خواص متنوع این محصولات و انواع تغییراتشان در اثر عوامل گوناگون است (توکی هسجین ۱۳۸۲).

برداشت و شکستن گردو به صورت دستی علاوه بر آسیب‌هایی که به هنگام برداشت محصول به درخت وارد می‌کند باعث افزایش قیمت محصول و اتلاف زمان می‌شود. بنابراین برای توسعه دستگاه‌های برداشت و شکستن گردو مطالعه خواص فیزیکی و مکانیکی گردو ضروری است و این دانش پیش نیاز اصلی جهت طراحی و توسعه ماشین‌آلات برداشت و فرآوری گردو است. مهم‌ترین فرآیند پس از برداشت گردو جداسازی آن از پوست می‌باشد. تعیین خواص مکانیکی گردو یک پیش نیاز و یک مرحله بحرانی برای طراحی و توسعه تجهیزات مورد استفاده برای شکستن گردوها می‌باشد (برقه ای و همکاران ۲۰۰۰). کویانکی و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که ضخامت پوست و قطر میانگین هندسی نیروی لازم برای ماکزیمم مقاومت پوست، انرژی لازم برای تغییر شکل پوست تا رسیدن به نقطه شکست و کیفیت گردوی استخراج شده بر اثر شکستن را تحت تاثیر قرار می‌دهد. با افزایش ضخامت

پوست گردو، نیرو و انرژی مورد نیاز پوست‌گیری به صورت خطی افزایش می‌یابد. سفتی پوست گردوها بسته به نوع واریته، متغیر است. فرآیند شکستن می‌تواند منجر به آسیب گردو شود و میزان آسیب وابسته به نوع واریته، خواص فیزیکی، فشار وارده و موقعیت می‌باشد. خواص مکانیکی گردوها در طراحی دستگاه‌های گردوشکن و آسیاب گردو بسیار مهم هستند (شریفیان و درفشی ۲۰۰۸). سفتی پوسته سخت گردو نیز یکی از شاخص‌های اصلی مورد استفاده برای تعیین کیفیت و عمر مفید بعد از برداشت و سرعت و میزان از دست‌دادن استحکام بافت در طول نگهداری می‌باشد و حفظ سفتی به طور مستقیم باعث افزایش عمر نگه‌داری و مقاومت در برابر صدمات مکانیکی می‌شود (بریت ۱۹۹۰). برای تعیین سفتی از آزمون نفوذ استفاده می‌شود..

شریفیان و درفشی (۲۰۰۸) آزمایشاتی برای تعیین خواص مکانیکی گردوهای شهرستان ارومیه انجام دادند. در طی این آزمایش، نیرو، مقدار کرنش پوسته تا لحظه شکستن، انرژی کرنشی و توان مورد نیاز برای شکستن هر گردو در دو محتوای رطوبتی ۹/۲۱ درصد و ۲۱ درصد اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان دادند که بیشترین مقدار نیرو و توان و کمترین آن‌ها به ترتیب در راستای طولی و راستای شکاف گردو بدست آمد. انرژی شکستن کامل گردو با کاهش محتوای رطوبتی افزایش ارتفاع سقوط افزایش می‌یابد. همچنین نتیجه گرفته شد که سرعت سقوط چهار متر بر ثانیه برای ایجاد ترک کافی در گردوی آفریقایی با سطح رطوبتی کمتر از ۳۰ درصد خشک پایه، مناسب است (آسوگ ۱۹۹۵).

خواص فیزیکی (قطر محوری و شعاعی، ضخامت پوسته، کرویت، وزن، حجم، چگالی و...) محصولات کشاورزی از پارامترهایی هستند که نقش مهمی در طراحی و ساخت تجهیزات و آنالیز رفتار محصولات در طی انتقال، فرآوری و نگه‌داری دارند (فریزر و همکاران

مواد و روش ها

در این تحقیق، آزمون ها روی دو رقم گردو بنام پوست کاغذی و پوست سنگی که از یک باغ محلی واقع در شهرستان اسکو استان آذربایجان شرقی تهیه شده بودند، صورت گرفت. نمونه ها پس از جدا کردن پوست سبز، بمدت ۵ روز در جلوی آفتاب خشک شدند. نمونه ها به دو دسته تقسیم شدند. دسته اول برای انجام آزمایشات اولیه به آزمایشگاه منتقل شدند و دسته دوم شکسته شده و به صورت مغز در بسته بندی پلی پروپیلنی در سه شرایط دمایی اتاق (25°C)، یخچال (4°C) و فریزر (-18°C) انبار شدند.

