



## تعیین مدول الاستیسیته و نسبت پواسون بخش‌های مختلف میوه‌ی خیار

فریبا دارائی<sup>۱</sup>، عباس همت<sup>۲\*</sup>

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۲. استاد، گروه مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، [ahemmat@cc.iut.ac.ir](mailto:ahemmat@cc.iut.ac.ir)

### چکیده

خیار یکی از پرمصرف‌ترین محصولات گلخانه‌ای است که ایران با تولید سالانه بیش از دو میلیون تن خیار پس از چین و ترکیه در رتبه سوم تولید این محصول در جهان قرار دارد لذا توجه به حفظ کیفیت میوه در مراحل برداشت و پس از آن امری ضروری است. تحقیق حاضر به منظور تعیین خواص فیزیکی و مکانیکی میوه‌ی خیار جهت تعیین پارامترهای تشخیص کیفیت و پارامترهای مورد نیاز در طراحی و ساخت ماشین‌های برداشت، حمل و نقل، فرآوری و انبارداری صورت گرفته است. آزمایشات در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. متغیرهای جرم، حجم، طول، چگالی و قطر بخش‌های مختلف خیار برای تعیین خواص فیزیکی اندازه‌گیری شدند. همچنین متغیرهای مدول الاستیسیته و ضریب پواسون به منظور تعیین خواص مکانیکی خیار، تعیین شدند. برای تعیین این پارامترهای مکانیکی آزمایش فشردگی تک محوری در دو حالت محصور و غیرمحصور انجام شد. تفاوت بین مدول الاستیسیته بخش گوشت و دانه در سطح احتمال ۰/۰۱ و نسبت پواسون آن‌ها در سطح احتمال ۰/۰۵ معنی‌دار بود.

**واژگان کلیدی:** خیار، ضریب الاستیسیته، نسبت پواسون

### مقدمه

خیار از گونه‌ی *Cucumissativus* و متعلق به خانواده‌ی کدوئیان (*Cucurbitaceae*) محصولی بسیار پرمصرف است، چرا که هم به صورت تازه خوری (به عنوان میوه و سالاد) و هم برای مصارف فرآوری مثل تهیه خیارشور مورد استفاده قرار می‌گیرد. خیار گیاهی یک‌ساله و محصول فصل گرم است و چون دمای هوا در کل سال برای کشت آن مطلوب نیست، پرورش گلخانه‌ای آن به منظور تولید و عرضه در تمام طول سال مورد توجه قرار گرفته است (مبلی و عقدک، ۱۳۹۰).

ایران با تولید سالانه بیش از دو میلیون تن خیار پس از چین و ترکیه در رتبه‌ی سوم تولید این محصول در جهان قرار دارد. حدود ۴ هزار هکتار گلخانه‌ی سبزی و صیفی در مناطق مختلف کشور وجود دارد و بیش از ۶۵۲ هزار تن محصولات سبزی و صیفی از آن‌ها برداشت می‌شود که خیار بالاترین میزان تولید محصولات گلخانه‌ای را به خود اختصاص داده است (خبر آنلاین، ۱۳۹۱). از این رو لازم است که با افزایش تولید این محصول کیفیت آن نیز ارتقا یابد، چرا که کیفیت میوه و سبزیجات از مسائل اساسی در مورد ارزش محصول هستند.



خيار محصولی است که دارای اقسام بسیار زیادی می‌باشد با تفاوت‌های ساختاری بسیار متنوع، که دانستن این تفاوت‌های ساختاری و کیفی ارقام مختلف می‌تواند کمک مفیدی برای تولیدکنندگان و حتی مصرف‌کنندگان باشد ولی متأسفانه با وجود تفاوت میان ارقام خیار، برداشت، حمل و نقل و فرآوری آن‌ها به روش‌های کاملاً یکسانی انجام می‌گیرد. همچنین خیار از بافت‌های مختلفی تشکیل شده که عبارتند از: پوست<sup>۱</sup>، بخش میانی یا گوشت<sup>۲</sup> و بخش داخلی یا محفظه دانه‌ها<sup>۳</sup>، که ویژگی‌های این بافت‌ها نیز با هم متفاوت است.

