نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹٤ – کرج

# تعیین برخی خواص فیزیکی و مکانیکی گوجه ایلامی حین بارگذاری شبه استاتیکی

**فرشید مرزبانی [1*]، مرتضی قاری[1] ، مجتبی خالدی نیا[1] و عادل حسین پور[2]**
۱ و ۲ – به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و عضو هیئت علمی گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه ایلام
ایمیل مکاتبه کننده: fmarzbany@gmail.com

**چکیده**

در این تحقیق برخی خواص فیزیکی و مکانیکی ۵۰ عدد گوجه بومی ایلام تحت شرایط استاندارد و در سه تکرار اندازه‌گیری شد. خواص فیزیکی گوجه ایلامی شامل میانگین جرم، حجم، ابعاد (طول، عرض و ضخامت)، میانگین قطر هندسی، میانگین قطر حسابی، میانگین قطر معادل، درصد کرویت، دانسیته، نسبت رعنایی و سطح رویه و خواص مکانیکی نمونه‌ها در هنگام برش و لهیدگی از وسط بعد طولی آن به وسیله دستگاه تست اینسترون تحت شرایط استاندارد اندازه‌گیری گردید. همچنین در تست لهیدگی، مقادیر میانگین حداکثر نیروی لازم برای لهیدگی، تغییر شکل نمونه هنگام اعمال حداکثر نیرو تحت بارگذاری عمودی در تست برش، میانگین حداکثر نیروی لازم برای برش، نیروی پیش فرض در هنگام تغییر شکل، تنش برشی پیش فرض در هنگام تغییر شکل برشی، مقاومت برشی، تغییر شکل برشی در هنگام اعمال حداکثر نیرو و مدول برشی اندازه گیری شد.

**واژه‌های کلیدی:** برش، لهیدگی، خواص فیزیکی و مکانیکی، گوجه ایلامی

## مقدمه

گوجه فرنگی[1] گیاهی است بومی کشور پرو در آمریکای جنوبی که در اواسط قرن شانزدهم به اروپا وارد گردید و مدتهای مدیدی به عنوان یک گیاه زینتی مورد استفاده قرار می‌گرفت تا اینکه در اواخر قرن هجدهم به عنوان یک گیاه با مصرف خوراکی شناخته شد. اهمیت گوجه فرنگی و مطرح شدن آن به صورت امروزی به علت وجود انواع ویتامین‌ها و املاح معدنی است که به مقادیر زیاد در آن یافت می‌شود و از آنجا که عوامل مختلفی از قبیل عوامل بیولوژیکی، زیست محیطی، شرایط کاشت، داشت، برداشت و نوع انبارداری بر ویژگی‌های مختلف محصول تولیدی تاثیر می‌گذارند و همچنین به منظور طراحی بهینه ادوات فرآوری، انبارداری و حمل و نقل تعیین ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی گوجه فرنگی مفید می‌باشد. تحقیقات زیادی در این زمینه بر روی محصولات مختلف انجام شده است. بهنساوی[2] برخی از خواص فیزیکی و مکانیکی

[1] Solanum lycopersicum
[2] Bahnasawy

پیاز مورد مطالعه قرار دادند این خواص شامل ابعاد خطی، میانگین قطر هندسی و حسابی، سطح رویی جلویی، حجم، وزن، دانسیته ظاهری، ضریب استاتیک ایستایی، زاویه غلتش، نیروی خورد شدگی و تست سوراخ بود (بهنساوی و همکاران، ۲۰۰٤). طباطبایی و همکاران[3] استحکام برشی استاتیکی و دینامیکی ساقه برنج مورد مطالعه قرار گرفت که در اندازه گیری نیروی برش استاتیکی از وزن آب و در اندازه گیری نیروی برش دینامیکی از کرنش سنج های نصب شده روی بازو انتقال نیرو استفاده شد(طباطبایی و همکاران، ۲۰۰٦). علی باتو [4] سفتی گوجه‌فرنگی را از مهمترین فاکتورهای تعیین کیفیت گوجه فرنگی می‌داند. روش‌های قراردادی برای آزمون سفتی میوه‌ها و سبزی‌ها بر پایه آزمایش‌های فشاری است. در آزمون نفوذ که یک آزمون فشاری است، یک پرب که سرعت آن ثابت و خیلی کم است بر نمونه وارد می‌شود، که از آن به تست شبه استاتیکی یاد می‌کنند (باتو وهمکاران، ۱۹۹٦). جانگ[5] خواص مکانیکی ساقه سیر را جهت توسعه یک ماشین برداشت غده سیر مورد بررسی قرار داد (جانگ و همکاران، ۲۰۰۵). به‌منظور کسب اطلاعات جهت طراحی ماشین‌های برداشت و پس‌ازبرداشت و ماشین‌های بسته‌بندی و درجه‌بندی، فرآوری و حمل‌ونقل محصولات و... نیاز به تحقیقاتی در زمینه خواص فیزیکی و مکانیکی وجود دارد که بر این اساس در این تحقیق برخی ویژگی‌های فیزیکی گوجه‌فرنگی ایلام شامل: جرم، حجم، ابعاد(طول، عرض و ضخامت)، میانگین قطرهندسی، میانگین قطر حسابی، میانگین قطر معادل، درصد کرویت، دانسیته، نسبت رعنایی و سطح رویه و همچنین ویژگی‌های مکانیکی آن ازجمله برش و لهیدگی به وسیله دستگاه زوئیک تحت شرایط استاندارد اندازه گیری گردید.