اندازه گیری ویژگی های فیزیکی گردو

در این تحقیق برای تعیین ویژگی های ابعادی نمونه ها، از هر وارپته ۱۰ عدد گردو به طور تصادفی انتخاب شده و مورد آزمایش قرار گرفتند. برای هر گونه، ابعاد گردو با پوست و مغز دو لپه شده در سه قطر بزرگ یا طول (L بر حسب میلی متر)، قطر متوسط یا پهنا (W بر حسب میلی متر) و قطر کوچک یا ضخامت (T بر حسب میلی متر) با استفاده از یک کولیس با دقت 0.1 میلی متر اندازه گیری شدند (شکل ۱). برای توصیف شکل دانه از ضریب کرویت استفاده شد که میزان نزدیک بودن شکل دانه به کره را نشان می دهد (محسنین ۱۹۷۸). با استفاده از داده ها و روابط [۱] تا [۴] قطر میانگین هندسی، ضریب کرویت، حجم، مساحت سطح رویه محاسبه شدند.

قطر میانگین هندسی (D_g)

میانگین هندسی قطر (D_g) گردو با رابطه زیر محاسبه می شود (محسنین ۱۹۷۰)

$$D_g = (L W T)^{1/3} \quad [۱]$$

L نشانگر طول گردو، W نشانگر عرض گردو و T ضخامت گردو را بیان می کند.

در مطالعه ای کیفیت مغز حاصل از شکستن گردو به عنوان تابعی از قطر متوسط هندسی و ضخامت پوسته مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان دادند که با افزایش ضخامت، پوسته تمایل کمی برای کاهش کیفیت مغز وجود داشته و با افزایش قطر متوسط هندسی، کیفیت مغز افزایش می یابد (کویانکو و همکاران ۲۰۰۴).

گاهی در برخی مطالعات بهتر است روابط بین خواص فیزیکی را تعیین کنیم. برای مثال، میوه ها اغلب توسط اندازه طبقه بندی می شوند. اما گاهی به نظر اقتصادی بهتر است با ماشین هایی که بر اساس وزن کار می کنند دسته بندی شوند. بنابراین، روابط بین وزن و قطرهای بزرگ، متوسط و کوچک نیاز است (استروشاین و هامان ۱۹۹۴).

ضریب کرویت از جمله روش هایی است که برای نشان دادن اختلاف در شکل میوه ها، سبزی ها و غلات و بذرها استفاده می شود. در واقع این ضریب از شاخص های تعیین شکل جسم است و نشان دهنده ی میزان مشابهت یک جسم به کره می باشد. شکل مواد غذایی نقش مهمی در فرآیندهای جداسازی و درجه بندی توسط ماشین های غربال دارد. هرچه شکل جسم از کره دورتر باشد ضریب کرویت آن کمتر است و به راحتی قادر به عبور از سوراخ های دایره ای شکل غربال نخواهد بود. همچنین حین تخلیه روی سطح صاف نیز، چندان قادر به غلتیدن نبوده و برای استفاده از آنها نیاز به انرژی بیشتری است (فریزر و همکاران ۱۹۷۸). هدف از این تحقیق تعیین برخی ویژگی های فیزیکی گردوی کامل (با پوسته سخت) و مغز گردو شامل طول، ضخامت، ضریب کرویت و ... با هدف جداسازی کیفی آنها همچنین تعیین خواص مکانیکی گردوی کامل و مغز آن توسط آزمون های نفوذ و تراکم به منظور جمع آوری اطلاعات لازم در طراحی ماشین آلات جداسازی و درجه بندی می باشد.