با توجه به فقدان اطلاعات علمی کافی درمورد ویژگی‌های کیفی میوه که نقش مهمی را در طراحی تجهیزات مورد نیاز برداشت، انتقال، انبارداری و فرآوری محصول ایفا می‌کند، تلاش برای تعیین این ویژگی‌ها به منظور کاهش صدمات و تلفات در حین هر یک از مراحل مذکور، ضروری به نظر می‌رسد. از اینرو تعیین خواص فیزیکی و مکانیکی میوه‌ی خیار ضروری می‌باشد.

غالب تحقیقاتی که در گذشته در زمینه خواص مکانیکی انجام گرفته از نوع مخرب و با هدف تعیین کیفیت بافت خیار بوده است. بافت میوه‌ی خیار تحت تاثیر بافت اجزا سازنده‌ی آن است، مخصوصاً سه بافت اصلی پوست، گوشت و محفظه دانه‌ها. به منظور تحلیل عینی بافت خیار، آزمایش‌های فشاری بر روی تمام سطح مقطع خیار انجام گرفت (Jeon and Breeneet ., 1972; Breeneet ., 1973). فشرده‌سازی مقطع اثرات مرکبی از سه بافت را نشان می‌دهد اما تمایزی بین اثرات بافت‌های مختلف قائل نمی‌شود (Thompson et al., 1982).

متداول‌ترین روش تحلیل بافت خیار استفاده از آزمون نفوذ می‌باشد. (Thompson et al., 1982) با انجام آزمون نفوذ به وسیله‌ی دستگاه تست جامع کشش و فشار و با استفاده از پرابی به قطر ۳/۲ میلی‌متر بر روی اسلایس‌هایی به ضخامت ۴/۸ میلی‌متر از خیارهای رقم Chipper، گزارش کردند که نیروی نفوذ در بخش گوشت خیار تقریباً ۵ برابر بزرگتر از آن در بخش دانه‌ها در خیارهایی با قطر ۴۰-۵۰ میلی‌متر بود.

(Dan et al. (2004) با استفاده از سنسور صفحه‌ای چند نقطه‌ای (سیستم MSS) که می‌تواند فشار اعمالی در هر نقطه را تعیین کند، به بررسی توزیع دوبعدی تنش در طی تغییر شکل قبل از شکست و در اولین شکست چهار رقم خیار ژاپنی پرداختند. این بررسی نشان داد که شدت تنش برای بافت‌های تشکیل دهنده‌ی خیار متفاوت است و الگوهای توزیع تنش ارقام با هم متفاوت است. (Kohyama et al. (2008) با استفاده از همین سنسورهای صفحه‌ای چند نقطه‌ای به بررسی بافت خیار ازدو روش گاز گرفتن با دندان و دستگاه پانچ و مقایسه‌ی دو روش پرداختند. آن‌ها دریافتند که با استفاده از هر دو روش، فشار لازم برای گسیختگی در قسمت گوشت میوه بیشتر، و فشار گسیختگی بخش هسته کمتر از فشار گسیختگی خیار کامل است.

در طی دو دهه‌ی اخیر، علاقه به کنترل ویژگی‌های بافت غذاهای گیاهی چه برای مصارف تازه و چه برای غذاهای فرآوری شده، افزایش یافته است (Waldron et al., 1997). علاوه بر طعم و مزه، سفتی یکی از فاکتورهای مهم در تعیین ویژگی‌های

<sup>1</sup> Exocarp

<sup>2</sup> Mesocarp

<sup>3</sup> Endocarp



غذاست (Szczeniak and Kleyn, 1963). مصرف کننده‌ها معمولاً یک خیار سفت و ترد را ترجیح می‌دهند (Thompson *et al.*, 1982). یکی از روش‌های حسی تعیین سفتی خیار فشار دادن میوه توسط انگشتان دست و توجه به مقدار فرورفتگی میوه است و چون این تغییر شکل برگشت پذیر است، نیروی وارده در محدوده‌ی رفتار الاستیک بوده است. حال اگر بخواهیم به صورت دستگاهی سفتی بافت را تعیین کنیم باید خواص الاستیک میوه را تعیین کنیم که از جمله خواص الاستیک جسم می‌توان به ضریب الاستیسیته و نسبت پواسون اشاره کرد. با توجه به این که تا کنون اطلاعاتی در مورد تعیین این پارامترها گزارش نشده است، بنابراین در مقاله‌ی حاضر به تعیین ضریب الاستیسیته و نسبت پواسون بخش‌های مختلف خیار می‌پردازیم.

