

تعیین برخی خواص فیزیکی و مکانیکی کدو مسمایی جهت فرآیند سرزنی

محمد طهماسبی¹، محمد هادی خوش تقاضا^{2*}، تیمور توکلی هشجین³

1- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

2- دانشیار گروه مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

3- استاد گروه مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

(تاریخ دریافت: 87/9/3 تاریخ پذیرش: 88/7/24)

چکیده

برای فرآوری محصولات کشاورزی از جمله سبزیجات نیاز به اطلاعات کافی از خواص فیزیکی و مکانیکی آنها می‌باشد. هدف در این تحقیق تعیین خواص فیزیکی و مکانیکی مرتبط با روند سرزنی کدو مسمایی بوده است. خواص فیزیکی اندازه‌گیری شده شامل طول، جرم، قطر از سر، قطر از دم، حجم، چگالی، ضریب کروی و میانگین قطر هندسی بود. برای تعیین خواص مکانیکی، تست برش به کمک دستگاه آزمون مواد بر روی نمونه‌های کدو مسمایی انجام گرفت. آزمایش‌ها در سه سطح جرمی ($m > 120 \text{ g}$ ، $95 \text{ g} < m < 120 \text{ g}$ و $m < 95 \text{ g}$)، در سرعت بارگذاری 50 میلی‌متر بر دقیقه، در جهت بارگذاری عمودی (درجهت قطر از سر) انجام شد. پارامترهای بدست آمده از خواص مکانیکی شامل نیرو، انرژی بیشینه برش و نیروی تسلیم بیولوژیکی بودند. نتایج خواص فیزیکی نشان داد که میانگین طول، جرم، حجم، چگالی، ضریب کروی، قطر از سر، قطر از دم و میانگین قطر هندسی کدو مسمایی مورد آزمایش به ترتیب $121,34 \text{ mm}$ ، $110,09 \text{ g}$ ، $110,77 \text{ cm}^3$ ، $994,85 \text{ kg/m}^3$ ، $48,72$ ، $25,51 \text{ mm}$ ، $37,48$ و $59,05 \text{ mm}$ بودند. همچنین نتایج خواص مکانیکی حاکی از معنادار شدن اثر اندازه سطوح جرمی بر شاخص‌های نیرو و انرژی بیشینه برش و همچنین نیروی تسلیم بیولوژیک بود. در بررسی اثرات ساده نیز مشخص شد که اندازه بزرگتر دارای بالاترین نیرو و انرژی برش بوده است.

کلید واژگان: کدو مسمایی، نیروی سرزنی، خواص فیزیکی و مکانیکی

1- مقدمه

مورفولوژی، حرارتی و رئولوژی کدو پرداختند. نتایج ذکر شده حاکی از این است که در بین گونه‌های زمستانه و تابستانه کدو خواص رئولوژی آنها متفاوت می‌باشد. محتوای نشاسته کدو می‌تواند به صورت نوع نرمال (بر اساس میزان نشاسته) دانه‌های نشاسته با سایز کوچک یا متوسط طبقه بندی شود. نشاسته کدو با رفتاری شبیه به نشاسته سیب زمینی نمایش داده می‌شود، با این حال درصد قابل ملاحظه‌ای اختلاف در خواص فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی آنها وجود دارد [3].

کدو مسمایی یا کدو خورشی گیاهی چند ساله با نام علمی *Cucurbita pepo L* و متعلق به تیره *cucurbitace* است. گونه‌های کدو از مناطق خشک آمریکای مرکزی گرفته شده‌اند، اسامی عمومی مشابه به طور مکرر برای گونه‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد و اسامی عمومی آمریکایی و انگلیسی مثل اسکواش¹ (کدو مسمایی یا کدو خورشی)، پامپکین² (کدو تنبل) و کوکوریت³ (کدو قلیایی) می‌باشند [2,1]. سینگ و همکاران (2007) به بررسی خواص

*مسئول مکاتبات: khoshtag@modares.ac.ir

1. Squash
2. Pumpkin
3. Cucurbit

گردید. میزان رطوبت از روش استاندارد وزنی با قرار دادن 400 گرم از هر نمونه در آن در دمای 100 °C برای مدت زمان 10 ساعت محاسبه گردید [3].

