

مقایسه خواص فیزیکی و مکانیکی دو رقم هندوانه

چارلستون گری و کریمسون سوئیت*

حسن صدرنیا، علی رجبی پور، ارژنگ جوادی، علی جعفری و یونس مستوفی**

* برگرفته از رساله دکتری با عنوان «تعیین خواص مکانیکی هندوانه و تحلیل سه بعدی پراکندگی تنش با استفاده از روش اجزاء محدود»
** به ترتیب دانشجوی مقطع دکتری، دانشیار گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشکده مهندسی بیوسیستم دانشگاه تهران، نشانی: کرج، دانشکده مهندسی بیوسیستم دانشگاه تهران، تلفن: ۲۸۰۸۱۳۸ (۰۲۶۱). پیام نگار: arajabi@ut.ac.ir، استادیار پژوهش موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، استادیار گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشکده مهندسی بیوسیستم دانشگاه تهران و استادیار گروه باغبانی دانشکده علوم باغبانی و گیاهپزشکی دانشگاه تهران
تاریخ دریافت مقاله: ۸۴/۸/۲۵؛ تاریخ پذیرش مقاله: ۸۵/۱/۱۹

چکیده

هندوانه از نظر وزن و حجم بزرگترین میوه است و همین امر موجب بروز معضلاتی در حمل و نقل این محصول می‌شود. تحقیق حاضر به منظور تعیین و مقایسه خواص فیزیکی و مکانیکی ارقام و اندازه‌های مختلف این محصول جهت دسترسی به پارامترهای مورد استفاده در حمل و نقل، انبارداری، برداشت و جابه‌جایی صورت گرفته است. آزمایش‌ها در قالب دو طرح آزمایشی جداگانه برای تعیین خواص فیزیکی و مکانیکی هندوانه انجام شد. برای تعیین خواص فیزیکی هندوانه از آزمایش فاکتوریل $2 \times 3 \times 3$ (۳ اندازه 2×3 رقم) در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۲۰ تکرار استفاده گردید. همچنین برای تعیین خواص مکانیکی این محصول از آزمایش فاکتوریل $2 \times 3 \times 4$ (۴ موقعیت نمونه 3×3 اندازه 2×3 رقم) در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. متغیرهای جرم، حجم، ابعاد، چگالی، ضریب کرویت، و میانگین هندسی قطرها برای تعیین خواص فیزیکی و متغیرهای تنش و کرنش گسیختگی، مدول الاستیسیته، و چقرمگی نیز برای تعیین خواص مکانیکی هندوانه اندازه‌گیری شد. نتایج آزمایش‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS V.9 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش اندازه هندوانه، ضریب کرویت و چگالی در هر دو رقم کاهش می‌یابد. بیشترین مقدار چگالی 0.96 گرم بر سانتی‌متر مکعب مربوط به رقم چارلستون‌گری در اندازه کوچک و کمترین چگالی 0.93 گرم بر سانتی‌متر مکعب مربوط به رقم کریمسون سوئیت در اندازه بزرگ است. مقایسه پارامترهای مختلف خواص مکانیکی دو رقم هندوانه چارلستون‌گری و کریمسون سوئیت نشان می‌دهد که خواص مکانیکی هندوانه تحت تاثیر اندازه و رقم به طور معنی‌داری تغییر می‌کند.

واژه‌های کلیدی

بافت محصولات کشاورزی، پوست، خواص فیزیکی، خواص مکانیکی، هندوانه

مقدمه

سال‌های اخیر فزونی داشته است (Anon, 2003)، همچنین محبوبیت جهانی برای مصرف این محصول رو به افزایش است (Diezma-Iglesias *et al.*, 2004). بنابراین، هندوانه می‌تواند جایگاه خاصی در بخش صادرات محصولات کشاورزی کشور داشته باشد (در حال حاضر کمتر از ۲ درصد تولید هندوانه صادر می‌گردد در صورتی که این مقدار برای سیب در حدود ۱۵ درصد است). هندوانه جزء

ایران با تولید ۲/۱۵ میلیون تن هندوانه در سال، رتبه سوم را بعد از کشورهای چین و ترکیه در تولید این محصول به خود اختصاص داده است (Anon, 2005). از طرف دیگر، هندوانه دومین محصول صادراتی ایران در بخش میوه و سبزی‌های تازه است. با توجه به شرایط مناسب اراضی کشور برای کشت هندوانه، روند تولید این محصول طی

خارجی طالبی رقم هانگ گوا^۳ را اندازه گیری کردند. در تحقیقات آنان، مقدار مدول الاستیسیته قسمت خارجی ۱/۴۵، قسمت میانی ۱/۰۵، و قسمت داخلی ۰/۹ مگاپاسگال گزارش شده است.

دیزما و همکاران (Diezma et al., 2004) روشی را جهت تشخیص کیفیت داخلی هندوانه های بدون دانه^۴ ارائه دادند. نتیجه مطالعات آنها نشان داد که پاسخ ضربه می تواند در تشخیص عیوب هندوانه از قبیل بیش رسیدگی، کوفتگی در اثر ضربه و پوکی بافت داخلی^۵ به کار رود.

لوری و همکاران (Laurier et al., 2004) نیروی برشی قسمت های مختلف میوه هندوانه را اندازه گیری کردند. در این تحقیق نیروی برشی بافت قرمز هندوانه ۲۰ نیوتن و قسمت پوست میوه هندوانه ۵۰ نیوتن گزارش شده است.

چن و همکاران (Chen et al., 1996) مقادیر مدول الاستیسیته استاتیکی خربزه را با استفاده از روش آزمون تک محوری به دست آوردند. نتایج نشان داد برای خربزه های مختلف مدول الاستیسیته به طور معنی داری از قسمت داخلی تا پوست افزایش می یابد. در این تحقیق، روند تغییرات مدول الاستیسیته در نزدیکی لایه داخلی، نسبت به تغییرات آن در نزدیکی لایه خارجی، بیشتر گزارش شده است.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (Anon, 1996) استاندارد ویژگی های هندوانه را تهیه و در آن نمونه برداری، آزمون، نشانه گذاری، و ویژگی های محصول هندوانه استاندارد را بیان کرده است. مطابق این استاندارد هندوانه جهت عرضه به بازار باید عاری از آسیب دیدگی ناشی از عوامل مکانیکی مانند شکستگی، ترکیدگی و له شدگی باشد. در صورت مشاهده حتی یک مورد هندوانه آسیب دیده در نمونه به دست آمده از محموله، کل محموله مردود خواهد بود. مهم ترین ارقام تجاری هندوانه ایران رقم های چارلستون گری، فرفاکس، شوگر بی بی، و جابونی در این استاندارد ذکر شده است.

خانواده کدویان^۱ و بزرگترین میوه از نظر وزن و حجم است که همین امر موجب بروز معضلاتی در حمل و نقل این محصول شده است. هر چند برخلاف سایر میوه ها، صدمات مکانیکی وارد شده به هندوانه در مراحل مختلف جابه جایی و انبارداری، به دلیل پوست ضخیم اطراف آن، غالباً به صورت لهیدگی بافت داخلی بروز می کند که در ظاهر میوه مشخص نمی شود. در حالی که در اکثر میوه ها به لحاظ پوست نازک میوه، آسیب های مکانیکی به صورت کوفتگی^۲ با تغییر رنگ بافت در سطح میوه به راحتی قابل مشاهده است. در نتیجه تشخیص آسیب دیدگی در هندوانه بسیار مشکل تر از سایر میوه ها است. در این تحقیق، تعیین و مقایسه خواص مکانیکی و فیزیکی ارقام و اندازه های مختلف این محصول جهت دسترسی به پارامترهای مورد استفاده در حمل و نقل، انبارداری، برداشت و جابه جایی مورد نظر بوده است.