### مواد و روش‌ها

این پژوهش در تابستان سال ۱۳۹۲ در محل آزمایشگاه مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد. میوه‌های خیار متعلق به رقم خصب ۲۲۷۵، از گلخانه‌ای واقع در شهر ابریشم که به صورت نشتی آبیاری شده و عملیات داشت در آن به طور منظم صورت گرفته، برداشت شد. تعداد هشت بوته به صورت تصادفی انتخاب شدند و از هر بوته، سه میوه‌ی تقریباً یکنواخت انتخاب شد. میوه‌ها در ساعات آغازین روز برداشت و به یخچال آزمایشگاه مذکور منتقل شدند. دو ساعت قبل از انجام آزمایشات خیارها از یخچال خارج شدند تا به دمای محیط برسند.

خواص فیزیکی نمونه‌ها شامل قطر (در سه قسمت نزدیک گلگاه، میانی و نزدیک ساقه‌گاه)، طول، جرم و حجم اندازه‌گیری شد. وزن هر نمونه توسط ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم و طول و قطر نمونه‌ها توسط یک کولیس دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. حجم هر نمونه با استفاده از روش جابجایی سیال توسط مزوری با دقت ۵ میلی‌لیتر اندازه گرفته شد. در تحقیق حاضر برای تعیین ضریب پواسون آزمایش فشار تک محوری در دو حالت محصور و غیرمحصور انجام شد و به دلیل بافت غیرهمگن میوه، آزمایشات هم در بخش گوشت و هم در بخش دانه‌ها به صورت جداگانه انجام شد. از بافت گوشت هر خیار دو نمونه‌ی استوانه‌ای با قطر ۷/۵ میلی‌متر و طول ۱۱ میلی‌متر ( $\frac{l}{d} = 1/46$ ) توسط نمونه‌گیر خارج شد که یکی برای آزمایش فشار تک‌محوری غیرمحصور و دیگری برای آزمایش محصور بکار برده شد. از بافت حفره‌ی دانه نیز دو نمونه‌ی استوانه‌ای با قطر ۱۲/۵ میلی‌متر و طول ۱۵ میلی‌متر ( $\frac{l}{d} = 1/2$ ) توسط نمونه‌گیر خارج شد. دو طرف هر نمونه‌ی استوانه‌ای با استفاده از یک دستگاه برش با تیغه‌هایی تیز به صورت کاملاً صاف و تخت برش داده شد.

برای انجام آزمایش‌های محصور بخش گوشت از یک استوانه‌ی توخالی با قطر داخلی ۷/۵ میلی‌متر و قطر خارجی ۳۰ میلی‌متر و یک سنبه‌ی فولادی هم‌اندازه‌ی قطر داخلی آن برای اعمال بارگذاری، استفاده شد. کف استوانه برای خارج کردن نمونه قابل جدا شدن بود و همچنین سوراخ ریزی در کف آن ایجاد گردید تا آب نمونه بتواند حین بارگذاری خارج شود (شکل ۱). همچنین برای انجام آزمایش‌های مربوط به بخش دانه از استوانه‌ای توخالی با قطر داخلی ۱۲/۵ میلی‌متر و قطر خارجی ۳۰ میلی‌متر و سنبه‌ای فولادی هم‌اندازه‌ی قطر داخلی استفاده شد. با توجه به این امر که بخش دانه‌ها آب بیشتری دارد، در این استوانه علاوه بر یک