**مواد و روش‌ها**

اندازه گیری نمونه ها در آبان ماه ۱۳۹۲ در آزمایشگاه گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه ایلام انجام شد. بدین منظور نمونه‌ها به صورت تصادفی از بازار ایلام تهیه گردید. سپس به صورت دستی تمیز نموده و برای ۲٤ ساعت در دمای اتاق (۱±۲۰ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ٦۳ الی ٦۰ درصد) نگهداری شدند. خواص فیزیکی بر روی ۵۰ عدد گوجه ایلام بررسی گردید. ابعاد میوه a (بزرگ ترین بعد)، b (بزرگ ترین بعد عمود بر a )، و c (بزرگ ترین بعد عمود بر a و b) به وسیله کولیس دیجیتال ، ( DC-515 Model, Lutron, Taipei, Taiwan) با دقت ۰/۰۱ میلیمتر به دست آمدند. سپس قطر میانگین هندسی (dg)[6] به صورت زیر محاسبه شده است:

(1)

$$d_g = \sqrt[3]{abc}$$

کرویت ($S_p$) از رابطه ی زیر بدست می آید

(2)

$$S_p = \frac{d_g}{a}$$

[3] Tabatabaee
[4] Batu
[5] Jung
[6] Geometric mean diameter

که کرویت گوجه می‌باشد. مساحت سطح رویه از رابطه زیر بدست آمد:

(3)

$$S = \pi(d_g{}^2)$$

نسبت رعنایی($R_a$) از رابطه زیر بدست آمد:

(4)

$$R_a = \frac{b}{a}$$

جرم نمونه ها توسط یک ترازوی حساس دیجیتالی (GF600 Model, A&D, Alviso, USA) با دقت ۰/۰۱گرم اندازه گیری شد. برای تعیین حجم گوجه ها، یک ظرف آب روی ترازو قرار داده، سپس نمونه را در آب غوطه ور نموده و جرم آب جابجا شده تعیین شد. با استفاده از رابطهٔ زیر حجم آب جابجا شده بدست آمد:

(5)

$$v = \frac{w_w}{p_w}$$

در نهایت جرم حجمی گوجه از رابطه زیر به دست آمد:

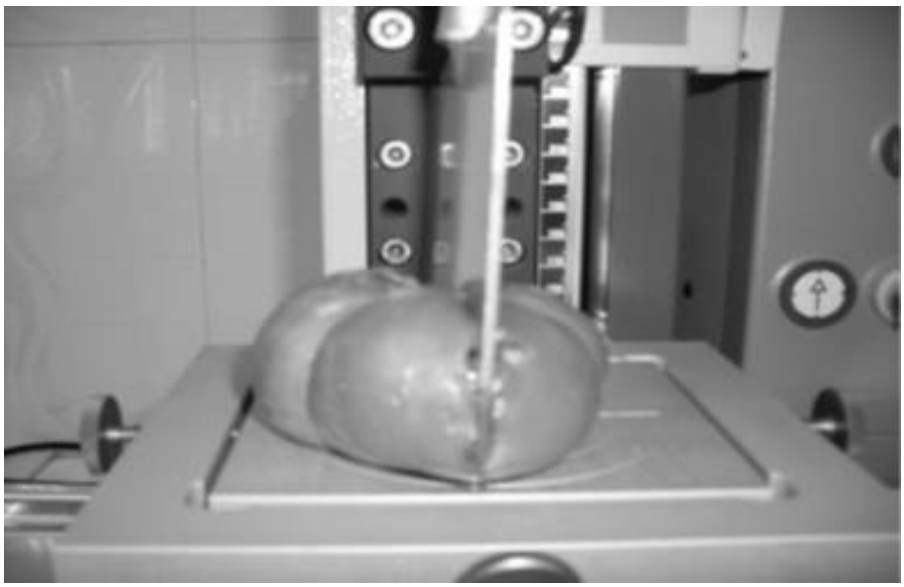
(6)