غالب تحقیقات گذشته در زمینه خواص فیزیکی هندوانه و محصولات مشابه آن (خانواده Melon شامل طالبی، خربزه، دستانبو و...) در ارتباط با روش های تعیین رسیدگی میوه به صورت غیر مخرب متمرکز بوده است (Nourain et al., 2005; Rosenfeld et al., 1991; Cooke, 1972; Sugiyama, 1998). یکی از متداول ترین روش های غیر مخرب تعیین رسیدگی میوه، اندازه گیری فرکانس موج بازتابیده شده از میوه و سپس به دست آوردن رابطه آن با مدول الاستیسیته و سطح رسیدگی است.

جریموپاس و همکاران (Jarimopas et al., 2005) دستگاه الکترونیکی برای اندازه گیری حجم هندوانه طراحی، و پس از ساختن ارزیابی کردند. این محققان حجم هندوانه اندازه گیری شده با دستگاه الکترونیکی و روش معمول اندازه گیری را به روش جابه جایی آب با یکدیگر مقایسه و گزارش کردند که در سطح احتمال کمتر از ۵ درصد این دو روش با یکدیگر اختلاف معنی داری ندارند.

نوراین و همکاران (Nourain et al., 2005) مقدار مدول الاستیسیته قسمت های مختلف بافت داخلی، میانی، و

1- Cucurbitaceae
4- Seedless

2- Bruising
5- Hollow Heart

3- Huang gua

مواد و روش‌ها

اندازه‌گیری شد. مقادیر میانگین هندسی قطرها و ضریب کرویت از روابط زیر استخراج شد:

$$(1) \quad \sqrt[3]{abc} = \text{میانگین هندسی قطرها}$$

$$(2) \quad \text{ضریب کرویت} = \frac{\sqrt[3]{abc}}{a}$$

برای تعیین جرم، از ترازوی دیجیتالی با دقت ۵ گرم استفاده شد. حجم هندوانه‌ها، براساس نیروی وارده بر اجسام شناور درون آب به دست آمد. بدین صورت که ابتدا ظرف مناسب محتوی آب را روی ترازو گذاشته و عدد روی ترازو قرائت گردید (m_1) سپس هندوانه به آرامی درون آب قرار داده و با نگهدارنده‌ای به زیر سطح آب فرو برده شد. پس از به تعادل رسیدن آب درون ظرف، عدد ترازو قرائت گردید (m_2). حجم هندوانه از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$(3) \quad V = \frac{F}{\gamma}$$

که در آن، $V =$ حجم هندوانه (بر حسب متر مکعب)؛ $F =$ نیروی شناوری معادل وزن آب هم حجم هندوانه (بر حسب نیوتن)؛ و $\gamma =$ وزن مخصوص آب (بر حسب نیوتن بر متر مکعب) است.

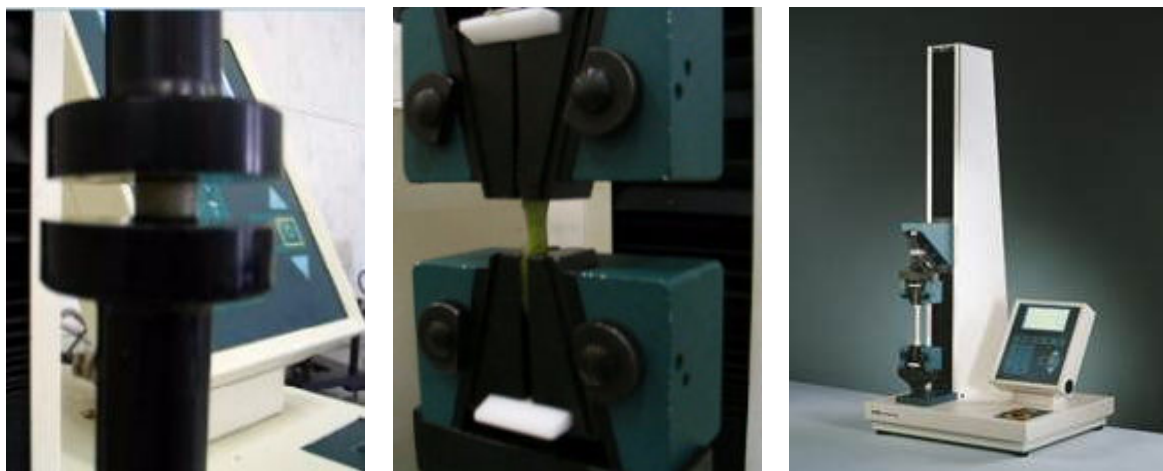
- تعیین خواص مکانیکی

آزمایش‌های مکانیکی به منظور تعیین چهار خاصیت مکانیکی قسمت‌های اصلی هندوانه شامل بافت قرمز، پوست سفید، پوست سبز طولی/عرضی انجام شد. این خواص عبارت‌اند از: تنش گسیختگی، کرنش گسیختگی، مدول الاستیسیته، و چقرمگی. آزمایش‌های فوق با استفاده از دستگاه تست یونیورسال (اینسترون) مجهز به تجهیزات بارگذاری فشاری و کششی انجام گردید (شکل شماره ۱).

در این تحقیق، دو رقم هندوانه به نام‌های چالستون‌گری^۱ و کریسون سوئیت^۲ با نظر کارشناسان مرکز تحقیقات سبزی و صیفی وزارت جهاد کشاورزی جهت آزمایش انتخاب شدند. این دو رقم در حال حاضر در ایران و سایر نقاط جهان بالاترین سطح زیر کشت را دارند (Anon, 2005; Anon, 1978). نمونه‌ها از مزرعه بخش جوادآباد شهرستان ورامین در اواخر تیرماه ۱۳۸۴ تهیه و با انتقال و مستقیم آنها به سردخانه گروه باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران، در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۹۰-۸۵ درصد نگهداری شدند. طبق استاندارد آزمون مواد غذایی انجمن مهندسی کشاورزی آمریکا^۳ جهت دستیابی به نتایج قابل قبول (Anon, 2003)، ۲۰ تکرار برای هر آزمایش در نظر گرفته شد. در مجموع، ۶۰ عدد هندوانه به طور تصادفی برای هر رقم انتخاب شد؛ ۲۰ هندوانه دارای بالاترین وزن در طبقه بزرگ (A)، ۲۰ هندوانه بعدی دارای وزن بالاتر در طبقه متوسط (B)، و ۲۰ هندوانه دارای کمترین وزن در طبقه کوچک (C) قرار داده شدند. به عبارت دیگر مشخصات هر طبقه معرف یک سوم کل جمعیت رقم است. برای کل آزمایش‌ها، ۱۲۰ عدد هندوانه (تکرار ۲۰ × اندازه ۳ × رقم ۲) تهیه شد.