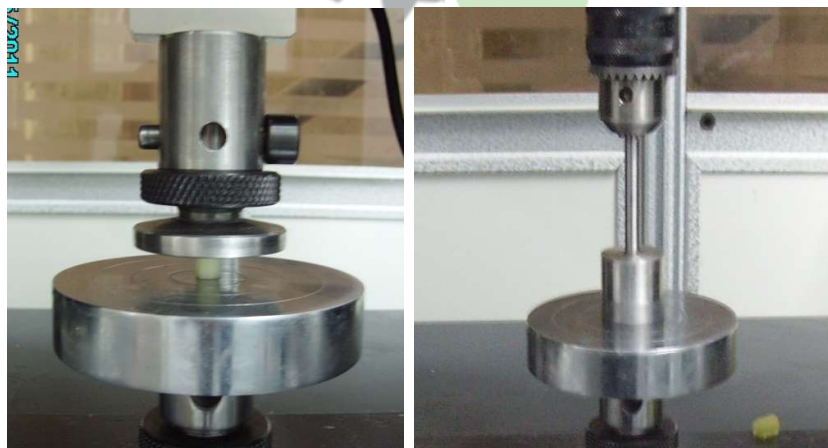


سوراخ در کف، ۴ سوراخ ریز در محیط استوانه و نزدیک به کف آن، ایجاد شد تا از خطا حین بارگذاری به دلیل تجمع شیرابه و ایجاد فشار در مایع، جلوگیری شود (شکل ۱).



شکل ۱. وسایل آزمایش محصور و غیرمحصور برای قسمت گوشت (سمت راست) و قسمت دانه‌ها (سمت چپ). ۱) نمونه گیر ۲) استوانه‌ای محصور ۳) کفی جداشده ۴) نمونه و ۵) سنبه

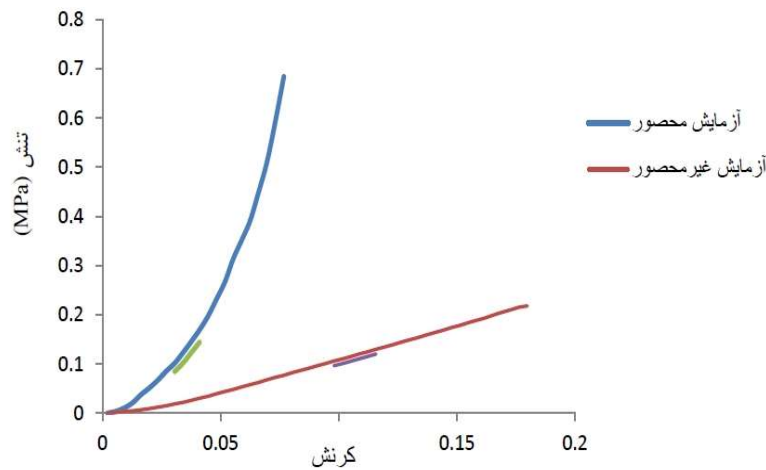
نمونه‌های تهیه شده برای آزمایش غیرمحصور مطابق شکل ۲ توسط دستگاه جامع کشش و فشار ستام در بین دو عدد صفحه تخت فولادی تحت بارگذاری با سرعت ۱۵ میلی‌متر بر دقیقه قرار گرفتند و به طور همزمان نمودار نیرو - تغییر شکل برای هر نمونه در نرم افزار رایانه‌ای مربوطه ترسیم گردید. سپس با تقسیم نیرو بر مساحت قاعده نمونه‌ی استوانه‌ای، تنش؛ و با تقسیم تغییر شکل نمونه بر طول اولیه نمونه کرنش محوری محاسبه شد. نمونه‌ای از منحنی‌های تنش-کرنش بافت‌ها در شکل ۳ نشان داده شده است. با استفاده از منحنی تنش-کرنش نمونه غیر محصور، ضریب الاستیسیته تعیین گردید. ضریب الاستیسیته (MPa) از شیب نمودار تنش-کرنش در یک مقدار تنش کوچک بدست آمد.



شکل ۲. شکل سمت راست: تست محصور، شکل سمت چپ: تست غیر محصور



نمونه‌های مورد نظر در آزمایش محصور، درون استوانه قرار گرفت و با سرعت ۱۵ میلی‌متر بر دقیقه بارگذاری شد و نمودارهای نیرو-تغییر شکل رسم شد. سپس نمودار تنش- کرنش آزمایش‌های غیر محصور و محصور در یک شکل رسم گردید و در یک تنش کم که نمونه هنوز الاستیک بود، شیب دو نمودار محاسبه گردید (شکل ۳). سپس نسبت پواسون محاسبه شد که در ادامه به نحوه‌ی به دست آوردن آن پرداخته می‌شود.



