نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۹، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۲، ص. ۱۸۱-۱۷۵

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 9, No. 2, Summer 2013, p. 175-181

بررسی برخی از خواص فیزیکی و مکانیکی خربزه قصری

حسن دروگر[۱]- مهدی خجسته پور[۲]- باقر عمادی[۳*]- محمدحسین سعیدی راد[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۳/۲۰
تاریخ پذیرش:۱۳۹۲/۴/۱۴

چکیده

در تحقیق حاضر خواص فیزیکی (ابعاد، جرم، حجم، چگالی، قطر هندسی، ضریب کرویت و ضریب اصطکاک بر سطوح آهن گالوانیزه و چوب) و برخی خواص مکانیکی بافت گوشت و پوست (مدول الاستیسیته، تنش تسلیم، کرنش تسلیم و چقرمگی) برای خربزه قصری در سه اندازه کوچک، متوسط و بزرگ تعیین شدند. مقایسه میانگین ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ انجام شد. نتایج نشان داد با افزایش اندازه خربزه قصری چگالی، ضریب کرویت و خواص مکانیکی گوشت کاهش ولی خواص مکانیکی پوست افزایش می یابد. بیشترین مقادیر مدول الاستیسیته، تنش تسلیم و چقرمگی پوست خربزه مربوط به اندازه بزرگ بوده که این مقادیر به ترتیب عبارتند از: ۲۲/۴ MPa، ۰/۹۳ MPa و ۶۲/۱۸ N.mm بیشترین مقادیر چگالی، ضریب کرویت، مدول الاستیسیته، تنش تسلیم و چقرمگی گوشت خربزه مربوط به اندازه کوچک بوده و مقادیر آن به ترتیب: ۱/۱۱ $g.cm^{-3}$، ۰/۶۲۴، ۱۵۶/۸ KPa، ۲۱/۱۹ KPa، ۳۱/۸۲ N.mm تعیین شد.

واژه های کلیدی: خربزه قصری، خواص هندسی، ضریب اصطکاک، مدول الاستیسیته، چقرمگی

مقدمه

ایران از نظر تولید خربزه پس از کشورهای چین و ترکیه رتبه سوم را به خود اختصاص داده است. بنابراین سوق دادن بخشی از فعالیت‌های پژوهشی به موضوعات فرآوری و بالا بردن عمر نگهداری این محصول گام مثبت و مؤثری در حفظ جایگاه و موقعیت ایران در تولید جهانی این محصول خواهد بود. خربزه میوه گیاه یک ساله با نام علمی *Cucumis melo* و از خانواده کدوئیان (Cucurbitaceae) است. خربزه دارای مقدار زیادی ویتامین C, A و سلولز است. ارقام رایج خربزه که در استان خراسان رضوی کشت می‌شوند عبارتند از: خاتونی، قصری، خاقانی، جعفر آبادی و درگزی که رقم قصری بیشتر در منطقه جیم آباد از توابع شهرستان مشهد کشت می‌شود. سطح زیر کشت خربزه در ایران ۸۱۷۴۶ هکتار با تولید ۱۵۷۲۹۶۰ تن و بیشترین سطح زیر کشت متعلق به استان خراسان با ۳۶۳۴۷ هکتار و ۵۲۳۹۹۴ تن می باشد (دفتر آمار و فناوری اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۰). سطح کل زیر کشت جهانی طبق آمار فائو در سال ۲۰۱۱، ۱۱۴۴۴۵۶ هکتار با تولید ۲۷۲۹۵۹۰۶ تن بوده است (FAOSTAT, 2011). در شکل ۱ تصویر خربزه قصری و خاتونی که رایج ترین ارقام کشت شده در استان خراسان رضوی می باشند نشان داده شده است.

شکل ۱- خربزه قصری (سمت چپ)، خربزه خاتونی (سمت راست)

محصولات کشاورزی معمولاً از زمان برداشت تا زمان مصرف تحت تأثیر عوامل و فرآیندهای مختلفی قرار می‌گیرند. این فرآیندها می‌توانند فرآیندهای ساده‌ای مانند تمیز کردن، جدا کردن، شستشو، جا بجایی و توزین باشند و یا این که فرآیندهای تکمیلی یا تبدیلی باشند که به نوعی ویژگی‌های محصول را تحت تأثیر قرار می‌دهند. بنابراین شناخت خواص مختلف فیزیکی، مکانیکی، شیمیایی و بیولوژیکی و نحوه حفظ و یا تغییر آن‌ها در جهت اهداف مورد نظر فرآیند، می‌تواند

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد و دانشیاران گروه ماشین های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: (Email: b@ferdowsi.um.ac.ir
۴- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی خراسان رضوی