- تعیین خواص فیزیکی

برای تعیین خواص فیزیکی هندوانه، از آزمایش فاکتوریل ۲×۳ (۳ اندازه ۲ × رقم) در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۲۰ تکرار استفاده شد. خواص فیزیکی شامل ابعاد هندسی، حجم واحد، و جرم واحد برای هر یک از هندوانه‌ها اندازه‌گیری و سپس ضریب کرویت، چگالی، و میانگین هندسی قطرها محاسبه شد. ابعاد هندسی هندوانه‌ها در سه جهت عمود بر هم a ، b ، و c تعیین شد، که به ترتیب بزرگترین قطر، بزرگترین قطر عمود بر a ، و بزرگترین قطر عمود بر a و b هستند. ابعاد فوق به کمک کولیس با دقت ۰/۰۵ میلی‌متر و با عرض دهانه حداکثر ۵۰۰ میلی‌متر



شکل شماره ۱- تصویر دستگاه تست یونیورسال و فک‌های بارگذاری کششی و فشاری

میلی‌متر، و پوست سبز به طول ۵ سانتی‌متر و ضخامت ۳ میلی‌متر انتخاب شد. همچنین به منظور حذف اثر مکان نمونه‌گیری، از چهار قسمت هندوانه در طول خط استوا که عمود بر هم از مرکز هندوانه بودند، نمونه‌گیری شد (شکل شماره ۲).

مناسب‌ترین شکل و ابعاد هندسی نمونه‌های آزمایشی قسمت‌های مختلف هندوانه بر اساس منابع (Chen *et al.*, 1996; Masoudi, 2004; Mohsenin, 1986; Sitkei, 1986) و اجرای یک سری آزمون‌های اولیه انتخاب شد. ابعاد نمونه‌های بافت قرمز به قطر ۲۵ میلی‌متر و طول ۲۰ میلی‌متر، بافت سفید پوست به قطر ۱۴ میلی‌متر و طول ۸



(ب)



(الف)

شکل شماره ۲- نمونه‌های آزمایشی: (الف) پوست سبز طولی/عرضی، (ب) بافت قرمز و پوست سبز

پایین حرکت داده می‌شد. با نفوذ نمونه‌گیر در درون بافت، نمونه با قطر مورد نظر گرفته می‌شد و در درون نمونه‌گیر قرار می‌گرفت. برای خارج کردن نمونه‌ها از داخل نمونه‌گیر، از فشار باد استفاده گردید. برای برش طولی نمونه‌های استوانه‌ای از صفحه پلی‌اتیلن با ضخامت متناسب

برای تهیه نمونه‌های استوانه‌ای، ابتدا نمونه‌گیر (شکل شماره ۳- الف) که به همین منظور طراحی و ساخته شده بود به سه نظام یک دستگاه دریل برقی بسته شد. دستگاه دریل روی پایه‌ای کوچک ثابت گردید. با قرار دادن نمونه‌ها در زیر نمونه‌گیر، دریل به کار افتاده به آهستگی به سمت

بریده می‌شد. نمونه‌های تهیه شده از بافت قرمز و پوست سفید تحت بارگذاری تک‌محوری فشاری قرار داده شد و نمودار نیرو- تغییر شکل برای هر یک ترسیم گردید (شکل شماره ۴-الف). به منظور تعیین خواص مکانیکی پوست سبز به دلیل ضخامت کم این لایه از آزمون کشش استفاده شد. سپس نمودار نیرو- تغییر مکان پوست سبز ترسیم و پارامترهای مورد نیاز از روی آنها استخراج شد (شکل شماره ۴-ب). برای ثابت نگه داشتن نمونه‌های کششی پوست سبز، از فک‌های بارگذاری کششی مخصوص مواد غذایی دارای سطح آج‌دار، استفاده گردید.

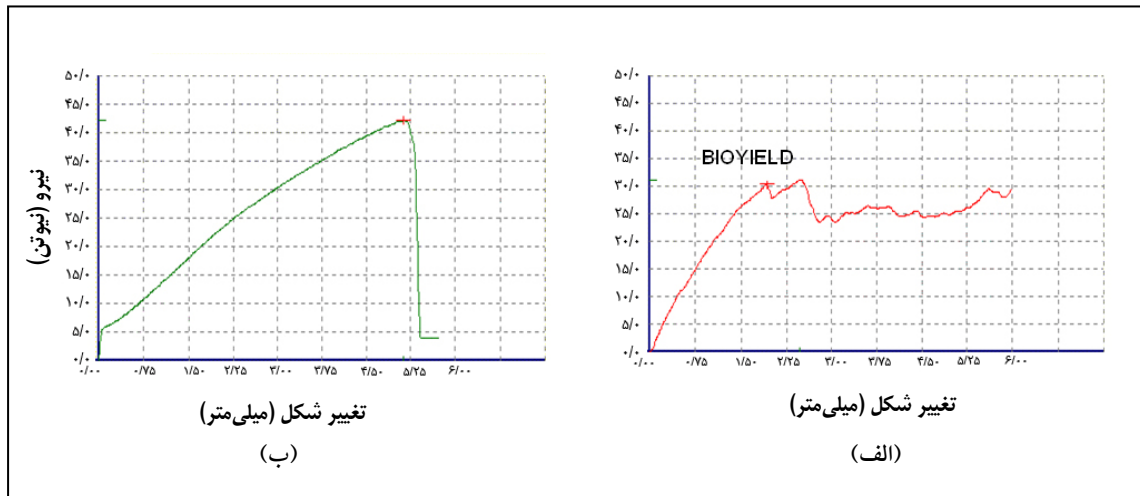
با طول نمونه استفاده شد. با قرار دادن نمونه‌های استوانه‌ای درون سوراخ‌های صفحه پلی‌اتیلن و به کمک تیغ تیز دو طرف نمونه به صورت کاملاً صاف و افقی برش داده می‌شد. بدین ترتیب نمونه‌های استوانه‌ای بافت قرمز و پوست سفید برای اجرای آزمایش تهیه می‌شدند. برای تهیه نمونه‌های پوست سبز جهت بارگذاری کششی از روش پیشنهادی هاف (Huff, 1967) استفاده شد. بدین ترتیب که ابتدا با استفاده از قالب نمونه‌گیر که دارای لبه‌های کاملاً تیز بود، نمونه‌ها برش داده می‌شدند (شکل شماره ۳-ب). پس از آن، با قرار دادن نمونه‌های پوست سبز درون پایه فلزی به ضخامت ۳ میلی‌متر، قسمت بالایی نمونه با تیغ تیز به صورت صاف



شکل شماره ۳- تصویر ابزار نمونه‌گیر بافت: (الف) نمونه‌گیر استوانه‌ای و صفحه تفلون، (ب) نمونه‌گیر پوست سبز برای آزمون کششی

پذیرفت. **نتایج و بحث** در این تحقیق، تجزیه و تحلیل آماری نتایج در قالب دو طرح آزمایشی جداگانه برای خواص فیزیکی و مکانیکی با استفاده از نرم افزار SPSS V.9 صورت پذیرفت. عملیات آماده‌سازی داده‌ها و محاسبات مقدماتی با نرم افزار Excel انجام شد.

سرعت بارگذاری تمام نمونه‌ها بر اساس استاندارد تعیین خواص مکانیکی بافت مواد غذایی انجمن مهندسی کشاورزی آمریکا (Anon, 2003)، ۲۵ میلی‌متر بر دقیقه و تغییر مکان نهایی ۶، ۳ و ۵ میلی‌متر به ترتیب برای بافت قرمز، پوست سفید، و پوست سبز انتخاب شد. آزمایش‌های تعیین خواص مکانیکی به صورت فاکتوریل سه فاکتوره (اندازه ۳×۳×۲ موقعیت ۴) در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۲۰ تکرار و در مجموع با ۴۸۰ آزمایش انجام



شکل شماره ۴- نمودار نیرو- تغییر شکل (الف) نمونه استوانه‌ای بافت قرمز (ب) نمونه کششی پوست سبز

جرم واحد، حجم واحد، ضریب کرویت، میانگین هندسی قطرها، و چگالی را برای دو رقم هندوانه چارلستون گری و کریمسون سوئیت را نشان می‌دهد.