شکل ۳. نمونه‌ای از نمودار تنش-کرنش آزمایش‌های محصور و غیر محصور (بخش گوشت)

برای بدست آوردن نسبت پواسون از روش قیاسی و همکاران (۱۹۸۱) استفاده شد (Gyasi et al. 1981) که معادله‌ی آن طبق رابطه‌ی ۱ می‌باشد.

$$\frac{E}{E_T} = \frac{(1-\mu)(1-2\mu)}{(1+\mu)} \quad (1)$$

که  $E_T = \frac{\sigma_{11}}{\epsilon_{22}}$  مقدار ضریب الاستیسیته مقید (شیب منحنی تنش- کرنش) در آزمایش فشردگی محصور و E مقدار ضریب

الاستیسیته در آزمایش فشاری غیر محصور است. آنالیزهای آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS ورژن ۹ انجام شد.

## نتایج و بحث

مقادیر اندازه‌گیری‌شده‌ی برخی خواص فیزیکی خیار رقم خصب ۲۲۷۵ در جدول شماره‌ی ۱ آورده شده است. نسبت قطر در قسمت میانی میوه به قطر حفره‌ی بذر را اختصاراً نسبت قطری ذکر کردیم.



**جدول شماره ۱. مقادیر تعیین شده‌ی برخی خواص فیزیکی خیار رقم خصیب**

صفات مورد بررسی	میانگین	انحراف استاندارد	کمینه	بیشینه
جرم (گرم)	۱۳۶/۳۹	۱۵/۴۲۲۸۲	۱۱۰/۲۷	۱۹۱/۶۴
طول (میلی‌متر)	۱۶۲/۷۵	۱۱/۹۰۱۱۹	۱۴۲	۲۰۴
حجم (میلی‌لیتر)	۱۳۲/۱۸۷۵	۱۶/۹۴۳۰۷	۱۵۲	۲۰۰
چگالی (گرم/میلی‌لیتر)	۱/۰۲۷۶۵	۰/۰۷۶۱۲	۰/۸۹۳۳۶	۱/۲۱۱۱۳
قطر ساقه‌گاه (میلی‌متر)	۳۶/۷۱۰۶۳	۳/۴۹۶۷۸	۳۰/۵۸	۴۲/۷۹
قطر میانی (میلی‌متر)	۳۶/۱۶۴۳۸	۳/۲۶۲۱۳	۳۲/۲۶	۴۱/۹۲
قطر گل‌گاه (میلی‌متر)	۳۳/۹۰۳۷۵	۳/۶۸۶۷۵	۳۰/۱	۴۱/۶۱
قطر حفره بذری (میلی‌متر)	۱۹/۴۱۱۸۸	۱/۰۷۰۶۶	۱۶/۷	۲۱/۹۵
نسبت قطری	۱/۸۶۶۳۱	۰/۱۳۳۲	۱/۶۳۱۸۲	۲/۰۸۱۰۴

همانطور که از جدول ۱ هم پیداست میوه‌ها دارای جرم میانگین ۱۳۶/۳۹ گرم، طول میانگین ۱۶۲/۷۵ میلی‌متر، حجم میانگین ۱۳۲/۱۹ میلی‌لیتر و چگالی ۱/۰۲۸ گرم بر میلی‌لیتر بودند. میانگین قطر میوه‌ها در ساقه‌گاه ۳۶/۷۱ میلی‌متر، در بخش میانی ۳۶/۱۶ میلی‌متر و در بخش گلگاه ۳۳/۹۰ میلی‌متر بود. قطر حفره بذری نیز به طور میانگین ۱۹/۴۱ میلی‌متر بود و متوسط نسبت قطر قسمت میانی میوه به قطر حفره‌ی بذر ۱/۸۶۶۳ بود. مقادیر اندک انحراف استاندارد بیانگر یکنواختی متغیرها در میوه‌هاست، که این یکنواختی در چگالی و نسبت قطری بسیار بالاست. در جدول ۲، مقادیر برخی خواص مکانیکی گوشت و بخش دانه‌ی خیار رقم خصیب آورده شده است. رابطه (correlation) بین این متغیرها برای قسمت دانه‌ها در جدول ۳، و برای قسمت گوشت در جدول ۴ قابل مشاهده است.