$$P_t = \frac{M}{V}$$

که $W_w$ جرم آب جابجا شده، $P_w$جرم حجمی آب ، $P_t$ جرم حجمی واقعی $g/cm^3$، M جرم (g)، V حجم $(cm^3)$ است.

جرم نمونه ها توسط یک ترازوی حساس دیجیتالی (GF600 Model, A&D, Alviso, USA) با دقت ۰/۰۱گرم اندازه گیری شد. برای تعیین حجم گوجه ها، یک ظرف آب روی ترازو قرار داده، سپس نمونه را در آب غوطه ور نموده و جرم آب جابجا شده تعیین شد. با استفاده از رابطهٔ زیر حجم آب جابجا شده بدست آمد:**نکته:** استناد به منابع با اسامی انجام شود نه با شماره. چنانچه نام مشخص برای تعیین ویژگی های مکانیکی، نمونه گوجه در دو تست لهیدگی (شکل۱) و برش (شکل۲) مورد ارزیابی قرار گرفت. بر این اساس حداکثر نیروی لازم برای لهیدگی و تغییر شکل هنگام اعمال حداکثر نیرو تحت بارگذاری عمودی در دمای اتاق اندازه گیری شد. ازطرفی در تست برش با تیغه ی لبه‌صاف به ضخامت۱/٤ میلی متر، حداکثر نیروی لازم برای برش، نیروی پیش فرض در هنگام تغییر شکل، تنش برشی پیش فرض در هنگام تغییر شکل برشی، مقاومت برشی، تغییر شکل برشی در هنگام اعمال حداکثر نیرو و مدول بر اساس استاندارد ٥٣٢٩٤ DIN اندازه گیری گردید. برای انجام هر یک از آزمونهای فوق بارگذاری در سه تکرار و در وسط بعد طولی گوجه اعمال گردید. برای

انجام این آزمایش ها از دستگاه تست مواد غذایی اینسترون (زوییک روئل) مدل Z 0.5 استفاده گردید که همزمان به رایانه متصل بوده و داده برداری صورت می‌گرفت.نیست از واژه بی‌نام استفاده گردد.



شکل۱- تست برش گوجه حین بارگذاری شبه استاتیکی

شکل۲- تست لهیدگی گوجه حین بارگذاری شبه استاتیکی

## نتایج و بحث

مقادیر میانگین، بیشترین، کمترین و CV خواص فیزیکی ۵۰ عدد گوجه ایلامی در جدول۱ آورده شده است. براساس نتایج، مقادیر میانگین خواص اندازه‌گیری شده (طول، عرض، ضخامت، قطر میانگین حسابی و معادل و هندسی، کرویت، مساحت سطح، نسبت رعنایی، جرم، حجم و جرم حجمی) به ترتیب برابر ٦٦ میلیمتر، ۵۵/۱۳ میلیمتر، ۳۸/۸ میلیمتر، ٤۷/۹۳ میلیمتر، ۵۲/۵۳ میلیمتر، ۵۱/۹

میلیمتر، ۰/۷۹ میلیمتر، ۸۵۵۲/٦ میلیمتر مربع ۰/۸۳ و ۹٤/۱۵ گرم، ۹۳/۸۳ میلیمترمکعب و ۱/۰۰۳ گرم بر میلیمترمکعب بود. محسنین و اوموبواجو [۷] و همکارانش درباره اهمیت این خواص برای تعیین اندازه ماشین آلات، خصوصا ماشین آلات جداسازی وسورتینگ بحث و تحقیق کرده و بر اهمیت آن‌ها تاکید نموده اند (محسنین وهمکاران، ۱۹۸٦.، اموبواجو وهمکاران، ۲۰۰۰).