طول و دو قطر اصلی (قطر از سر و از دم) کدو مسمایی ها با استفاده از کولیس دیجیتالی (Mitutoyo ساخت کشور ژاپن) با دقت اندازه گیری 0,02 mm، اندازه گیری شدند. جرم نمونه ها با استفاده از ترازوی دیجیتالی (AND GF-600) ساخت ژاپن) با دقت 0,01 گرم اندازه گیری شد.

میانگین قطر هندسی (D_g) و ضریب کرویت (Y) از روابط زیر محاسبه گردید.

$$D_g = (L \cdot d^2)^{\frac{1}{3}} \quad (1)$$

$$d = \frac{D_f + D_h}{2} \quad (2)$$

$$Y = \frac{D_g}{L} \quad (3)$$

در این روابط، L طول نمونه (میلی متر)، d میانگین دو قطر (میلی متر)، D_f و D_h به ترتیب قطر از سر و قطر از دم می باشند (میلی متر). با استفاده از خاصیت ارشمیدس حجم نمونه ها اندازه گیری شد [6,7]. ضمناً با داشتن حجم و جرم هر نمونه چگالی آن بدست می آید.

برای تعیین خواص مکانیکی مرتبط با سر زنی، آزمون برش به کمک ماشین آزمون مواد بیولوژیکی Hunsfield (مدل H50 K-S ساخت انگلستان) با استفاده از یک فک صفحه صاف در زیر نمونه ها و یک تیغه برش با ابعاد استاندارد 8×8×2 mm روی نمونه ها انجام گرفت. تست نیروی برش در سه سطح جرمی ($m > 120$ g، $95 < m < 120$ g و $m < 95$ g) و در سه تکرار، در سرعت بارگذاری (50 میلی متر بر دقیقه) و در جهت بارگذاری عمودی (درجهت قطراز سر) انجام شدند. در هر تکرار ده نمونه کدو مسمایی مورد استفاده قرار گرفت، در ضمن سطوح جرمی بر اساس فراوانی نمونه ها انتخاب شد [8].

قبل از انجام آزمون برش، جرم نمونه ها اندازه گیری شد. برای انجام آزمون برش کامل، تیغه و صفحه صاف کاملاً به هم نزدیک گردید. خروجی دستگاه به صورت نمودار نیرو و جابجایی می باشد (شکل 1) که با انتقال این نمودار به فضای نرم افزار Excel می توان مقادیر عددی نیروی تسلیم بیولوژیک و نیروی بیشینه برش و همچنین انرژی (سطح زیر نمودار) را

امروزه در مورد خواص فیزیکی و مکانیکی محصولات کشاورزی تحقیقات زیادی انجام شده است که از موارد مشابه می توان به کارهایی که در مورد کدو تنبل و بامیه انجام شده است اشاره کرد. آکار و آیدین (2005) در تحقیقی به بررسی خواص فیزیکی بامیه پرداختند، نتایج حاصل نشان داد که مقاومت گسیختگی بیشترین وابستگی را به محتوای رطوبتی دارد. بیشترین مقاومت گسیختگی ($13/22 \text{ N/mm}^2$) این محصول در کمترین محتوای رطوبتی (11,3% برپایه خشک) حاصل گردید. ضریب اصطکاک استاتیکی و دینامیکی میوه بامیه با افزایش محتوای رطوبتی افزایش یافت [4].

در تحقیقی مایور و همکاران (2007) به بررسی تغییرات خواص فیزیکی و مکانیکی کدو تنبل در طی آب گیری به روش اسمزی پرداختند. خواص مکانیکی مربوط به نمونه های آب-گیری شده نشان داد که به محلول اشباع و دما بستگی ندارد، بلکه به محتوای رطوبتی وابسته می باشند. نمونه هایی که در آب خیس خورده بودند، میزان تغییر شکل و تنش در نقطه شکست و چغرمگی آنها کاهش یافت، اما مدول الاستیسیته ظاهری افزایش یافت. تغییرات در مدول الاستیسیته ظاهری کاملاً وابسته به تغییرات در فشار غشایی سلول محصول بود [5].