**جدول ۲. مقادیر تعیین شده‌ی برخی خواص مکانیکی بخش دانه و بخش گوشت**

متغیرها	میانگین	انحراف استاندارد	کمینه	بیشینه
مدول محصور اندوکارپ (مگاپاسکال)	۰/۸۶۰۱۶	۰/۷۰۲۰۵	۰/۱۳۳۶	۲/۵۲۴۶
مدول غیرمحصور اندوکارپ (مگاپاسکال)	۰/۲۰۴۷۵	۰/۰۷۰۲۲	۰/۰۴۹۸	۰/۳۰۱
نسبت پواسون اندوکارپ	۰/۳۳۱۰۹	۰/۱۲۱۷۴	۰/۰۳۵۷۲	۰/۴۲۱۴۲
مدول محصور مزوکارپ (مگاپاسکال)	۷/۵۸۰۲۱	۳/۸۶۹۱	۳/۸۲۸۹	۱۸/۲۰۵
مدول غیرمحصور مزوکارپ (مگاپاسکال)	۱/۲۶۸۳۷	۰/۲۶۴۸۴	۰/۹۴۵۱	۱/۷۶۹۵
نسبت پواسون مزوکارپ	۰/۴۰۳۳۸	۰/۳۶۲۷	۰/۲۲۹۰۵	۱/۶۹۶۹۶



همانطور که از جدول ۲ نیز پیداست به طور میانگین مدول محصور بخش دانه ۰/۸۶۰۱ مگاپاسکال، مدول غیرمحصور آن ۰/۲۰۴۷ مگاپاسکال و نسبت پواسون آن ۰/۲۳۱۰ می‌باشد. همچنین متوسط مدول محصور بافت گوشت ۷/۵۸۰۲ مگاپاسکال، متوسط مدول غیرمحصور آن ۱/۲۶۸۳ و نسبت پواسون میانگین آن ۰/۴۰۳۳ است.

### جدول ۳. رابطه‌ی بین خواص فیزیکی میوه و خواص مکانیکی بخش دانه

متغیرها	چگالی (گرم/میلی‌لیتر)	نسبت قطری	ضخامت گوشت (میلی‌متر)	مدول محصور (مگاپاسکال)	مدول غیرمحصور (مگاپاسکال)	نسبت پواسون
چگالی	۱					
نسبت قطری	۰/۵۵۵۲*	۱				
ضخامت گوشت	۰/۲۴۳۶۱	۰/۴۲۳۷۱	۱			
مدول محصور	۰/۴۶۷۹	۰/۲۰۷۴۸	۰/۲۷۱۰۱	۱		
مدول غیرمحصور	۰/۳۱۸۶	۰/۰۶۴۱۶	۰/۱۲۵۲۷	۰/۰۹۶۴	۱	
نسبت پواسون	۰/۳۰۱۶	۰/۱۰۴۲	۰/۰۹۰۴	۰/۸۲۸**	۰/۳۰۸*	۱

\* و \*\*: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و یک‌درصد.

همبستگی معنی‌دار بین چگالی و نسبت قطری (۰/۵۵۵۱) نشان می‌دهد که با افزایش نسبت قطر میوه به قطر بخش دانه، چگالی افزایش می‌یابد که این امر بیانگر چگالی بالاتر و نتیجتاً متراکم‌تر بودن بافت گوشت نسبت به بافت محفظه دانه می‌باشد و نشان می‌دهد که حجم منافذ پر از هوای بافت اندوکارپ بیشتر از بافت گوشت است. نسبت پواسون در سطح ۰/۰۱ با شیب نمودار در آزمایش غیرمحصور با ضریب ۰/۸۲۷۵، همبستگی معنادار دارد.