شکل ۲- دستگاه آنالایزر بافت مدل TA-XTplus

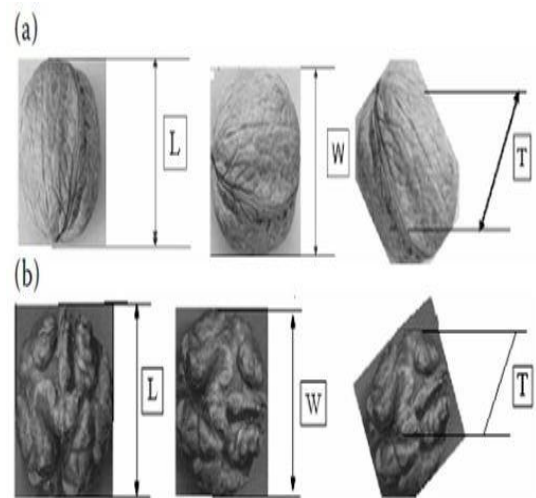
آزمون فشار

این آزمون برای گردوی کامل و توسط دستگاه ذکر شده انجام شد. پروب استوانه‌ای ۲۵ میلی‌متری و سرعت ۱ میلی‌متر بر ثانیه برای این منظور بکار گرفته شد. گردو در محل دستگاه قرار داده شد و فشار تا لحظه شکستن گردو به آن وارد شد (ترکات و همکاران ۱۹۹۸). نیروی شکست به طور مستقیم محاسبه شد. انرژی جذب شده طی بارگذاری تا لحظه شکست از طریق معادله ۵ محاسبه شد (محسنین ۱۹۸۶).

$$E=1/2 (FD) \quad [5]$$

E انرژی جذب شده بر حسب میلی ژول، F نیروی شکست بر حسب نیوتن و D تغییر شکل در اثر شکست بر حسب میلی متر می باشد. سختی (Q) از تقسیم نیروی شکست به تغییر شکل بدست می آید و واحد آن نیوتن بر میلی متر است (سیریسومبون و همکاران ۲۰۰۷).

$$Q= F/D \quad [6]$$



شکل ۱- محاسبه ابعاد گردو (آلتوناس و ارکول ۲۰۱۰)

ضریب کرویت (Φ)

ضریب کرویت (Φ) گردو توسط رابطه زیر محاسبه می‌شود (محسنین ۱۹۷۰)

$$\Phi = \left[\frac{Dg}{L} \right] \times 100 \quad [2]$$

حجم (V)

حجم گردو (V) با استفاده از رابطه زیر بدست می‌آید (محسنین ۱۹۷۸).

$$V = \left(\frac{\pi}{6} \right) Dg^3 \quad [3]$$

مساحت سطح رویه (S)

مساحت سطح رویه گردو (S) از رابطه زیر محاسبه می‌شود (محسنین ۱۹۷۰)

$$S = \pi Dg^2 \quad [4]$$

اندازه گیری ویژگی های مکانیکی گردو

به منظور تعیین ویژگی های مکانیکی نمونه های گردو، از آزمون های فشار و نفوذ استفاده شد. این آزمون ها توسط دستگاه آنالایزر بافت مدل TA-XTplus ساخت کمپانی استیبل میکرو سیستم انگلستان انجام گرفت.

آزمون نفوذ

برای تعیین سفتی از آزمون نفوذ استفاده شد. در این آزمون، پروب دستگاه به درون نمونه نفوذ کرده و حداکثر نیروی لازم برای نفوذ به عمق معین به عنوان شاخص سفتی تعیین شد. برای تعیین این شاخص نیز از دستگاه مذکور استفاده شد. بدین منظور سرعت جابجایی پروب (با قطر ۲ میلی متر) روی یک میلی متر بر ثانیه و میزان جابجایی آن در ۶ میلی متر تنظیم شد (وارگاس و همکاران ۲۰۰۶).

آنالیز آماری

تجزیه و تحلیل داده ها با روش تجزیه واریانس (ANOVA) با استفاده از نرم افزار آماری SPSS22 انجام شد.