امروزه عملیات پیش فرآوری در مورد محصولات کشاورزی به روش های مختلف انجام می شود. در مورد چغندر قند این عملیات در موقع برداشت صورت می گیرد و معمولاً به صورت سرزنی توسط دستگاه برداشت می باشد زیرا قسمت سر محصول فاقد ارزش غذایی می باشد و عیار قند را در موقع فرآوری پایین می آورد. در مورد کدوی مسمایی که دارای سر فاقد ارزش غذایی می باشد عملیات سرزنی بطور دستی انجام می شود که این عملیات با داشتن خاره های ریز در قسمت سر محصول باعث صدمات فیزیکی به کارگران می شود [2]. لذا هدف از این تحقیق بررسی و تعیین برخی خواص فیزیکی و مکانیکی کدوی مسمایی درجهت برآورد نیروی لازم جهت طراحی دستگاه به منظور انجام عملیات سرزنی می باشد.

2- مواد و روش ها

کدو مسمایی مورد استفاده در این تحقیق از نوع تابستانه بوده که از شهرستان تهران خریداری شد. محصول در دمای 4°C و رطوبت نسبی حدود 80% در یخچال به مدت دو روز نگهداری

است.

$$M = L^{2.15} D_f^{-0.71} D_h^{-0.175} \quad R^2 = 0.998$$

$$V = L^{2.18} D_f^{-0.74} D_h^{-0.169} \quad R^2 = 0.998$$

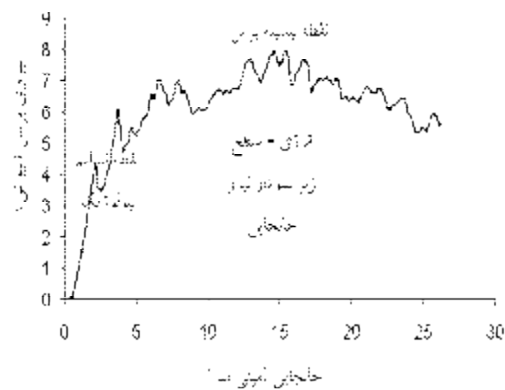
در این روابط M جرم (g)، L ، V ، D_f و D_h به ترتیب، طول (mm)، حجم (cm^3) و قطر از دم و قطر از سر (mm) می‌باشد.

نتایج تجزیه واریانس در مورد تاثیر سطوح جرمی بر نیرو و انرژی بیشینه برش و نیروی تسلیم بیولوژیک (جدول 4) نشان دهنده تاثیر سطوح جرمی بر نیرو و انرژی بیشینه برش در سطح احتمال 5% می‌باشد. اما سطوح جرمی بر نیروی تسلیم بیولوژیک تاثیر معنی‌دار ندارد.

اثر اندازه در سطوح جرمی بارگذاری بر نیرو و انرژی بیشینه برش و همچنین نیروی تسلیم بیولوژیک به صورت صعودی بوده است اما رابطه‌ی مستقیم بین اندازه در سطوح جرمی با نیروی تسلیم بیولوژیک وجود ندارد (جدول 5). با افزایش جرم، نیرو و انرژی بیشینه برش افزایش پیدا کرد که دلیل این امر می‌تواند تغییر شکل بیشتر کدو مسمایی باشد که با توجه به میزان جابجایی در نقطه نیروی بیشینه بدست آمده است. نتایج مقایسه میانگین‌های انرژی بیشینه برشی نشان می‌دهد که مقدار آن در سطوح جرمی $M > 120$ و $95 < M < 120$ یکسان و با مقدار آن در سطح جرمی $M < 95$ تفاوت دارد. همچنین نتایج مقایسه میانگین‌های حاصل از نیروی بیشینه برش نشان می‌دهد که سطوح جرمی $95 < M < 120$ با $M < 95$ و $M > 120$ تفاوت معنی‌دار ندارد اما بین سطوح جرمی $M > 120$ و $M < 95$ تفاوت معنی‌داری وجود دارد.

بدست آورد. در این تحقیق به کمک نرم‌افزار دستگاه آزمون مواد مقدار انرژی محاسبه شد [9].