### جدول ۴. رابطه‌ی بین خواص فیزیکی میوه و خواص مکانیکی بخش گوشت

متغیرها	چگالی	نسبت قطری	ضخامت گوشت (میلی‌متر)	مدول محصور (مگاپاسکال)	مدول غیرمحصور (مگاپاسکال)	نسبت پواسون
چگالی	۱					
نسبت قطری	۰/۵۵۵۱۹*	۱				
ضخامت گوشت	۰/۲۷۶۰۱	۰/۳۴۴۳۱	۱			
مدول محصور	۰/۳۷۳۷	۰/۰۰۳۲۶	۰/۰۱۳۸۶	۱		
مدول غیر محصور	۰/۱۴۹۵۳	۰/۲۸۸۴۲	۰/۱۳۴۰۳	۰/۱۰۶۴۳	۱	
نسبت پواسون	۰/۲۰۱۰۱	۰/۰۹۵۹۸	۰/۰۶۴۴۸	۰/۱۶۵۳*	۰/۲۹۵۶۶	۱

\* و \*\*: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و یک‌درصد.



همبستگی نسبت پواسون و مدول محصور در سطح ۵ درصد معنی دار است (۰/۱۶۵۳).

برای درک این مطلب که آیا تفاوت مدول الاستیسیته و نسبت پواسون در بخش‌های گوشت و محفظه دانه، معنی دار است یا نه از آزمون T استفاده شد، که نتایج آن در جدول ۵ آورده شده است.

جدول ۵- نتایج آزمون T

متغیر	روش	وارianس	درجه آزادی	مقادیر t	احتمال
نسبت پواسون	Pooled	جفت شده	۱۴	*۲/۴۴	۰/۰۲۸۸
نسبت پواسون	Satterthwaite	جفت نشده	۹/۳۱	*۲/۴۴	۰/۰۳۶۸
مدول الاستیسیته	Pooled	جفت شده	۱۴	**۱۵/۹۴	<۰/۰۰۰۱
مدول الاستیسیته	Satterthwaite	جفت نشده	۸/۴۵	**۱۵/۹۴	<۰/۰۰۰۱

\* و \*\*: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و یک درصد.

همانطور که از جدول ۵ پیداست، تفاوت بین مدول الاستیسیته بخش گوشت و دانه در سطح احتمال ۰/۰۱ و نسبت پواسون آن‌ها در سطح احتمال ۰/۰۵ معنی دار است (چه در حالت جفت شده و چه جفت نشده). مدول الاستیسیته‌ی بیشتر برای قسمت گوشت نشان می‌دهد که این بخش، بافت تردتری داشته و سفتی آن بیشتر است. همچنین نسبت پواسون پایین‌تر محفظه دانه نشان‌دهنده‌ی تراکم پذیری بالاتر این بخش است. تراکم پذیری بیشتر این بخش ثابت می‌کند که حجم منافذ پر از هوای این بافت بیشتر از بافت گوشت است.

### نتیجه گیری کلی

خيار از بافت‌های مختلفی تشکیل شده که ویژگی‌های این بافت‌ها نیز با هم متفاوت است. همبستگی معنی دار بین چگالی و نسبت قطری نشان داد که با افزایش نسبت قطر میوه به قطر حفره دانه، چگالی افزایش می‌یابد که این امر بیانگر چگالی بالاتر و متراکم‌تر بودن بافت گوشت نسبت به بافت محفظه دانه می‌باشد. تفاوت بین مدول الاستیسیته بخش گوشت و دانه در سطح احتمال ۰/۰۱ و نسبت پواسون آن‌ها در سطح احتمال ۰/۰۵ معنی دار بود. همچنین مدول الاستیسیته‌ی بالاتر بخش گوشت بیانگر سفتی بالای این بافت و تردی آن است. با کاهش نسبت قطر میوه به قطر محفظه‌ی دانه، سفتی بافت محفظه دانه کاهش می‌یابد که این امر احتمالاً به کاهش تراکم بافت و نیز تفکیک بافت منطقه‌ی دانه توسط فرآیند طبیعی پلی‌گالاکتروناز به خاطر بزرگ شدن<sup>۱</sup> در طی مراحل پایانی رشد میوه مربوط است (Mcfeeters, 1980). همچنین نسبت پواسون پایین‌تر محفظه دانه نشان‌دهنده‌ی تراکم پذیری بالای این بخش است، و این یعنی حجم منافذ پر از هوا در بخش دانه بیشتر از بخش گوشت است.