در حفظ کمی و کیفی محصول تأثیر به سزایی داشته باشد (مسعودی، ۱۳۸۳). رفتار مواد حقیقی به ویژه محصولات کشاورزی کم و بیش نسبت به رفتار مواد ایده آل متفاوت است. یکی از خواص جالب توجه محصولات کشاورزی این است که رابطه تنش–کرنش در آن‌ها بستگی به سرعت تغییر شکل دارد، یعنی باید در معادله تنش–کرنش عامل زمان را هم دخالت داد. موادی که تغییر شکل آن‌ها بستگی به زمان دارد، مواد ویسکوالاستیک نامیده می‌شوند (توکلی هشجین، ۱۳۸۲).

تا کنون تحقیقات فراوانی در داخل و خارج کشور در رابطه با تعیین خصوصیات فیزیکی و مکانیکی صیفی جات انجام شده است که چند نمونه از آن ها در ادامه ذکر شده است. خواص فیزیکی و مکانیکی دو رقم هندوانه در پژوهشی مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که با افزایش اندازه هندوانه، ضریب کرویت و چگالی در هر دو رقم کاهش می‌یابد. بیشترین مقدار چگالی مربوط به رقم چارلستون گری در اندازه کوچک بوده و نتایج همچنین نشان داد که خواص مکانیکی هندوانه تحت تأثیر اندازه و رقم به طور معنی داری تغییر می‌کند (صدرنیا و همکاران، ۱۳۸۰).

پژوهش دیگری به بررسی و مقایسه استحکام خربزه رقم هوانگ گوا (Huang gua) به دو روش مشخصه‌های ارتعاشی و تحلیل المان محدود پرداخته است (Nourain *et al.*, 2005). در تحقیقات دیگری خواص مکانیکی سه رقم کدو و خربزه در سه قسمت گوشت، پوست و میوه پوست نشده مورد بررسی قرار گرفت. جهت تعیین نیروی شکست و چقرمگی آزمون فشار بر روی پوست و میوه پوست گیری نشده انجام شد و نیروی شکست از نمودار نیرو– تغییر شکل تعیین و با محاسبه مساحت زیر نمودار تا نقطه پارگی یا شکست چقرمگی محاسبه گردید (Emadi *et al.*, 2005, Emadi *et al.*, 2009). در پژوهش دیگری برخی خواص فیزیکی و مکانیکی دو رقم طالبی نظیر ابعاد، جرم، حجم، جرم مخصوص، قطر میانگین هندسی، سطح رویه، سطح تصویر، درجه کرویت، سفتی و ضریب اصطکاک استاتیکی روی سه سطح فولاد گالوانیزه، لاستیک و برزنت بررسی گردید. نتایج نشان داد که ضریب کرویت برای رقم سمسوری ۰/۹۳ و رقم شاه آبادی ۰/۹۰ است (یونجی و قنبریان، ۱۳۸۷). در تحقیق دیگری خواص فیزیکی (طول، عرض، ارتفاع، جرم، حجم، چگالی، قطر میانگین هندسی و ضریب کرویت) برای دو رقم طالبی (تیل مگسی نیشابور و تیل شهری مشهد) تعیین گردید. اثر رقم و اندازه بر روی پارامترهای فیزیکی فوق مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس، اثر معنی دار رقم و اندازه را برای تمام خواص ذکر شده به جز ضریب کرویت نشان داد. نتایج نشان داد که طول، عرض، ارتفاع، جرم، حجم، قطر میانگین هندسی، شعاع انحنا و ضخامت پوست و گوشت تیل شهری از تیل مگسی بیشتر بوده و این در حالی است که چگالی آن کمتر است (سیدآبادی و همکاران، ۱۳۸۹).

با توجه به اینکه خربزه از میوه های بومی استان خراسان رضوی می باشد و تاکنون تحقیقی جهت تعیین خواص فیزیکی و مکانیکی این محصول صورت نگرفته است، انجام تحقیق حاضر لازم به نظر رسید. در این تحقیق خواص فیزیکی شامل ابعاد (طول، عرض و ضخامت)، جرم، حجم، چگالی، قطر هندسی، ضریب کرویت و ضریب اصطکاک بر سطوح آهن گالوانیزه و چوب و برخی خواص مکانیکی نظیر مدول الاستیسیته، تنش تسلیم، کرنش تسلیم و چقرمگی بافت گوشت و پوست خربزه قصری تعیین شد.