- خواص فیزیکی
جدول‌های شماره ۱ و ۲ میانگین، انحراف معیار و ضریب تغییرات پارامترهای فیزیکی شامل ابعاد a، b و c،

جدول شماره ۱- میانگین، انحراف معیار و ضریب تغییرات پارامترهای فیزیکی هندوانه رقم چالستون گری

اندازه	تعداد نمونه	متغیر	ابعاد (میلی متر)			جرم واحد (گرم)	حجم واحد (سانتی متر مکعب)	چگالی (گرم بر سانتی متر مکعب)	ضریب کرویت	میانگین هندسی قطرها
			a	b	c					
		میانگین	۱۸۳/۴۵	۱۷۷/۵	۳۹۵/۶۵	۷۳۴۳/۵	۷۶۹۳/۵	۰/۹۵۶	۰/۵۹۳	۲۳۴/۳۳
A	۲۰	انحراف معیار (SD)	۸/۳۲	۸/۲۶	۲۸/۱۶	۱۰۹۵/۷	۱۲۱۲/۴	۰/۰۱۴	۰/۰۲۵	۱۱/۲۰
		CV (درصد)	۴/۵۳	۴/۶۵	۷/۱۲	۱۴/۹۲	۱۵/۷۶	۱/۴۱	۴/۱۴	۴/۷۸
		میانگین	۱۶۷/۱	۱۶۳/۳	۳۵۶/۱	۵۳۹۵	۵۶۴۱/۵	۰/۹۵۶	۰/۶۰۱	۲۱۳/۱۵
B	۲۰	انحراف معیار (SD)	۶/۶۷	۶/۰۹	۲۳/۷۰	۲۵۲/۵	۲۵۸/۲	۰/۰۱۰	۰/۰۳۸	۳/۷۶
		CV (درصد)	۳/۹۹	۳/۷۳	۶/۶۵	۴/۶۸	۴/۵۸	۱/۰۴	۶/۴۱	۱/۷۷
		میانگین	۱۵۹/۱	۱۵۴/۴	۳۱۳/۵	۴۲۸۲/۵	۴۴۸۲/۵	۰/۹۵۷	۰/۶۳۲	۱۹۷/۲۵
C	۲۰	انحراف معیار (SD)	۷/۲۲	۷/۴۲	۲۶/۳۰	۳۸۷/۲	۴۰۲/۴	۰/۰۰۷	۰/۰۴۷	۶/۵۳
		CV (درصد)	۴/۵۴	۴/۸۱	۸/۳۸	۹/۰۴	۸/۹۸	۰/۷۳۹	۷/۴۳	۳/۳۱
		میانگین	۱۶۹/۸۸	۱۶۵/۱	۳۵۵/۱۳	۵۶۷۳/۷	۵۹۳۹/۲	۰/۹۵۶	۰/۶۰۹	۲۱۴/۹۱
هرسه	۶۰	انحراف معیار (SD)	۱۲/۵۶	۱۱/۹۹	۴۲/۴۱	۱۴۴۳/۳	۱۵۲۹/۶	۰/۰۱۰	۰/۰۴۱	۱۷/۱۲
		CV (درصد)	۷/۴۰	۷/۲۶	۱۱/۹۴	۲۵/۴۳	۲۵/۷۵	۱/۰۹۲	۶/۷۱	۷/۹۷

جدول شماره ۲- میانگین، انحراف معیار و ضریب تغییرات پارامترهای فیزیکی هندوانه رقم کریمسون سوئیت

اندازه	تعداد	متغیر	ابعاد (میلی متر)			جرم واحد (گرم)	حجم واحد (سانتی متر مکعب)	چگالی (گرم بر سانتی متر مکعب)	ضریب کرویت	میانگین هندسی قطرها
			a	b	c					
		میانگین	۲۲۷/۹	۲۲۱/۵	۲۶۲/۵	۶۹۴۶/۳	۷۴۶۸/۰	۰/۹۳۱	۰/۹۰۲	۲۳۸/۳۹
A	۲۰	انحراف معیار (SD)	۱۲/۱۸	۱۰/۶۰	۱۳/۵۰	۷۴۰/۴	۸۵۲/۸	۰/۰۱۳	۰/۰۳۷	۹/۷۹
		CV (درصد)	۵/۳۴	۴/۷۹	۵/۱۴	۱۰/۶۶	۱۱/۴۲	۱/۳۷	۴/۱۰	۴/۱۱
		میانگین	۲۱۱/۱	۲۰۱/۴	۲۴۰	۵۲۷۷/۵	۵۶۲۹/۷	۰/۹۳۸	۰/۹۰۵	۲۱۶/۷۹
B	۲۰	انحراف معیار (SD)	۹/۰۹	۹/۲۲	۱۲/۴۸	۴۹۱/۹۸	۵۵۸/۲۹	۰/۰۱۴	۰/۰۳۸	۷/۳۵
		CV (درصد)	۴/۳۰	۴/۵۸	۵/۲۰	۹/۳۲	۹/۹۲	۱/۴۵	۴/۲۳	۳/۳۹
		میانگین	۱۸۶/۹۵	۱۷۹/۰	۱۹۶/۹	۳۴۳۲/۲	۲۶۳۶/۵	۰/۹۴۷	۰/۹۵۶	۱۸۷/۴۴
C	۲۰	انحراف معیار (SD)	۱۵/۹۶	۱۵/۴۱	۱۹/۷۵	۸۶۳/۷۷	۹۲۱/۲۶	۰/۰۱۲	۰/۰۲۶	۱۶/۵۹
		CV (درصد)	۸/۵۳	۸/۶۱	۱۰/۰۳	۲۵/۱۷	۲۵/۴۰	۱/۲۴	۲/۵۷	۸/۸۵
		میانگین	۲۰۸/۶۵	۲۰۰/۵۵	۲۳۳/۱۳	۵۲۱۸/۷	۵۵۷۴/۸	۰/۹۳۸	۰/۹۲۰	۲۱۳/۵۶
هرسه	۶۰	انحراف معیار (SD)	۲۱/۰۶	۲۱/۰۵	۳۱/۴۳	۱۶۰۹/۲	۱۷۶۳/۷	۰/۰۱۴	۰/۰۴۱	۲۳/۴۴
		CV (درصد)	۱۰/۰۹	۱۰/۴۹	۱۳/۴۸	۳۰/۸۳	۳۱/۶۴	۱/۵۱	۴/۴۴	۱۰/۹۷

مربوط به رقم چارلستون گری به مقدار ۳۹۵ میلی متر و بیشترین مقدار میانگین هندسی قطرها ۲۳۸/۳۹ مربوط به رقم کریمسون سوئیت در اندازه A است.

نتایج تجزیه واریانس پارامترهای چگالی و ضریب کرویت در جدول شماره ۳ نشان داده شده است. بررسی جدول شماره ۳ نشان می دهد که فاکتور اندازه و رقم در سطح احتمال کمتر از ۱ درصد بر چگالی اثر معنی دار داشته است، به طوری که با افزایش اندازه هندوانه ها در هر دو رقم چگالی کاهش یافته است. کاهش چگالی با افزایش اندازه هندوانه احتمالاً ناشی از رسیدگی بیشتر هندوانه در اندازه بزرگ است که موجب پوکی بافت داخلی شده و کاهش چگالی را به دنبال داشته است.

بیشترین مقدار ضریب کرویت با متوسط ۰/۹۵۶ برای رقم کریمسون سوئیت در اندازه C (کوچک) و کمترین مقدار ضریب کرویت با متوسط ۰/۵۹۳ برای رقم چارلستون گری در اندازه A (بزرگ) است. بیشترین مقدار چگالی با متوسط ۰/۹۵۷ گرم بر سانتی متر مکعب برای رقم چارلستون گری در اندازه C و کمترین مقدار جرم مخصوص ظاهری با متوسط ۰/۹۳۱ برای رقم کریمسون سوئیت در اندازه A است.