نتایج و بحث

ویژگی های فیزیکی گردو

میانگین اندازه طول، عرض و ضخامت وارپته های گردو و مغز آن در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- طول، عرض و ضخامت گردوی کامل و مغز گردو

حالت			وارپته	
طول (mm)	عرض (mm)	ضخامت (mm)		
۳۷/۱±۶۹/۳۲ ^b	۳۴/۱±۴۵/۲۴ ^a	۳۳/۰±۳۷/۸۰ ^a	با پوست	وارپته کاغذی
۳۰/۰±۳۰/۹۵ ^A	۲۸/۲±۱۵/۲۴ ^A	۱۴/۱±۵۳/۸۸ ^A	مغز	
۴۰/۲±۳۸/۸۱ ^a	۳۲/۱±۰۳/۳۸ ^b	۳۲/۱±۰۹/۱۹ ^a	با پوست	وارپته سنگی
۲۹/۲±۸۸/۰۳ ^A	۲۶/۱±۴۱/۶۲ ^B	۱۴/۰±۳۵/۹۸ ^A	مغز	

میانگین طول، عرض و ضخامت برای گردو با پوست ۳۷/۶۹، ۳۳/۳۷، ۴۴/۴۵، ۴۰/۳۸، ۳۲/۰۳، ۳۲/۰۹ و برای مغز ۳۰/۳۰، ۲۸/۱۵، ۱۴/۵۳ و ۲۹/۸۸، ۲۶/۴۱، ۱۴/۳۵ به ترتیب برای وارپته کاغذی و سنگی بود. التونتاس و ارکول (۲۰۱۰)، میانگین طول، عرض و ضخامت را به ترتیب ۴۲/۷۹ تا ۴۵/۴۶، ۳۵/۹۶ تا ۳۷/۵۸ و ۳۴/۲۱ تا ۳۶/۲۱ برای وارپته Yalova بدست آوردند. نتایج نشان می دهد که وارپته های گوناگون گردو ابعاد متفاوتی دارند که باید در فرآیند خشک کردن و فرآیندهای مرتبط در نظر گرفته شود.

۳۷/۶۱ سانتی متر مربع به ترتیب برای وارپته کاغذی و سنگی با پوست و ۱۶/۸۱ و ۱۵/۸۴ سانتی متر مربع به ترتیب برای مغز این دو وارپته بود. میانگین قطر هندسی ۳۵/۱۲ و ۳۴/۶۳ میلی متر به ترتیب برای وارپته کاغذی و سنگی با پوست و ۲۳/۱۴ و ۲۲/۴۵ میلی متر به ترتیب برای مغز این دو وارپته بود. التونتاس و ارکول (۲۰۱۰)، میانگین قطر هندسی را برای وارپته Yalova ۳۸/۱۸ تا ۳۸/۹۷ بدست آوردند. نتایج جدول ۲ نشان می دهد که تفاوت هایی در ویژگی اندازه گردو شامل ابعاد محوری و قطر میانگین هندسی برای نمونه های با پوست و بدون پوست وجود دارد که این نتایج با نتایج پژوهش ابراهیمی و همکاران (۱۳۸۸) مشابهت دارد. بنابراین، جداسازی گردها بر پایه خصوصیات اندازه امکان پذیر است. نتایج قطر میانگین هندسی نشان می دهد که مقادیر قطر میانگین هندسی گردها با پوست بزرگتر از نمونه های بدون پوست در تمام وارپته ها و شرایط می باشد. با افزایش قطر میانگین

جدول ۲ برخی از ویژگی های فیزیکی وارپته های گردو را که با استفاده از داده های جدول ۱ محاسبه شدند ارائه می دهد.

میانگین حجم برای گردو با پوست ۲۲/۷۰ و ۲۱/۷۰ سانتی متر مکعب به ترتیب برای وارپته کاغذی و سنگی و ۶/۵۱ و ۵/۹۴ سانتی متر مکعب به ترتیب برای مغز این دو وارپته بود. میانگین مساحت سطحی ۷،۳۸ و

مطالعات قبلی مطابقت دارد (التونتاس و ارکول ۲۰۱۰). تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه معنی‌دار بودن اثر وارپته روی ضریب کرویت را در سطح احتمال ۵٪ نشان داد.