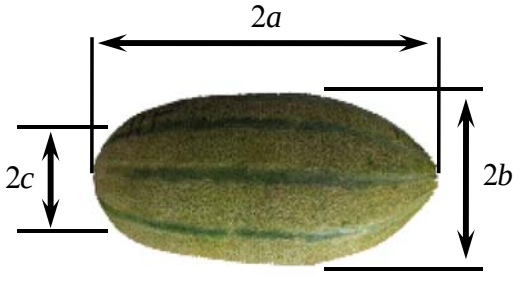
مواد و روش ها

در این تحقیق تعداد ۳۵ نمونه خربزه قصری سالم و عاری از هرگونه آسیب دیدگی با شکل متعارف از مزارع روستای جیم آباد ازتوابع بخش رضویه، شهرستان مشهد در استان خراسان رضوی، بصورت تصادفی تهیه و به آزمایشگاه مرکز تحقیقات کشاورزی مشهد منتقل شدند. جهت یکسان سازی شرایط آزمایش، نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳ تا ۴ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۹۰ تا ۹۵ درصد در سردخانه آن مرکز نگهداری شدند.

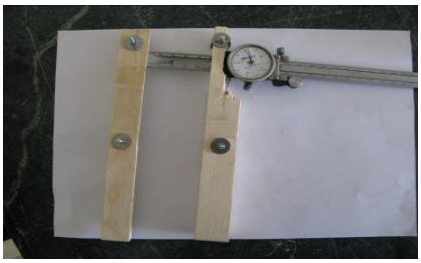
خواص فیزیکی

اندازه گیری خواص هندسی

ابعاد هندسی نمونه‌ها در سه جهت عمود بر هم ۲a، ۲b و ۲c مطابق شکل ۲ تعیین شدند که به ترتیب طول، عرض و ضخامت نمونه‌ها می‌باشند. از آنجا که اختلاف زیادی بین عرض و ضخامت نمونه ها وجود نداشت دو نقطه به صورت تصادفی اندازه گیری شد و عدد بزرگتر به عنوان عرض نمونه و عدد کوچکتر به عنوان ضخامت آن در نظر گرفته شد. ابعاد فوق به کمک کولیس اصلاح شده و با دقت ۰/۰۵ میلی متر اندازه گیری شد (شکل۳).



شکل ۲- ابعاد هندسی خربزه (۲*a*: طول، ۲*b*: عرض و ۲*c*: ضخامت)



شکل ۳- کولیس با فک های اصلاح شده

مقادیر قطر میانگین هندسی (D_g) و ضریب کرویت(φ) از روابط ۱ و ۲ محاسبه شدند. $2a$، $2b$ و $2c$ به ترتیب قطر بزرگ، کوچک و متوسط می باشند (Mohsenin, 1986):

$$D_g = 2\sqrt[3]{abc} \quad (۱)$$

$$\varphi = \sqrt[3]{abc}/a \quad (۲)$$

مساحت سطح (S) با رابطه ۳ محاسبه گردید که در آن عدد π برابر ۳/۱۴ می باشد (Mohsenin, 1986):

$$S = \pi D_g^2 \quad (۳)$$

اندازه گیری حجم

برای اندازه گیری حجم از روش جابجایی آب استفاده شد. با توجه به اینکه چگالی آب برابر یک گرم بر سانتی متر مکعب می‌باشد، حجم هر نمونه برابر است با جرم آب جابجا شده در اثر غوطه وری نمونه در آب. چگالی نمونه‌ها با رابطه ۴ محاسبه گردید (Mohsenin, 1986):

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (۴)$$

در رابطه ۴ m و v به ترتیب جرم و حجم نمونه بر حسب گرم و سانتی متر مکعب می‌باشند.

اندازه گیری ضریب اصطکاک

برای اندازه گیری ضریب اصطکاک از وسیله‌ای استفاده شد که شامل دو سطح چوبی بود که به وسیله‌ی یک لولا به هم متصل شده‌اند. سطح زیرین ثابت و سطح رویی آن قابلیت حرکت دورانی از صفر تا ۹۰ درجه را داشته و سطوح آهن و چوب بر روی سطح بالایی قابل نصب بودند. زاویه سرش خربزه‌ها از قسمت مدرج جانبی زمانی که خربزه در حال سر خوردن روی سطح بود ثبت شد، سپس تانژانت زاویه محاسبه شده و ضریب اصطکاک به دست آمد.

خواص مکانیکی

دستگاه آزمون بافت

بمنظور تعیین خواص مکانیکی آزمون فشار بر روی گوشت و کشش تک محوری بر روی پوست میوه انجام شد. آزمون‌های فوق به کمک دستگاه آزمون بافت مواد مدل QTS Hounsefield ساخت انگلستان انجام شد. این دستگاه برای تعیین خواص مکانیکی طیف گسترده‌ای از مواد در بارگذاری‌های مختلف فشاری، کششی، برشی و غیره، قابل استفاده می باشد. حداکثر ظرفیت لودسل ها ۲۵۰ نیوتن بود.