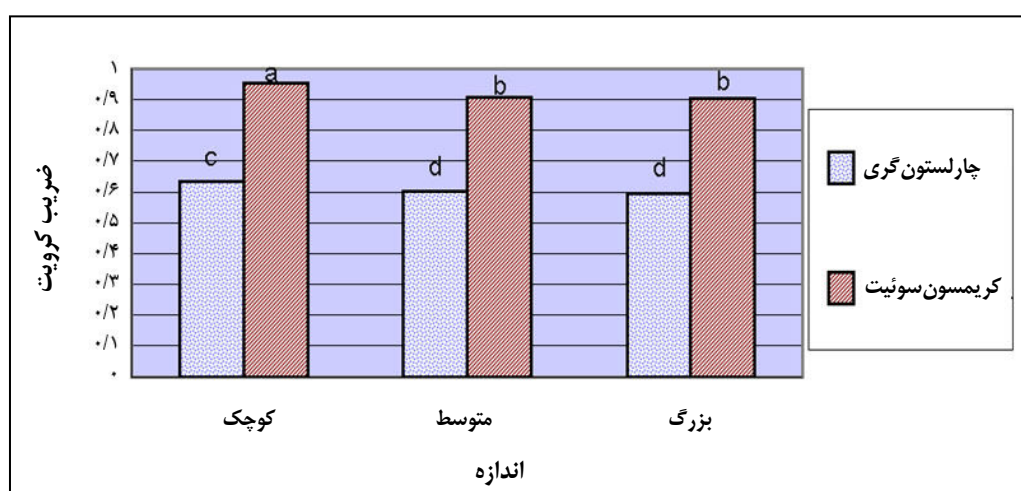
بررسی جدول های شماره ۱ و ۲ نشان می دهد که ضریب تغییرات پارامترهای فیزیکی هندوانه چالستون گری کمتر از هندوانه کریمسون سوئیت است. همچنین، به طور میانگین هندوانه های رقم چارلستون گری جرم واحد بالاتری نسبت به رقم کریمسون سوئیت دارد. بیشترین طول هندوانه

جدول شماره ۳- نتایج تجزیه واریانس پارامترهای چگالی و ضریب کرویت

پارامتر	منابع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F
چگالی	فاکتور A	۱	۰/۰۰۹	۰/۰۰۹	۶/۷۱۸۳ **
	فاکتور B	۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۵/۸۱۱۸ **
	اثر متقابل A × B	۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۳/۸۱۶۸ *
	خطا	۱۱۴	۰/۰۱۵	۰/۰۰۰	
	کل	۱۱۹			
ضریب کرویت	فاکتور A	۱	۲/۹۰۲	۲/۹۰۲	۲۲۵۲/۶۴ **
	فاکتور B	۲	۰/۰۴۹	۰/۰۲۴	۱۸/۹۳ **
	اثر متقابل A × B	۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۶۱۳۴ ns
	خطا	۱۱۴	۰/۱۴۷	۰/۰۰۱	
	کل	۱۱۹			

* اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد، ** اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد، ns نبود اختلاف معنی دار، فاکتور A= رقم، فاکتور B= اندازه

نتایج مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون دانکن برای پارامتر ضریب کرویت در شکل شماره ۵ نشان داده شده است. نتایج مقایسه میانگین‌های ضریب کرویت نشان می‌دهد که افزایش اندازه به طور معنی دار موجب کاهش ضریب کرویت خواهد شد. کاهش ضریب کرویت با افزایش جرم واحد هندوانه‌ها حکایت از آن دارد که رشد طولی هندوانه نسبت به رشد قطری آن در هر دو رقم بیشتر است.



شکل شماره ۵- مقایسه میانگین ضریب کرویت به روش آزمون دانکن

خواص مکانیکی

بافت قرمز رقم چالستون‌گری در اندازه کوچک به ترتیب ۰/۰۴۰، مگاپاسکال و ۰/۰۷۵ است و این مقادیر برای اندازه بزرگ به ترتیب ۰/۰۵۴، مگاپاسکال و ۰/۱۲۴ است. می‌توان از مقایسه این ارقام نتیجه گرفت که دیواره سلولی بافت قرمز در اندازه بزرگ هندوانه نسبت به اندازه کوچک رشد داشته و ضخامت آن افزایش یافته است. به عبارت دیگر، افزایش اندازه هندوانه با افزایش ضخامت دیواره سلول‌ها همراه است. این نتیجه منطبق با نتایج تحقیقات پیت و چن (Pitt & Chen, 1986) است که مدل رئولوژی سلول را بر اساس پارامترهای ضخامت دیواره سلولی، اندازه سلول، و فشار تورم سلولی ارائه دادند. به منظور بررسی اثر فاکتورهای مختلف بر خواص مکانیکی، خلاصه نتایج تجزیه واریانس چهار خاصیت مکانیکی هندوانه در جدول شماره ۶ نشان داده شده است. فاکتور A رقم در دو سطح، فاکتور B اندازه در سه سطح، و فاکتور C موقعیت نمونه‌گیری در چهار سطح است.

جدول‌های شماره ۴ و ۵ مقادیر چهار خاصیت مکانیکی تنش گسیختگی، کرنش گسیختگی، مدول الاستیسیته، و چقرمگی را برای چهار موقعیت: ۱- بافت قرمز، ۲- پوست سفید، ۳- پوست سبز طولی و ۴- پوست سبز عرضی در دو رقم چالستون‌گری و کریمسون‌سوئیت نشان می‌دهد.

تغییراتی که در خواص مکانیکی قسمت‌های مختلف بافت هندوانه در جدول شماره ۴ و ۵ مشاهده می‌شود، ناشی از عواملی مانند تغییر در فشار تورم سلولی، اندازه سلول‌ها، و ضخامت دیواره سلولی است. در صورتی که ضخامت دیواره سلولی افزایش یابد سلول نیروی بیشتری را می‌تواند تحمل کند و بالعکس افزایش اندازه سلول باعث کاهش تحمل آن به نیروهای مکانیکی می‌شود. همچنین، افزایش فشار تورم سلولی باعث بالا رفتن مدول الاستیسیته بافت می‌شود. برای مثال، در جدول شماره ۳ مقدار تنش و کرنش گسیختگی

جدول شماره ۴- خواص مکانیکی رقم چالستون‌گری

موقعیت	اندازه	تنش گسیختگی (مگاپاسکال)	کرنش گسیختگی (بدون بعد)	مدول الاستیسیته (مگاپاسکال)	چقرمگی (ژول بر سانتی‌متر مکعب)
۱- بافت قرمز	A	۰/۰۵۴	۰/۱۲۴	۰/۴۳۷	۰/۰۰۴
	B	۰/۰۳۷	۰/۰۹۵	۰/۳۹۶	۰/۰۰۲
	C	۰/۰۴۰	۰/۰۷۵	۰/۵۵۱	۰/۰۰۲
۲- پوست سفید	میانگین	۰/۰۴۴	۰/۰۹۸	۰/۴۶۱	۰/۰۰۲
	A	۰/۱۸۱	۰/۲۴۶	۰/۷۵۵	۰/۰۲۲
	B	۰/۲۶۲	۰/۲۱۹	۱/۲۰۲	۰/۰۳۰
۳- پوست سبز عرضی	C	۰/۳۰۳	۰/۲۸۷	۱/۰۶۵	۰/۰۴۴
	میانگین	۰/۲۴۸	۰/۲۵۱	۱/۰۰۷	۰/۰۳۲
	A	۱/۲۲۸	۰/۴۱۸	۳/۰۱۳	۰/۲۵۶
۴- پوست سبز طولی	B	۱/۰۲۱	۰/۴۰۵	۲/۵۴۲	۰/۲۰۷
	C	۱/۲۴۳	۰/۴۲۲	۲/۹۷۷	۰/۲۶۲
	میانگین	۱/۱۶۴	۰/۴۱۵	۲/۸۴۴	۰/۲۴۲
	A	۱/۳۹۴	۰/۴۳۵	۳/۲۲۲	۰/۳۰۶
	B	۱/۲۶۷	۰/۴۳۸	۲/۹۴۴	۰/۲۷۸
	C	۱/۳۵۲	۰/۳۸۴	۳/۵۳۶	۰/۲۶۰
میانگین	۱/۳۳۸	۰/۴۱۹	۳/۲۳۴	۰/۲۸۱	