هندسی کیفیت مغز افزایش می‌یابد (کویانکو ۲۰۰۴). مقدار کرویت به طور متوسط برای نمونه‌های با پوست ۹۳/۲، ۸۵/۹ و برای مغز ۷۶/۲، ۷۵/۲ بود. این بدان معناست که گردو می‌تواند به آسانی حول محور اصلی خود طی پروسه حمل و نقل دوران کند که با نتایج

جدول ۲- برخی ویژگی‌های فیزیکی گردو کامل و مغز گردو

حجم (cm^3)	کرویت (%)	مساحت سطح (cm^2)	قطر میانگین هندسی (mm)
$22/1 \pm 70/62^a$	$93/2 \pm 18/39^a$	$38/1 \pm 70/48^a$	$35/0 \pm 12/41^a$
$6/1 \pm 51/12^a$	$76/0 \pm 26/43^a$	$16/1 \pm 81/45^a$	$23/14 \pm 7/1^a$
$21/1 \pm 70/43^a$	$85/0 \pm 91/56^b$	$37/1 \pm 61/65^a$	$34/0 \pm 63/37^a$
$5/0 \pm 94/82^a$	$75/0 \pm 13/33^a$	$15/1 \pm 84/48^a$	$22/45 \pm 5/3^a$

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشد.

تغییر شکل پوسته تا رسیدن به نقطه شکست و کیفیت گردوی استخراج شده بر اثر شکستن گردو، نیرو و انرژی به صورت خطی با افزایش ضخامت پوسته افزایش می‌یابد. خواص مکانیکی گردوها در طراحی ماشین‌های گردوشکن و پودرکننده خیلی مهم هستند (شریفیان و درفشی ۲۰۰۸). دورسون (۱۹۹۷)، کویانکو و همکاران (۲۰۰۴)، شریفیان و درفشی (۲۰۰۸) و ازکان (۲۰۰۸) رفتار مکانیکی گردوها را تحت تراکم اعمال شده بررسی کردند و تاکید کردند که جهت شکستن یک پارامتر مهم است که خواص مکانیکی گردو را تحت تاثیر قرار می‌دهد و بهترین جهت شکستن گردو از نقطه نظر سالم ماندن مغز، شکستن در جهت طولی است.

جدول ۳- میانگین آزمون فشار

وارپته	نیروی شکست (N)	سختی (N/mm)
وارپته کاغذی	$2/22 \pm 0/42^b$	$1/19 \pm 0/04^b$
وارپته سنگی	$3/0 \pm 0/7/62^a$	$1/0 \pm 11/15^a$

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشد.

بسیاری از محققان امکان مطالعه خواص مکانیکی پوست میوه‌ها و مغزها را از طریق آزمون نفوذ نشان داده‌اند. به طور مشابه شفیع و همکاران (۲۰۰۸) از

ویژگی‌های مکانیکی گردو

عوامل مختلفی بر فرآیند ترک‌دار کردن گردو و میزان خرد شدگی مغز موثر است که شناسایی و مطالعه این عوامل برای طراحی دستگاه گردوشکن حائز اهمیت است. پژوهشگران گوناگون، اثر پارامترهای مختلف بر شکستن محصولات برخورددار از پوسته سخت را بررسی کرده‌اند. تحقیقات نشان داده است که اندازه، شکل، ضخامت پوسته و بافت از مهم‌ترین عوامل موثر بر شکستن پوسته و کیفیت مغز استخراجی در میوه‌های آجیلی دارای پوسته سخت محسوب می‌شود. در این مطالعه، ابتدا قبل از شکستن پوست گردوها، سختی پوست توسط آزمون فشار بررسی شد. نتایج حاصل در جدول ۳ آورده شده است. شیب این آزمون سختی را می‌دهد که به صورت مقاومت به تغییر شکل تعریف می‌شود. (قنبرزاده ۱۳۸۸) و برطبق نتایج نیروی لازم برای شکستن پوسته گردو برای وارپته سنگی بیشتر از وارپته کاغذی می‌باشد. کویانکو و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کرد که نیروی لازم برای شکستن گردو با افزایش ضخامت پوسته، افزایش می‌یابد. بنابراین منطقی است که یک رابطه معکوس بین ضخامت پوسته و کیفیت مغز استخراج شده انتظار داشته باشیم. نیروی لازم برای ماکزیمم مقاومت پوسته، انرژی لازم برای

جدول ۴- نتایج حاصل از آزمون نفوذ وارپته های گردو

وارپته	سختی (N)
قبل انبار	
وارپته کاغذی	0.117 ± 0.043^e
وارپته سنگی	0.111 ± 0.012^f
بعد انبار	
وارپته کاغذی دمای اتاق	0.32 ± 0.019^a
وارپته کاغذی دمای یخچال	0.29 ± 0.057^b
وارپته کاغذی دمای فریزر	0.22 ± 0.06^c
وارپته سنگی دمای اتاق	0.19 ± 0.06^d
وارپته سنگی دمای یخچال	0.16 ± 0.019^e
وارپته سنگی دمای فریزر	0.16 ± 0.023^e

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ می باشد.