آماده سازی نمونه‌های آزمون کشش و فشار

نمونه‌های گوشت میوه جهت انجام آزمون فشار به صورت استوانه‌هایی به قطر ۳۵ میلی متر و ارتفاع ۲۰ تا۳۰ میلی متر آماده سازی شدند. از هر میوه چهار نمونه برای انجام آزمون فشار آماده گردید. دو نمونه از قسمت بدنه، یک نمونه از قسمت گل و یک نمونه از قسمت دم میوه تهیه گردید. برای تهیه نمونه‌های گوشت میوه از قالب استوانه‌ای با لبه های کاملا تیز استفاده شد. بمنظور تعیین خواص مکانیکی پوست میوه نمونه‌های I شکل از پوست تهیه شد و آزمون کشش بر روی آن‌ها انجام گرفت. برای تهیه نمونه‌ها قالب I شکلی با طول و عرض مقطع ساق به ترتیب ۱۰ و ۳ میلی متر ساخته شد. آزمون های کشش و فشار با سرعت بارگذاری ۲۵ میلی متر بر دقیقه انجام شدند (ASAE, 2002).

تعیین خواص مکانیکی میوه‌ی خربزه

برای تعیین مدول الاستیسیته برای هر نمونه، نمودار نیرو- جابجایی ترسیم شد. به کمک منحنی‌های بدست آمده مدول الاستیسیته هر یک از نمونه‌ها با مشخص کردن نقطه تسلیم و به کمک قانون هوک تعیین شد. مقدار مدول الاستیسیته از رابطه ۵ محاسبه گردید:

$$E = \frac{FL}{A\Delta L} \quad (۵)$$

در رابطه ۵، F نیرو بر حسب نیوتن، L طول نمونه بر حسب میلی متر، A سطح مقطع بر حسب میلی متر مربع، ΔL تغییر طول برحسب میلی متر و E مدول الاستیسیته بر حسب مگا پاسکال می‌باشد.

برای تعیین تنش تسلیم و کرنش تسلیم در نمودار نیرو-تغییر شکل هر نمونه، نقطه‌ای که رفتار ماده از حالت الاستیک خارج شده و وارد حالت پلاستیک می‌شود یا به عبارتی نقطه ای که پس از آن علی رغم افزایش کرنش، تنش کاهش پیدا می کند به عنوان نقطه تسلیم ماده تعیین شد. مقدار تنش تسلیم و کرنش تسلیم به ترتیب از روابط ۶ و ۷ محاسبه گردید:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (۶)$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \quad (۷)$$

در روابط ۶ و ۷ F نیرو بر حسب نیوتن، A سطح مقطع بر حسب میلی متر مربع، σ تنش بر حسب مگا پاسکال، ΔL تغییر طول، L طول اولیه بر حسب میلی متر و ε کرنش است. چقرمگی با محاسبه سطح زیر نمودار تنش- کرنش تا نقطه شکست محاسبه گردید.

محاسبه میانگین ها و انحراف معیار داده ها به کمک نرم افزار Excel انجام شد و برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار SPSS استفاده شد. مقایسه میانگین ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ صورت گرفت.

نتایج و بحث

خواص فیزیکی

میانگین و انحراف معیار خواص فیزیکی خربزه قصری که در این تحقیق اندازه گیری شده در جدول ۱ آورده شده است. نتایج مقایسه میانگین های خواص فیزیکی خربزه قصری به روش دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ در جدول ۲ آمده است.

مقایسه میانگین ها در ستون های مختلف به صورت مجزا صورت گرفته است و مقادیر دارای حروف مشترک با هم اختلاف معنی دار ندارند. در ستون های چگالی و ضریب اصطکاک روی سطوح آهن گالوانیزه و چوب، بین داده ها اختلاف معنی دار دیده نمی‌شود. این امر نشان دهنده نزدیک بودن مقادیر میانگین های سه دسته مختلف می باشد. بین میانگین ضریب کرویت اندازه بزرگ با متوسط و متوسط با کوچک اختلاف معنی دار وجود ندارد. با افزایش اندازه، مقادیر چگالی و ضریب کرویت کاهش یافت که نشان دهنده افزایش بیشتر حجم نسبت به وزن بوده که باعث خارج شدن شکل خربزه از حالت کروی شده است. صدرنیا و همکاران (۱۳۸۰) نیز نتیجه مشابهی برای میوه هندوانه با ارقام کریمسون سوئیت و چارلتسون گری گزارش نمودند. در تحقیقی مشابه، جهت بررسی خواص فیزیکی دو رقم طالبی این نتیجه حاصل شد که با افزایش اندازه در دو رقم طالبی ابعاد، جرم، حجم و قطر هندسی افزایش می‌یابد اما چگالی و ضریب کرویت کاهش می یابد (سیدآبادی و همکاران، ۱۳۸۹). خواص فیزیکی اندازه گیری شده در طراحی و بهینه سازی سامانه های فرآوری و بسته بندی خربزه مانند اندازه بهینه جعبه های حمل و نقل و درجه بندی خربزه کاربرد گسترده ای دارد.