جدول شماره ۵- خواص مکانیکی رقم کریمسون سوئیت

موقعیت	اندازه	تنش گسیختگی (مگاپاسکال)	کرنش گسیختگی (بدون بعد)	مدول الاستیسیته (مگاپاسکال)	چقرمگی (ژول بر سانتی متر مکعب)
۱- بافت قرمز	A	۰/۰۳۰	۰/۰۷۶	۰/۴۱۱	۰/۰۰۱
	B	۰/۰۲۷	۰/۰۵۲	۰/۵۳۶	۰/۰۰۱
	C	۰/۰۳۲	۰/۰۶۲	۰/۵۳۵	۰/۰۰۱
۲- پوست سفید	میانگین	۰/۰۳۰	۰/۰۶۳	۰/۴۹۴	۰/۰۰۱
	A	۰/۲۲۲	۰/۲۸۰	۰/۷۹۵	۰/۰۳۲
	B	۰/۲۷۲	۰/۳۱۰	۰/۹۰۲	۰/۰۴۲
	C	۰/۲۹۸	۰/۲۷۲	۱/۱۰۸	۰/۰۴۱
	میانگین	۰/۲۶۴	۰/۲۸۸	۰/۹۳۵	۰/۰۳۸
	A	۱/۲۱۴	۰/۴۶۹	۲/۶۱۰	۰/۲۸۹
۳- پوست سبز عرضی	B	۱/۲۲۳	۰/۵۶۶	۲/۵۶۴	۰/۳۵۱
	C	۱/۲۴۰	۰/۴۶۳	۲/۶۹۳	۰/۲۸۹
	میانگین	۱/۲۲۵	۰/۵۰۰	۲/۶۲۳	۰/۳۰۹
۴- پوست سبز طولی	A	۱/۱۹۲	۰/۴۷۴	۲/۵۳۶	۰/۲۸۵
	B	۱/۲۴۰	۰/۴۷۳	۲/۶۳۳	۰/۲۹۳
	C	۱/۲۸۴	۰/۴۸۱	۲/۷۲۳	۰/۳۱۰
	میانگین	۱/۲۳۸	۰/۴۷۶	۲/۶۳۱	۰/۲۹۶

است. برای مثال، تغییر اندازه لایه سفید پوست باعث تغییر در خواص مکانیکی این لایه در دو رقم شده است (جدول‌های شماره ۴ و ۵).

اثر متقابل رقم بر اندازه در سطح احتمال ۵ درصد بر چهار خاصیت مکانیکی معنی‌دار نیست. بنابراین، اثر اندازه بر خصوصیات مکانیکی هندوانه مستقل از رقم است. همچنین، اثر متقابل اندازه در موقعیت نمونه‌گیری در سطح احتمال ۱ درصد بر چهار خاصیت مکانیکی اختلاف معنی‌داری نشان نداد. بنابراین، تغییر ضخامت و لایه‌های بافت در اندازه‌های مختلف ناچیز بوده است.

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که فاکتور رقم و موقعیت نمونه‌گیری روی چهار خاصیت مکانیکی اثر معنی‌دار داشته است. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که خواص مکانیکی هندوانه رقم چالستون‌گری متفاوت از خواص مکانیکی هندوانه رقم کریمسون سوئیت است. همچنین فاکتور اندازه بر تنش گسیختگی و مدول الاستیسیته اثر معنی‌دار داشته در صورتی که بر کرنش گسیختگی و چقرمگی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نبوده است.

بررسی‌ها نشان می‌دهد که رقم بر موقعیت نمونه‌گیری اثر متقابل داشته است. این نتیجه نشان می‌دهد ضخامت و لایه‌های مختلف بافت از یک رقم به رقم دیگر تغییر داشته

جدول شماره ۶- خلاصه نتایج تجزیه واریانس چهار خاصیت مکانیکی هندوانه

میانگین مربعات				
منابع تغییرات	تنش گسیختگی (مگاپاسکال)	کرنش گسیختگی (بدون بعد)	مدول الاستیسیته (مگاپاسکال)	چقرمگی (ژول بر سانتی متر مکعب)
فاکتور A	۰/۰۰۲**	۰/۰۳۹**	۱/۴۰۱**	۰/۰۱۴*
فاکتور B	۰/۰۳۱*	۰/۰۰۲ ns	۰/۴۳۱**	۰/۰۰۰۱ ns
اثر متقابل A×B	۰/۰۲۳ ns	۰/۰۰۵ ns	۰/۰۸۰ ns	۰/۰۰۰۴ ns
فاکتور C	۱۲/۲۶۹**	۰/۹۴۸**	۴۵/۸۶۹**	۰/۷۰۲**
اثر متقابل A×C	۰/۰۳۴*	۰/۰۱۹**	۰/۵۸۲**	۰/۰۰۰۷*
اثر متقابل B×C	۰/۰۱۵ ns	۰/۰۰۳ ns	۰/۱۵۱*	۰/۰۰۰۱ ns
اثر متقابل A×B×C	۰/۰۱۲ ns	۰/۰۰۶ ns	۰/۱۱۰ ns	۰/۰۰۰۴ ns

* اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد، ** اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد، ns نبود اختلاف معنی دار، فاکتور A=رقم، فاکتور B=اندازه، و فاکتور C=موقعیت

آسیب‌های مکانیکی (ضربه، فشارهای موضعی، ساییدگی و...) قرار می‌گیرد.