نتیجه گیری

بر اساس نتایج این تحقیق، خواص مکانیکی گردو تحت تاثیر وارپته آن قرار می گیرد و از این رو هر نوع عملیات فیزیکی در ارتباط با حمل و نقل، فرآوری و بسته بندی بایستی بر اساس خصوصیات فیزیکی رقم محصول بهینه سازی شود. از طرفی نگهداری محصول گردو خواص فیزیکی محصول را تغییر می دهد و در نتیجه ضروری است هم برای حداقل نمودن تغییرات شرایط نگهداری مورد توجه باشد و هم اثر تغییرات این خواص در طراحی عملیاتی برای فرآیندهای بعدی مورد ملاحظه قرار بگیرد. همچنین نتایج نشان داد که طی انبار سختی مغز گردو افزایش می یابد که احتمالاً با کاهش رطوبت مغزها با گذر زمان در ارتباط است.

اختلاف بین نیروی نفوذ میوه های با پوست و بدون پوست رفتار مکانیکی پوست دو رقم سیب را برآورد کردند و نشان دادند که پوست نقش قابل توجهی در در آزمون نفوذ پروب به داخل نمونه نفوذ کرده و نیروی مورد نیاز برای رسیدن به عمق نفوذ مشخص اندازه گیری می شود (وارپلا و همکاران ۲۰۰۷). سختی حداکثر نیرو در منحنی می باشد و نشان دهنده محدوده الاستیک نمونه است. این کمیت می تواند مقاومت نمونه را در مقابل نیروی اعمال شده (نفوذ) نشان دهد. بنابراین بیانگر سختی نمونه است (گروت و همکاران ۲۰۰۱). همانگونه که از نتایج جدول ۴ مشخص است نیروی نفوذ طی انبار افزایش می یابد که برای وارپته کاغذی از ۰/۱۷ نیوتن به اعداد ۰/۳۲، ۰/۲۹ و ۰/۲۲ نیوتن به ترتیب برای دماهای اتاق، یخچال و فریزر بود. همچنین برای وارپته سنگی نیز این پارامتر از ۰/۱۱ نیوتن به ۰/۱۹ و ۰/۱۶ نیوتن به ترتیب در دماهای اتاق، یخچال و فریزر می باشد که این مورد با نتایج آزمایشات ارسسیسلی و همکاران (۲۰۱۱)، مشابهت دارد که افزایش نیرو را برای مغزهای انبار شده از ۱۷ به ۲۱ نیوتن گزارش کردند. همانطور که در جدول فوق مشخص است طی انبار سختی افزایش می یابد. این افزایش احتمالاً به این دلیل است که طی انبار کمی کاهش در محتوای رطوبت اتفاق می افتد که این نتایج با نتایج آزمایشات کیتا و فیگل (۲۰۰۷) مطابقت دارد و این کاهش در نمونه های دمای اتاق بیشتر از سایر دماها بود. نتایج حاصل از تجزیه آماری نشان داد اثر دمای انبار روی سختی در سطح احتمال ۵٪ معنی دار است.