خواص مکانیکی خربزه

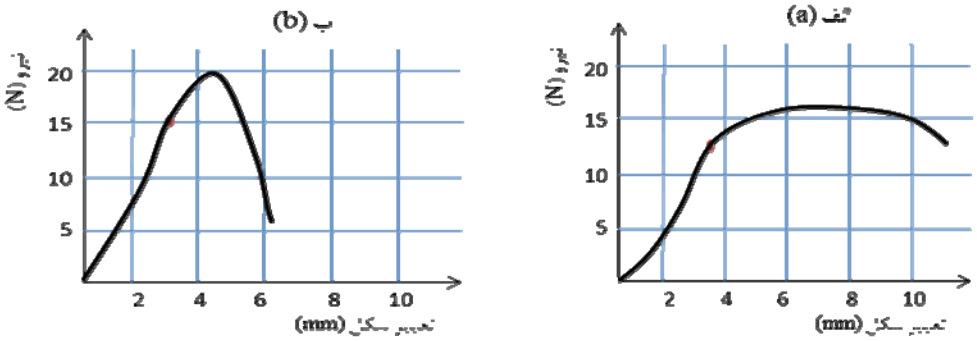
برای تعیین مدول الاستیسیته برای هر نمونه، نمودار نیرو-جا بجایی توسط دستگاه آزمون مواد مطابق شکل (۴- الف) برای گوشت و شکل (۴- ب) برای پوست خربزه بدست آمد. نقطه تسلیم در هر نمودار با نقطه قرمز نشان داده شده است.

جدول ۱- میانگین و انحراف معیار خواص فیزیکی خربزه قصری

اندازه			بزرگ		متوسط		کوچک	
متغیر			میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
ابعاد(cm)		۲a	۳۵/۸	۰/۳۲۲	۲۹/۴	۲/۶۳۱	۲۷/۷۸	۰/۸۳۴
		۲b	۱۶/۳۴	۰/۸۷۳	۱۴/۸۶	۱/۰۱۶	۱۲/۵۲	۰/۶۰۵
		۲c	۱۶/۱۶	۰/۹۴۳	۱۴/۲	۰/۸۴۸	۱۲/۳۶	۰/۶۱۸
جرم (g)			۳۷۵۲/۲	۶۵۸/۱۳	۲۴۹۷/۸	۷/۸	۱۸۹۳/۲	۱۹۲/۵
حجم (cm^3)			۳۵۳۴/۸	۹۰۹/۱	۲۲۷۷/۷	۸۶۴/۱	۱۷۰۰/۸	۴۰۰/۱
چگالی (g/cm^3)			۱/۰۶	۰/۰۳۶	۱/۰۹	۰/۰۷۸	۱/۰۱۱	۰/۰۱۴
قطر هندسی (cm)			۲۱/۱۳	۰/۸۵۱	۱۸/۳۱	۱/۰۶۳	۱۶/۲۵	۰/۶۶۲
ضریب کرویت			۰/۵۸۵	۰/۰۲۲	۰/۵۹۸	۰/۰۳۵	۰/۶۲۴	۰/۰۱۲
ضریب اصطکاک	آهن		۰/۶۴۵	۰/۰۲۴	۰/۶۴۴	۰/۰۲۹	۰/۶۴۵	۰/۰۳۹
	چوب		۰/۸۲۹	۰/۰۳۴	۰/۸۲۸	۰/۰۴۵	۰/۸۲۹	۰/۰۳۷

جدول ۲- مقایسه میانگین خواص فیزیکی خربزه قصری با آزمون دانکن در سطح ۰/۰۵

اندازه	جرم (g)	حجم (cm^3)	چگالی g/cm^3	ضریب کرویت	قطر هندسی (cm)	ضریب اصطکاک	
						آهن گالوانیزه	چوب
بزرگ	۳۷۵۲a	۳۵۳۵a	۱/۰۶a	۰/۵۸۵a	۲۱/۱۳a	۰/۶۴۵a	۰/۸۲۹a
متوسط	۲۴۹۸b	۲۲۷۸b	۱/۰۹a	۰/۵۹۸ab	۱۸/۳۱b	۰/۶۴۴a	۰/۸۲۸a
کوچک	۱۸۹۳c	۱۷۰۱c	۱/۰۱۱a	۰/۶۲۴b	۱۶/۲۵c	۰/۶۴۵a	۰/۸۲۹a