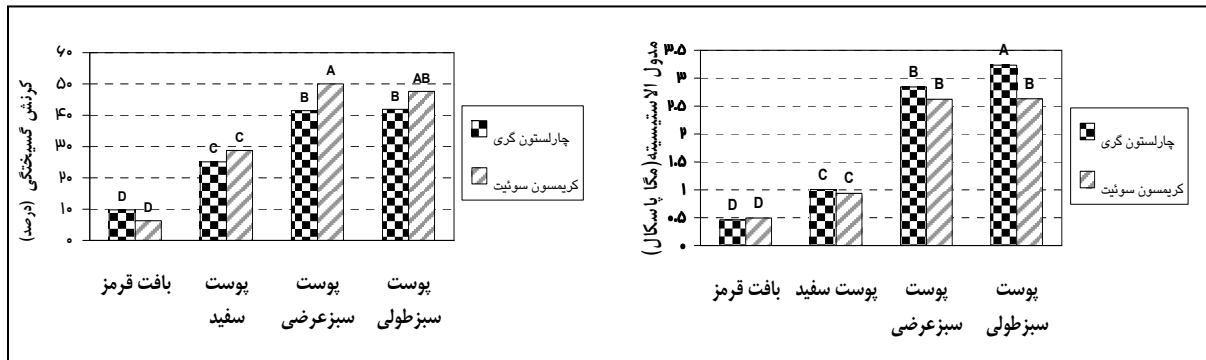
فاکتور موقعیت نمونه‌گیری روی چهار خاصیت مکانیکی، تنش گسیختگی، کرنش گسیختگی، مدول الاستیسیته، و چقرمگی در سطح احتمال کمتر از ۱ درصد معنی دار است. شکل شماره ۶، تغییرات و مقایسه میانگین به روش آزمون دانکن مدول الاستیسیته و کرنش گسیختگی را در چهار موقعیت بافت قرمز، پوست سفید، و پوست سبز طولی، و عرضی در دو رقم چارلستون‌گری و کریمسون سوئیت نشان می‌دهد. در این نمودار مشاهده می‌شود که پوست هندوانه کریمسون سوئیت دارای کرنش گسیختگی بالاتر و مدول الاستیسیته کمتری نسبت به رقم چالستون‌گری در هر دو جهت طولی و عرضی است. از آنجا که مقدار تنش گسیختگی پوست در هر دو رقم یکسان است (جدول شماره ۲ و ۳) می‌توان نتیجه گرفت که پوست هندوانه کریمسون سوئیت نسبت به بارهای مکانیکی، در مقایسه با رقم چالستون‌گری، تحمل بیشتری دارد.

یکی دیگر از خاصیت‌های مهم محصولات کشاورزی چقرمگی است. چقرمگی حداکثر انرژی است که جسم می‌تواند تحمل کند قبل از آن که به حد تسلیم برسد. به عبارت دیگر در مورد محصولات کشاورزی چقرمگی بافت، شاخصی از حداکثر انرژی است که بافت بدون آسیب دیدگی آن را تحمل می‌کند. برای تعیین چقرمگی، باید مساحت زیر نمودار تنش-کرنش (تا نقطه BIOYIELD) بافت محاسبه و بر حجم نمونه تقسیم شود.

بررسی جدول‌های شماره ۴ و ۵ نشان می‌دهد چقرمگی پوست سبز رقم کریمسون سوئیت با ۰/۳۰۲ ژول بر سانتی‌متر مکعب، بیشتر از چقرمگی پوست سبز چارلستون‌گری است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت پوست هندوانه رقم کریمسون سوئیت نسبت به رقم چارلستون‌گری تحمل بیشتری به آسیب‌های مکانیکی دارد. آسیب دیدگی پوست محصولات کشاورزی از آسیب دیدگی بافت‌های داخلی است زیرا در محل آسیب دیدگی پوست قارچ‌ها و باکتری‌ها جمع می‌شوند و سرانجام به داخل میوه نفوذ می‌کنند. به سخنی دیگر، ابتدا پوست میوه در معرض

موقعیت نمونه گیری را نشان می دهد. همان طور که در این جدول مشاهده می شود، مقایسه مدول الاستیسیته پوست در جهت عرضی نسبت به جهت طولی در سطح احتمال کمتر از ۱ درصد دارای اختلاف معنی داری است.

به منظور بررسی اثر موقعیت نمونه گیری، مقادیر میانگین های چهار خاصیت مکانیکی به روش آزمون دانکن با یکدیگر مقایسه شدند. جدول شماره ۷، نتایج مقایسه میانگین به روش آزمون دانکن چهار خاصیت مکانیکی در چهار سطح



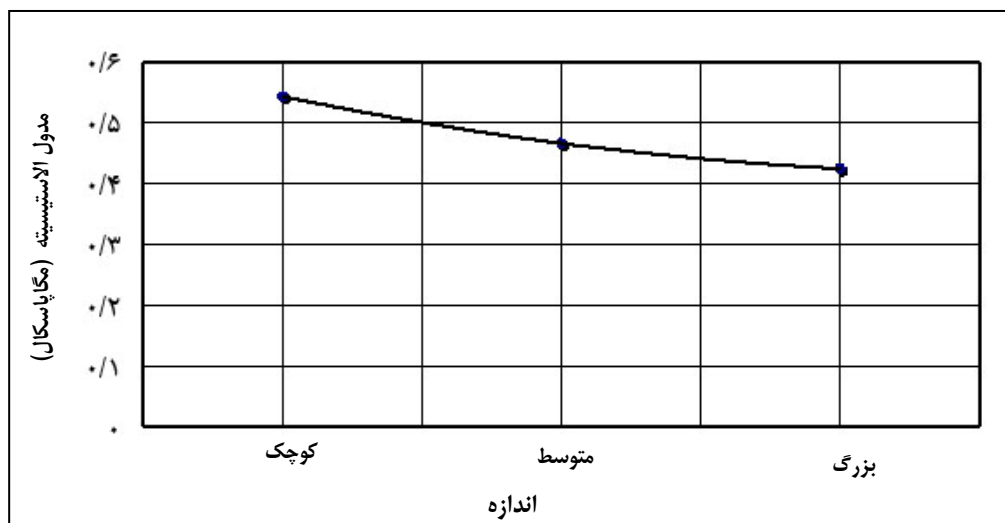
شکل شماره ۶- تغییرات مدول الاستیسیته و کرنش گسیختگی بافت هندوانه

جدول شماره ۷- نتایج مقایسه میانگین به روش آزمون دانکن چهار خاصیت مکانیکی هندوانه در چهار سطح موقعیت نمونه گیری

موقعیت	تنش گسیختگی (مگاپاسکال)	کرنش گسیختگی (بدون بعد)	مدول الاستیسیته (مگاپاسکال)	چقرمگی (زول بر سانتی متر مکعب)
۱	۰/۰۳۷ d	۰/۰۸۱ c	۰/۴۷۸ d	۰/۰۰۲ c
۲	۰/۲۵۶ c	۰/۲۶۹ b	۰/۹۷۱ c	۰/۰۳۵ b
۳	۱/۱۹۵ b	۰/۴۵۷ a	۲/۷۳۳ b	۰/۲۷۶ a
۴	۱/۲۸۸ a	۰/۴۴۸ a	۲/۹۳۲ a	۰/۲۸۹ a

(Wang et al., 2004) در مورد تفاوت مدول الاستیسیته پوست میوه انگور در جهت طولی و عرضی منطبق است. آنها مدول الاستیسیته پوست میوه انگور را در جهت عرضی ۱۴/۱ و در جهت طولی ۱۳/۳ مگاپاسکال گزارش کرده اند.

مقدار مدول الاستیسیته پوست در جهت عرضی ۲/۹۳۲ و در جهت طولی ۲/۷۳۳ مگاپاسکال است. وجود تفاوت معنی دار مدول الاستیسیته در جهت طولی و عرضی حاکی از تفاوت ساختار سلول های پوست در جهت طولی و عرضی است. نتیجه فوق با تحقیقات وانگ و همکاران



شکل شماره ۷- تغییرات مدول الاستیسیته بافت قرمز نسبت به اندازه هندوانه

بافت زیر پوست آن ۱/۹۴۷ و نسبت مدول الاستیسیته پوست را به بافت زیر پوست ۱/۶۱۳ به دست آوردند. نوراین (Nourain, 2005) مقدار نسبت مدول الاستیسیته بافت میانی به بافت داخلی را ۱/۱۶ و نسبت مدول الاستیسیته پوست به بافت میانی را ۱/۳۸ برای طالبی رقم هنگ‌گوا گزارش کرد. مقایسه مدول الاستیسیته قسمت‌های مختلف بافت هندوانه و محصولات مشابه آن مانند خربزه و طالبی نشان می‌دهد که پوست هندوانه به دلیل دارا بودن مدول الاستیسیته بالاتر استحکام بیشتری در بارگذاری دارد و می‌تواند بهتر از بافت‌های داخلی میوه را محافظت کند. به عبارت دیگر بافت‌های داخلی طالبی و خربزه در مقایسه با هندوانه بیشتر در معرض له‌شدگی در اثر بارهای خارجی هستند.