<sup>1</sup> endopolygalacturonase



## فهرست منابع

۱. میلی، م. و پ، عقدک. ۱۳۹۰. تکنولوژی پرورش سبزیهای گلخانه ای. انتشارات ارکان دانش اصفهان.
2. Bourne, M. C. 2002. Food Texture and Viscosity (2nd edn). Academic Press, New York.
3. Breene, W. M., D. W. Davis, and H. E. Chou. 1972. Texture profile analysis of cucumbers. Journal of Food Science 37:113-117 .
4. Chapell, T. W. and D. D. Hamann. 1967. Poisson's ratio and Young's modulus for apple flesh under compressive loading. Transactions of the ASAE 15: 608-610.
5. Dan, H., K. Okuhara and K. Kohyama. 2004. Visualization of planar stress distributions in cucumber cultivars using a multiple-point sheet sensor. Journal of the Science of Food and Agriculture 84: 1091-1096.
6. Gyasi, S.L., R. B. Fridley and P. Chen. 1981. Elastic and Viscoelastic Poisson's Ratio Determination for Selected Citrus fruits. Transactions of the ASAE 24:747-750.
7. <http://www.khabaronline.ir/detail/25381> . Accessed on 5/7/2013.
8. Jeon I. J. and W. M. Breene. 1973. Texture of cucumbers: correlation of instrumental and sensory measurements. Journal of Food Science 38:334-337.
9. Kohyama, K., A. Nagata, Y. Tamakib, and N. Sakurai. 2009. Comparison of human-bite and instrument puncture tests of cucumber texture. Postharvest Biology and Technology 52:243-246
10. Mcfeeters, R. F., Bell, T. A. and Fleming, H. P. 1980. An endopolygalacturonase in cucumber fruit. Journal of Food Biochemical 4: 1-16.
11. Szczesniak A. S. and D. H. Kleyn. 1963. Consumer awareness of texture and other food attributes. Food Technology 17 :74-77.
12. Thompson R. L., H. P. Fleming, D. D. Hamann and R. J. Monroe. 1982. Method for determination of firmness in cucumber slices. Journal of Texture Studies 13:311-324.



13. Waldron K. W., A. C. Smith, A. J. Parr, A. Ng, and M. L. Parker. 1997. New approaches to understanding and controlling cell separation in relation to fruit and vegetable texture. Trends of Food Science Technology 8:213–221.

## DeterminatinElastic Modulus and Poison`s Ratio of Diferent Parts of Cucumber Fruit

Fariba Daraee<sup>1</sup> Abbas Hemmat<sup>2\*</sup>

1- MSc Student, Department of Mechanical Engineering of agricultural Machinery, Isfahan University of Technology

2- Professor, Department of Mechanical Engineering of agricultural Machinery, Isfahan University of Technology, ahemmat@cc.iut.ac.ir

### Abstract

Cucumber is one of the most consumed greenhouse products. Iran, with an annual production of over two million tons of cucumbers after China and Turkey ranks third in the world production. Therefore, to maintain quality of the fruit at harvest and postharvest is essential. The present research is to determine the physical and mechanical properties of cucumber fruit, in order to determine the quality diagnostic parameters and parameters required in designing and manufacturing machines for harvesting, transport, processing and storage has taken place. Experiments were conducted in a completely randomized design. Variables mass, volume, length, density and diameter of Different parts of cucumber to determine the physical properties were measured. Also, modulus of elasticity and Poisson's ratio Variables were determined in order to determine the mechanical properties of cucumber. To determine the mechanical parameters, uniaxial compression tests in both confined and unconfined states were performed. The difference between the modulus of elasticity of mesocarp and endocarp at 1% level of probability and theirs Poisson's ratio was significant at the 5% level.

**Key words** : cucumber, elastic modulus , Poisson's ratio