شکل ٤- نمونه منحنی نیرو تغییر شکل خربزه قصری بزرگ (الف) بافت گوشت (ب) بافت پوست

جدول ۳- میانگین و انحراف معیار خواص مکانیکی پوست خربزه قصری

اندازه	متغیر	چقرمگی (N.mm)	کرنش تسلیم	تنش تسلیم (MPa)	مدول الاستیسیته (MPa)
بزرگ	میانگین	۶۲/۱۸	۰/۰۴۲	۰/۹۳	۲۲/۰۴
	انحراف معیار	۰/۹۹	۰/۰۰۰۵	۰/۰۲۲	۰/۷۵
متوسط	میانگین	۴۴/۳۷	۰/۰۳۹	۰/۶۵	۱۶/۴۵
	انحراف معیار	۰/۸۵	۰/۰۰۰۱	۰/۰۱۷	۰/۴۶
کوچک	میانگین	۳۳/۶۵	۰/۰۳۷	۰/۵۱	۱۳/۶۸
	انحراف معیار	۰/۵۹	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۵	۰/۱۳

جدول ٤- مقایسه میانگین خواص مکانیکی پوست خربزه قصری با آزمون دانکن در سطح ۰/۰۵

اندازه	مدول الاستیسیته (MPa)	تنش تسلیم (MPa)	کرنش تسلیم	چقرمگی (N.mm)
بزرگ	۲۲/۰۴۴a	۰/۹۳۵a	۰/۰۴۲a	۶۲/۱۸a
متوسط	۱۶/۴۴۸b	۰/۶۲۵b	۰/۰۳۹b	۴۴/۳۷b
کوچک	۱۳/۶۸۶c	۰/۵۱۸c	۰/۰۳۷c	۳۳/۶۵c

جدول ٥- میانگین و انحراف معیار خواص مکانیکی گوشت خربزه قصری

اندازه	متغیر	چقرمگی (N.mm)	کرنش تسلیم	تنش تسلیم (KPa)	مدول الاستیسیته (KPa)
بزرگ	میانگین	۲۴/۲۴	۰/۱۰۷	۱۶/۵۲	۱۲۶/۰۸
	انحراف معیار	۱/۵۸	۰/۰۰۱	۳/۲۷	۳۹/۳۰
متوسط	میانگین	۲۶/۷۸	۰/۱۳۱	۱۸/۰۵	۱۳۹/۶۲
	انحراف معیار	۱/۷۵	۰/۰۱۵	۱/۳۰	۲۱/۳۳
کوچک	میانگین	۳۱/۸۲	۰/۱۶۹	۲۱/۱۹	۱۵۶/۸۰
	انحراف معیار	۲/۰۲	۰/۰۲۶	۱/۶۸	۲۴/۴۲

نتایج میانگین و انحراف معیار خواص مکانیکی پوست خربزه قصری در جدول ۳ آمده است و نتایج مقایسه میانگین خواص مکانیکی پوست خربزه قصری در جدول ۴ ذکر شده است.

مقایسه‌ی میانگین‌ها در هر ردیف انجام شده است و مقادیر دارای حروف مشترک اختلاف معنی دار ندارند. میانگین مدول الاستیسیته، تنش تسلیم، کرنش تسلیم و چقرمگی پوست با افزایش اندازه میوه افزایش می‌یابد و بین اندازه‌های مختلف اختلاف معنی دار در خواص مکانیکی اندازه گیری شده وجود دارد که تاکید بر تغییر بافت پوست با تغییر اندازه و میزان رسیدگی آن دارد. کم‌ترین مقدار مدول الاستیسیته مربوط به خربزه قصری کوچک و بیشترین مقدار آن مربوط به خربزه قصری بزرگ می‌باشد، که این پدیده به دلیل اختلاف در ساختار سلولی خربزه می باشد که با افزایش اندازه خربزه، سلول

های بافت پوست حجیم تر شده و مقاومت آن ها افـزایش مـی یابـد. برای هندوانه، صدرنیا و همکاران (۲۰۰۸) تنش گسیختگی پوسـت دو رقم هندوانه را از ۱/۲۳ تا ۱/۴۴ مگا پاسـکال بدسـت آوردنـد و بـرای راک ملون و هانی دیو و هندوانه نیروی گـسیختگی پوسـت از ۹۱/۳۱ تا ۱۷۵/۶۳ نیوتن گزارش شده است (Emadi *et al*., 2009) .