نتیجه‌گیری

- هندوانه رقم چارلستون‌گری نسبت به رقم کریمسون سوئیت چگالی بیشتری دارد. ضریب کرویت و چگالی در هر دو رقم هندوانه با افزایش اندازه، کاهش می‌یابد.
- ضریب تغییرات پارامترهای فیزیکی از قبیل ابعاد، جرم، و حجم در هندوانه رقم کریمسون سوئیت بیش از رقم چالستون‌گری است.

شکل شماره ۷، تغییرات مدول الاستیسیته بافت قرمز را نسبت به اندازه هندوانه نشان می‌دهد. افزایش اندازه هندوانه باعث کاهش مدول الاستیسیته بافت قرمز شده است. این نتیجه با نتایج خواص فیزیکی مطابق دارد. همان‌طور که در بخش خواص فیزیکی بیان شده است افزایش اندازه هندوانه منجر به کاهش چگالی میوه می‌شود و بنابراین رطوبت بافت در اندازه بزرگ کمتر از اندازه کوچک است که همین امر موجب کاهش مدول الاستیسیته بافت نیز شده است.

نتایج به دست آمده در این تحقیق برای هندوانه و مقایسه آن با تحقیقات گذشته در مورد محصولات مشابه مانند خربزه و طالبی نشان می‌دهد که تغییرات مدول الاستیسیته از قسمت بیرونی به سمت داخل در هندوانه بیشتر از تغییرات آن در خربزه و طالبی است. در این تحقیق، نسبت تغییرات مدول الاستیسیته پوست سفید به بافت قرمز برای رقم چارلستون‌گری (E_2/E_1) برابر ۲/۱۸ و نسبت تغییرات مدول الاستیسیته بافت سفید پوست به پوست سبز $(E_{3,4}/E_2)$ برابر ۳/۰۱۷ است. این مقادیر برای رقم کریمسون سوئیت به ترتیب $(E_2/E_1)=1/89$ و $(E_{3,4}/E_2)=2/76$ است. چن و همکاران (Chen et al., 1996) نسبت مدول الاستیسیته بافت داخلی خربزه را به

- خواص مکانیکی هندوانه تحت تاثیر اندازه و رقم به مدول الاستیسیته بافت قرمز هندوانه با افزایش اندازه طور معنی داری تغییر می کند.
- استحکام پوست هندوانه، در جهت عرضی بیش از کاهش می یابد که با نتایج به دست آمده در بخش خواص فیزیکی مطابقت دارد.
- جهت طولی آن است. بنابراین احتمال شکافتگی در پوست هندوانه کریمسون سوئیت نسبت به بارهای طول خط استوایی هندوانه بیش از جهت نصف النهار آن مکانیکی، در مقایسه با رقم چالستون گری، تحمل بیشتری دارد.

مراجع

- 1- Anon. 1978. United States Standards for Grades of Watermelons. USDA. Washington. D. C.
- 2- Anon. 1996. Specifications of watermelon. ISIRI. No.271. 3rd Ed. (in Farsi)
- 3- Anon. 2003. Compression test of food material of convex shape. ASAE. S368.4 DEC00.
- 4- Anon. 2003. Statistical and Information Dept. of Ministry of Jihad-e-Agriculture Agricultural Statistical Bulletin. Vol. 2. (in Farsi)
- 5- Anon. 2005. FAO. <http://www.fao.org>.
- 6- Chen, H., De Baerdemaeker, J. and Bellon, V. 1996. Finite element study of the melon for nondestructive sensing of firmness. Tran. of the ASAE. 39(3): 1057-1065.
- 7- Cooke, J. R. 1972. An interpretation of the resonant behavior of intact fruits and vegetables. Trans. of the ASAE. 15(6):1075-1080
- 8- Diezma-Iglesias, B., Ruiz-Altisent, M. and Barreiro, P. 2004. Detection of internal quality in seedless watermelon by acoustic impulse response. Biosystems Eng. 88(2): 221-230.
- 9- Huff, R. E. 1967. Tensile properties of kennebec potatoes. Trans. of the ASAE. 10(3): 414-419.
- 10- Jarimopas, B., Nunak, T. and Nunak, N. 2005. Electronic device for measuring volume of selected fruit and vegetables. Postharvest Biology and Tech. 35, 25-31.
- 11- Laurier, F. C. 2004. Design of a watermelon pulp and juice extraction machine. ASAE/CSAE Annual International Meeting. Canada.
- 12- Masoudi, H. 2004. Investigation of mechanical properties variation of three export varieties of apples during storage. M. Sc. Thesis. Tehran university. (in Farsi)
- 13- Mohsenin, N. N. 1986. Physical Properties of Food and Agricultural Materials. 2nd Ed. Gordon and Breach Sci. Pub. N. Y.

- 14- Nourain, J., Ying Yi-bin, Wang Jian-ping, Rao Xiu-qin, and YU Chao-gang. 2005. Firmness evaluation of melon using its vibration characteristic and finite element analysis. *J. of Zhejiang University Sci.* 6B (6):483-490.
- 15- Pitt, R. E. and Chen, H. L. 1983. Time-dependent aspects of strength and rheology of vegetative tissue. *Trans. of the ASAE.* 26 (4): 1275-1279.
- 16- Rosenfeld, D. I., Shmulevich, L. and Rosenhouse, G., 1991. Three-Dimensional simulation of acoustic response of fruit for firmness sorting. *ASAE Paper. No. 91-6046. st.*
- 17- Sitkei, G. 1986. *Mechanics of Agricultural Materials.* Elsevier. Amesterdam.
- 18- Sugiyama, J. 1998. Melon ripeness monitoring by portable firmness tester. *Trans. of the ASAE.* 41(1): 121-127.
- 19- Wang, R., Jiao Qunying, and Wei Deqiang. 2004. On the mechanical damage of grape using finite element analysis. *ASAE/CSAE Annual International Meeting. Canada.*

Comparing Physical and Mechanical Properties of Two Watermelon

Varieties: Charleston gray and Crimson sweet

H. Sadrnia, A. Rajabipour, A. Javadi, A. Jafari and Y. Mostofi

Watermelon is the largest fruit in volume and mass; these characters cause many problems in its transportation and handling. This research performed to determine and compare physical and mechanical properties in different sizes and varieties of watermelon in order to obtain parameters usable in transportation, handling, harvest and storage. A statistical factorial experiments in the form of completely randomize design (2×3) was used to determine the physical properties of watermelon such as mass, volume, dimensions, density, spherical coefficient and geometric mean diameter. Another statistical factorial experiments in the form completely randomize design ($2 \times 3 \times 4$) was used to determine mechanical properties of watermelon such as stress, strain, elasticity modules and toughness. The results were analyzed by SPSS V.9 software. It is found that increasing watermelon size tends to decrease spherical coefficient and density. The smallest size of Charleston gray had maximum density ($0.96\text{gr}/\text{cm}^3$) while the largest size of Crimson sweet had minimum density ($0.93\text{gr}/\text{cm}^3$) between treatments. Comparing mechanical properties in two varieties of watermelons showed that the mechanical properties of watermelons are significantly affected by size and variety.

Key words: Mechanical Properties, Physical Properties, Skin, Texture of Agricultural Material, Watermelon