منابع مورد استفاده

- توکلی هنجین ت، ۱۳۸۲. مکانیک محصولات کشاورزی (تالیف جورج سینگی). انتشارات دانشگاه زنجان و سالکان. ص ۲۵-۱۹.
- رضوی م و اکبری ر، ۱۳۸۵. خواص بیوفیزیک محصولات کشاورزی و مواد غذایی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- قنبرزاده ب، ۱۳۸۸. مبانی رئولوژی مواد و بیوپلیمرهای غذایی. انتشارات دانشگاه تهران.
- Altuntas E, and Erkol M, 2010. Physical properties of shelled and kernel walnuts as affected by the moisture content. *Czech Journal of Food Sciences* 28(6):547-556.
- Asoegwu, S. N. 1995. Some physical properties and cracking energy of conophor nuts at different moisture contents. *Int. Agrophysics* 9: 131-142.
- Barrit B, H, 1990. Resistance of strawberry clones to Botrytis fruit rot. *Journal of American Society for Horticultural Science* 105: 160-164.
- Borghai A, M, Tavakoli T, & Khazaei J, 2000. Design, construction and testing of walnut cracker. In: *Proceedings of European Agricultural Engineering Conference*. England: Warwick University.
- FAO. 2014. (food and Agriculture Organization). Faostat.Fao.org/faostat
- Fraser B, Verma S, and Muir W, 1978. Some physical properties of fababeans. *Agricultural Engineering Research* 23: 53-57.
- Grotte M, Duprat F, Loonis D, and Pirtri E, 2001. Mechanical properties of the skin and the flesh apples. *International Journal of Food Properties* 4:146-161.
- Koyuncu M, Ekinici A, and Savran E, 2004. Cracking characteristics of walnut. *Biosystems Engineering* 87: 305-311.
- Mohsenin N, 1986. *Physical properties of plant and animal materials*. Gordon and Breach Science Publisher, NY.
- Mohsenin N. 1970. *Physical properties of plant and animal materials*. New York: Gordon and Breach Science Publishers
- Mohsenin N, 1978. *Physical Properties of Plant and Animal Materials*, Gordon and Breach Science Publishers pp: 742.
- Payne T. 1985. California walnuts and light foods. *Cereal Foods World* 30(3), 215-218.
- Peleg K. 1985. *Produce Handling, Packaging and Distribution*. The AVI Publishing Company. Inc., Westport, Connecticut pp 20-90.
- Sharifian F, and Derafshi, M. 2008. Mechanical behavior of walnut under cracking conditions. *Applied Sciences* 8: 886-890.
- Sirisomboon P, Kitchaiya P, Pholpho T, Mahuttanyavanitch W, 2007. Physical and mechanical properties of *Jatropha curcas* L. fruits, nuts and kernels. *Journal of Food Engineering* 97:201-207.
- Stroshine R, & Hamann, D, 1994. *Physical Properties of Agricultural Materials and Food Products*. Purdue University. West Lafayette, Indian. Course manual.
- Turgut N, Kara M, Erkmen Y, Guler IE, 1998. Determination of static particle strength of granular fertilizer. *Proc of 18th Agricultural Mechanization National Congress, Tekirdag, Turkey*, 785-794 p.
- Vargas M, Albors A, Chiralt A, and Gonzalez-Martinez C, 2006. Quality of cold stored strawberries as affected by chitosan oleic acid edible coatings. *Postharvest biology and technology* 41: 164-171.
- Vahanen L, and Savage G, 2006. The use of peroxide values as a measure of quality for walnut flour stored at five different temperatures using three different types of packaging. *Food chemistry* 99: 64-69.

Determination of some physical and mechanical properties of two walnut varieties

H Danaei^{1*}, M Esmaili² and Z Piravivanak³

Received: September 18, 2017 Accepted: January 1, 2018

¹MSc Student, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

² Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

³Associate Professor, Standard Research Institute, Food Industry and Agricultural Research Center, Karaj, Iran

*Corresponding author: E mail: hld.danaei@gmail.com

Abstract

For efficient processing operations and proper designing of machines and processes, the better understanding of the product is needed. The aim of this work was to evaluate the physical and mechanical properties of two walnut varieties (poost-kagazi and poost-sangi) from Osku city in East Azerbaijan province in September 2014. For this purpose, length, width, thickness, volume, sphericity, surface area and geometric mean diameters of whole and kernel walnuts were determined. Moreover, compression and penetration tests were done for both of varieties stored at three different temperatures room (25 °C), refrigerator(4 °C) and fridge(-18 °C). Walnuts kernels were packaged in polypropylene pouches during storage. The result showed that sphericity of walnut is depends on its variety. The results of one-way ANOVA showed a significant the effect of variety on the sphericity ($P<0.05$). Results of mechanical tests indicated that hardness increased during storage. It was found that hardness was significantly ($P<0.05$) affected by storage temperature.

Key words: walnut, physical properties, mechanical properties, sphericity