نتایج میانگین و انحراف معیار خواص مکـانیکی گوشـت خربـزه قصری در جدول ۵ آورده شده است. نتـایج نـشان مـی دهـد کـه بـا افزایش اندازه، خواص مکانیکی گوشت خربزه کاهش می یابـد، علـت این پدیده کاهش مقاومت غـشای سـلولی در اثـر افـزایش انـدازه آن می‌باشد. در میوه طالبی نتایج مشابهی توسط سیدآبادی (۱۳۹۰) ارائـه شده است که با افزایش اندازه طالبی در دو رقم (تیـل مگـسی و تیـل شهری) خواص مکانیکی گوشت آن کاهش می یابد. همچنین مقـادیر مدول الاستیسیته و تـنش گـسیختگی بـرای بافـت گوشـت دو رقـم هندوانه به ترتیـب از ۳۹۶ تـا ۵۳۶ کیلـو پاسـکال و ۲۷ تـا ۳۷ کیلـو پاسکال انـدازه گیـری شـده اسـت (Sadrnia *et al*., 2008). نتـایج مقایسه میانگین خواص مکانیکی گوشت خربزه در جدول ۶ ارائه شده است.

با مقایسه جدول های ۳ و ۶ مشاهده می شود کـه تـنش تـسلیم بافت گوشت اختلاف زیادی با تنش تسلیم بافت پوسـت دارد کـه بـه دلیل تفاوت رطوبت و ترکیبات آنها اسـت. مقایـسه میـانگین خـواص مکانیکی گوشت خربزه قصری که در سه موقعیت گـل، بدنـه و نـوک میوه اندازه گیری شده در جدول ۷ آمده است.

در جدول های ۶ و ۷ مقایسه‌ی میانگین‌ها در هر سـتون صـورت گرفتـه و مقـادیر دارای حـروف مـشترک دارای اخـتلاف معنـی دار نمی‌باشند. نتایج نشان می‌دهد مقادیر عـددی ویژگـی‌هـای مکـانیکی اندازه گیری شده در موقعیت‌های مختلف نمونه گیری با هم اخـتلاف معنی دار دارند و مقادیر مدول الاستیسیته، تنش تسلیم، کرنش تسلیم و چقرمگی در ناحیه نوک میوه کمترین مقدار را داردکه این امر بیانگر ضعیف و حساس بودن بافـت میـوه در ایـن ناحیـه مـی‌باشـد. نتیجـه مشابهی توسط یـونجی و قنبریـان (۱۳۸۷) در تعیـین سـفتی دو رقـم طالبی (سمسوری و شاه آبادی) ارائه شده است. نتـایج تحقیقـات آنهـا نشان داد که در هر دو رقم طالبی میزان سفتی در نقاط مختلف نمونه گیری اختلاف معنـی دار دارد و مقـدار آن در هـر دو رقـم در قـسمت نوک میوه کمینه و در دم میوه بیـشینه مـی‌باشـد. در تحقیقـی دیگـر، تنش گسیختگی در حالت بارگذاری طـولی کمتـر از حالـت بارگـذاری عرضی برای دو رقم هندوانه (کریمسون سـوئیت و چارلـستون گـری) تعیین شد، که این امر نشان دهنده کمتر بودن مقاومت میوه در ناحیـه نوک آن می‌باشد (Sadrnia *et al*., 2008). خواص مکانیکی بدسـت آمده خربزه می تواند در بهینه سازی سامانه های پوسـت گیـری ایـن محصول و همچنین در طراحی و شـبیه سـازی سـامانه هـای جدیـد شامل ماشین برداشت، برش و قطعه کردن، جداسازی گوشت و تخـم خربزه مورد استفاده قرار گیرد.

نتیجه گیری

با افزایش اندازه خربزه قصری برخی خـواص فیزیکـی آن نظیـر: ابعاد (قطر بزرگ، متوسـط و کوچـک)، قطـر هندسـی، جـرم و حجـم افزایش یافته اما چگالی و ضـریب کرویـب کـاهش یافـت و ضـریب اصطکاک بر روی آهن گالوانیزه و چوب تفاوت معنی داری نداشت.

برخـی خـواص مکـانیکی گوشـت خربـزه قـصری نظیـر مـدول الاستیسیته، تنش تسلیم و چقرمگی با افزایش اندازه آن کاهش یافـت یعنی با افزایش اندازه این میوه مقاومت بافت آن کم می شود.