جدول۱ . برخی خواص فیزیکی گوجه

| خواص فیزیکی گوجه | میانگین | بیشترین | کمترین | $cv\%$ |
|---|---|---|---|---|
| طول $(mm)$ | ٦٦ | ۷۹ | ۵۲ | ۱۲/۲۱ |
| عرض$(mm)$ | ۵۵/۱۳ | ۷۰ | ٤۰ | ۱٦/۵۵ |
| ضخامت $(mm)$ | ۳۸/۸ | ٤٦ | ۳۱ | ۱۰/٤۵ |
| قطر میانگین حسابی$(mm)$ | ٤۷/۹۳ | ۵۷/٦ | ٤۰/۸ | ۱۰/۹۵ |
| قطر میانگین معادل $(mm)$ | ۵۲/۵۳ | ٦۳/٤٦ | ٤۳/۹۸ | ۱۱/۱۲ |
| قطر میانگین هندسی $(mm)$ | ۵۱/۹۰ | ٦۲/۵٤ | ٤۳/۵۵ | ۱۰/۵۸ |
| کرویت | ۰/۷۸۹۹ | ۰/۷۰۲۵ | ۰/۰۰۳٦ | ۰/٦۱٤۱ |
| مساحت سطح $(mm^2)$ | ۸۵۵۲/٦ | ۱۲۲۹۱/۲۵ | ۵۹٦۰/۷ | ۲۱/۰٦ |
| نسبت رعنایی | ۰/۸۳٦۹ | ۰/۹۵۳۸ | ۰/٦۳۰۱ | ۱۲/۵٦ |
| جرم (gr) | ۹٤/۱۵ | ۱٤۰/۹۱ | ۵۷/۵٤ | ۲۷/۳۷ |
| حجم $(mm^3)$ | ۹۳/۸۳۵ | ۱٤۰/۷۸ | ۵۷/۵ | ۲۷/۳ |
| جرم حجمی $(gr/mm^3)$ | ۱/۰۰۳۰٦ | ۱/۰۲۲ | ۰/۹۹۰٤ | ۰/۹۸٤۱ |

مقادیر میانگین، بیشترین، کمترین و CV خواص مکانیکی گوجه ایلامی در حین بارگذاری شبه استاتیکی در تست لهیدگی و برش به ترتیب در جداول ۲ و ۳ آورده شده است. براساس نتایج به دست آمده مقادیر میانگین خواص اندازه‌گیری شده در تست لهیدگی، حداکثر نیروی لازم برای لهیدگی و تغییر شکل در لحظه اعمال حداکثر نیرو به ترتیب برابر با ۱٤٤ /۰۷ نیوتن و ۲۰/۵۸ میلیمتر و در تست برش، حداکثر نیروی لازم برای برش، نیروی پیش فرض در هنگام تغییر شکل، تنش برشی پیش فرض در هنگام تغییر شکل برشی، مقاومت برشی، تغییر شکل برشی در هنگام اعمال حداکثر نیرو و مدول برشی به ترتیب برابر با ۹۹/۳٦ نیوتن، ۲۲/٦٦ نیوتن،۰/۰۰۰۵٦ نیوتن در میلیمتر مربع، ۰/۰۰۲۸٤ نیوتن در میلیمتر مربع، ۱٦/۳۲ میلیمتر و ۰/۰۰۳۲ نیوتن در میلیمتر مربع به‌دست آمد.

[7] Mohsenin and Omobuwajo

جدول 2- خواص مکانیکی گوجه حین بارگذاری شبه استاتیکی در تست لهیدگی

| خواص مکانیکی گوجه در تست لهیدگی | میانگین | بیشترین | کمترین | $cv\%$ |
|---|---|---|---|---|
| Fmax(N) | ۱۴۴/۰۷ | ۱۸۲ | ۸۷/۵ | ۲۵/۹۸ |
| dL at Fmax(mm) | ۲۰/۵۸ | ۲۳/۴ | ۱۸/۹ | ۶/۸۸ |