جدول ٦- مقایسه میانگین خواص مکانیکی گوشت خربزه قصری با آزمون دانکن در سطح ۰/۰۵

اندازه	مدول الاستیسیته (KPa)	تنش تسلیم (KPa)	کرنش تسلیم	چقرمگی (N.mm)
بزرگ	۱۲۶/۰۸a	۱۶/۵۲a	۰/۱۶۹a	۲۴/۲۳a
متوسط	۱۳۹/۶۱b	۱۸/۰۵b	۰/۱۳۱b	۲۶/۷۸b
کوچک	۱۵۶/۸۰c	۲۱/۱۹c	۰/۱۰۷c	۳۱/۸۲c

جدول ۷- مقایسه میانگین خواص مکانیکی گوشت خربزه در موقعیت های مختلف نمونه برداری با آزمون دانکن در سطح ۰/۰۵

موقعیت نمونه گیری	مدول الاستیسیته (KPa)	تنش تسلیم (KPa)	کرنش تسلیم	چقرمگی (N.mm)
بدنه	۱۴۸/۰۰a	۱۸/۵۹a	۰/۱۳۱a	۲۷/۵۰a
گل	۱۰۳/۰۶b	۱۶/۷۰b	۰/۱۶۵b	۲۵/۴۸b
دم	۱۶۴/۳۵c	۲۰/۵۲c	۰/۱۲۴c	۲۹/۹۵c

با افزایش اندازه خربزه قصری خواص مکانیکی پوست این میوه افزایش یافت، این پدیده بیانگر این واقعیت است که با بزرگتر شدن میوه مقاومت پوست آن بیشتر می شود.

خواص مکانیکی گوشت خربزه قصری در نقاط مختلف آن متفاوت بود که کمترین مقادیر مدول الاستیسیته، تنش تسلیم و چقرمگی مربوط به نوک میوه و بیشترین مقادیر خواص مذکور مربوط به دم میوه (محل اتصال میوه به بوته) بود.

منابع

توکلی هشجین، ت.، ۱۳۸۲، مکانیک محصولات کشاورزی (تألیف جورج سیتکی)، انتشارات دانشگاه زنجان و سالکان.

دفتر آمار و فناوری اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۰، آمارنامه کشاورزی جلد اول محصولات زراعی سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸، وزارت جهادکشاورزی، معاونت برنامه ریزی و اقتصادی، دفتر آمار و فناوری اطلاعات.

سیدآبادی، ا.،۱۳۹۰، تعیین خواص فیزیکی و مکانیکی طالبی ایرانی و بررسی رفتار آن در مقابل بارهای وارده به روش المان محدود، پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

سیدآبادی، ا.، خجسته پور، م.، صدرنیا، ح. و سعیدی راد، م.، ۱۳۸۹، مقایسه خواص فیزیکی و مکانیکی دو رقم طالبی خراسان، نخستین همایش فراملی بهینه سازی زنجیره تولید، توزیع و مصرف در صنایع غذایی، گرگان.

صدرنیا ،ح.، رجبی پور، ع.، جوادی، ا.، جعفری، ع. و مستوفی، ی.،۱۳۸۰، مقایسه خواص فیزیکی و مکانیکی دو رقم هندوانه چارلستون گری و کریمسون سوئیت، مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی،۷ (۲۸)، ۱۵۶-۱۵۱.

مسعودی، ح.، ۱۳۸۳، بررسی میزان تغییر خواص مکانیکی سه رقم سیب صادراتی در طی انبارداری، پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

یونجی، ص.، و قنبریان، د.، ۱۳۸۷، تعیین و مقایسه خواص فیزیکی و مکانیکی دو رقم طالبی ایرانی، مجموعه مقالات پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، مشهد.

ASAE Standard, 2002, Compression test of food materials of convex shape, ASAS standard, S368.4 DCE00.

Emadi, B., Kosse, V., Yarlagadda, P., 2005, Mechanical properties of pumpkin. International Journal of Food Properties, 8. 277-287.

Emadi, B., Abbaspour-Fard, M. H., Yarlagadda P., 2009, Mechanical properties of melon measured measured by compression, shear and cutting modes. International Journal of Food Properties, 12. 780-790.

FAOSTAT, 2011. FAO Statistical Databases. www.faostat.fao.org, visited: 6/2/2013.

Mohsenin, N. N., 1986, Physical Properties of Plant and Animal Materials, Gordon and Braech science publishers, New york.

Nourain, J., Ying, Y. B., Wang, J. P., Rao, X. Q. & Yu, C. G., 2005, Firmness evaluation of melon using its vibration characteristic and finite element analysis. Journal of Zhejiang University Science, 6(6), 483-490.

Sadrnia, H., Rajabipour, A., Jafari, A., Javadi, A., Mostofi, Y., Kafashan, J., Dintwa, E. and Baerdemaeker, J. D., 2008, Internal bruising prediction in watermelon compression using nonlinear models, Journal of Food Engineering, 86, 272–280.