جدول ۳- خواص مکانیکی گوجه حین بارگذاری شبه استاتیکی در تست برش

| **خواص مکانیکی گوجه در تست برش** | **میانگین** | **بیشترین** | **کمترین** | $cv\%$ |
|---|---|---|---|---|
| $Fb$ حداکثر نیروی لازم برای برش $(N)$ | ۹۹/۳۶ | ۱۱۲ | ۸۲/۲ | ۱۳/۷۹ |
| $F10$ نیروی پیش فرض در هنگام تغییر شکل $(N)$ | ۲۲/۶۶ | ۲۴/۲ | ۲۰/۳ | ۶/۶۱ |
| $T10$ تنش برشی پیش فرض در هنگامتغییرشکل برشی $(N.mm^2)$ | ۰/۰۰۰۵۶ | ۰/۰۰۰۶ | ۰/۰۰۰۵ | ۶/۵۴ |
| $Tb$ مقاومت برشی $(N.mm^2)$ | ۰/۰۰۲۸۴ | ۰/۰۰۲۸ | ۰/۰۰۲ | ۱۳/۷۱ |
| $Vb$ تغییر شکل برشی در هنگام اعمال حداکثر نیرو $(mm)$ | ۱۶/۳۲ | ۱۹/۵۲ | ۱۳/۲۷ | ۱۴/۴۹ |
| $Gk$ مدول برشی $(N.mm^2)$ | ۰/۰۰۳۲ | ۰/۰۰۳۹ | ۰/۰۰۲۶ | ۱۵/۱۹ |

## نتیجه‌گیری

وجود اطلاعاتی در زمینه خواص فیزیکی و مکانیکی محصولات کشاورزی می‌تواند در طراحی ماشین‌های مورد نیاز در عملیات کاشت، داشت، برداشت و پس از برداشت مفید باشد. همچنین این اطلاعات در عملیات انتقال، جداسازی، درجه‌بندی هیدرولیکی، شستشوی میوه‌ها و سبزی‌ها، کیفیت‌سنجی، بسته‌بندی، نگهداری و فرآوری محصولات کشاورزی کاربرد فراوان دارند. گوجه‌فرنگی واریته‌های مختلف و متعددی دارد که هر کدام برای محصولات جانبی خاصی از آن استفاده می‌شود اما با توجه به نیروهای اندازه گیری شده در این مقاله برای گوجه‌فرنگی جهت بسته‌بندی و حمل و نقل و... و همچنین در برآورد میزان انرژی لازم برای برش و لهیدگی گوجه در کارخانه‌های رب‌گوجه، سس‌گوجه‌فرنگی و... و نیروهای لازم برای طراحی ماشین آلات داشت، برداشت و پس از برداشت این محصول، می‌تواند مفید واقع شود.

**منابع و مآخذ**

۱. Bahnasawy, A.H., El-Haddad, Z.A., El-Ansary, M.Y. and Sorour, H.M. 2004. Physical and mechanical properties of some Egyptian onion cultivars. Journal of Food Engineering 62. 255–261.
۲. Batu A. 1996. Some factors affecting on determination and measurement of tomato firmness, Transaction journal of agriculture and forestry. 22, 411-414.
۳. Jung, D. So. 2005. Mechanical characteristics of garlic scapes for developing mechanical Garlic bulbils harvester. ASAE Annual International Meeting Sponsored by ASAE Tampa Convention Center Tampa, Florida.
٤ Mohsenin, N.N. 1986. Physical Properties of Plant and Animal Materials, second ed. Gordon and Breach Science Publishers, New York.
٥. Omobuwajo T. O., Sanmi L. A. and Olajide, J. O. 2000. Physical properties of ackee apple seeds. Journal of Food Engineering, 45, 43–48.
٦. Omobuwajo, T. O. Sanmi and L. A. Olajide, J. O. 2000. Physical properties of ackee apple seeds, Journal of Food Engineering, 45, 43–48.

# Determination of some physical and mechanical properties during the Elamite tomatoes static load

## Abstract

In this study some physical and mechanical properties of 50 figure native tomatoes of ilam under standard conditions was measured in three times. Physical properties include tomatoes Elamite mass Average, volume, dimensions, (length, width and diameter) geometry diameter average, arithmetic diameter average, Equivalent diameter average, sphericity percent, density, Rnayy Ratio and surface procedure and Mechanical properties of the samples during cutting and decay of Center its length dimensions by Testing machine Instron testing were measured under standard conditions. Also in The decay test, required amounts The force maximum average for the decay, The maximum force exerted during the sample deformation under vertical load applied in the shear test, force maximum Average required for the shear, The default force during deformation, Default shear stress during shear deformation, Shear strength, Shear deformation during force maximum applied and Shear modulus Were measured.

**Keywords:** cut, rot, physical and mechanical properties, tomato Elamite