در این آزمایش اثر سه سطح جرمی در سه تکرار بر روی نیرو و انرژی بیشینه برش و همچنین نیروی تسلیم بیولوژیک با استفاده از طرح کاملاً تصادفی بررسی شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن بوسیله نرم افزار SPSS استفاده شد [10].



شکل 1 منحنی نیرو-جابجایی کدو مسمایی برای سطح جرمی ($M < 95$)

3- نتایج و بحث

جدول 1 میانگین و انحراف معیار خواص فیزیکی نمونه‌های کدو مسمایی در سه سطح جرمی را نشان می‌دهد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس خواص فیزیکی (جدول 2) نشان می‌دهد که تاثیر سطوح جرمی بر طول، قطر میانگین و حجم در سطح 1% معنی‌دار می‌باشد اما تاثیر سطوح جرمی بر چگالی و ضریب کرویت معنی‌دار نمی‌باشد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که شاخص‌های طول، حجم و قطر متوسط در سطوح جرمی مختلف دارای اختلاف می‌باشند (جدول 3). نتایج حاصل نشان می‌دهد که با افزایش جرم، مقادیر قطر، طول و حجم افزایش می‌یابد. رابطه بین قطر از سر، قطر از دم و طول با جرم و حجم میوه از روابط خطی و توانی که بر داده‌های تجربی برازنده شده بدست آمد. در میان روابط به دست آمده رابطه توانی با توجه به R^2 از نظر کاربردی مزیتی نسبی دارد، که در روابط زیر نشان داده شده

جدول 1 نتایج خواص فیزیکی کدو مسمایی در سه سطح جرمی

| سطوح جرمی | | | خواص فیزیکی |
|-------------|--------------|-------------|----------------------------|
| m<95g | 95 g<m<120g | m>120g | |
| 24,02±0,38 | 26,38±0,44 | 26,13±0,61 | قطراز سر (mm) |
| 33,37±0,45 | 37,31±0,39 | 41,76±0,57 | قطراز دم (mm) |
| 110,96±1,82 | 119,32±2,13 | 133,73±2,31 | طول (mm) |
| 47,71±0,57 | 49,42±0,78 | 49,02±0,3 | ضریب کرویت (بی بعد) |
| 52,85±0,61 | 58,79±0,37 | 65,5±0,88 | میانگین قطر هندسی (mm) |
| 77,69±2,69 | 106,54±1,99 | 48,08±5,98 | حجم (cm ³) |
| 991,84±9,37 | 1002,87±5,52 | 989,84±7,19 | چگالی (kg,m ³) |

جدول 2 تجزیه واریانس خواص فیزیکی کدو مسمایی بر اساس سطوح جرمی

| میانگین مربعات | | | | | | | متغیر |
|----------------|----------------------|-----------------------|---------|-------------|----------|------------|-----------|
| ضریب کرویت | میانگین قطر هندسی | چگالی | حجم | قطر میانگین | طول | درجه آزادی | |
| 8,5* | 56,6 ^{n.s.} | 648,1 ^{n.s.} | 16275** | 89,6** | 1713,6** | 2 | سطوح جرمی |
| 3,6 | 32,7 | 735,1 | 203,5 | 1,63 | 56,04 | 36 | خطا |
| 4,75 | 9,57 | 2,73 | 12,88 | 4,05 | 6,17 | - | c.v. |

^{n.s.} معنی دار نمی باشد. ** در سطح 1% معنی دار می باشد.

جدول 3 مقایسه میانگین اثر سطوح جرمی بر خواص فیزیکی کدو مسمایی

| میانگین مربعات | | | | | | اندازه (g) |
|---------------------|--------------------|----------------------|---------------------|--------------------|---------------------|------------|
| ضریب کرویت | میانگین قطر هندسی | چگالی | حجم | قطر متوسط | طول | |
| 40,15 ^{ab} | 57,31 ^a | 991,77 ^a | 77,69 ^a | 28,77 ^a | 111,24 ^a | m<95 |
| 41,08 ^b | 60,92 ^a | 1002,92 ^a | 106,11 ^b | 31,77 ^b | 119,46 ^b | 95<m<120 |
| 39,46 ^a | 60,92 ^a | 989,85 ^a | 148,39 ^c | 34 ^c | 134,17 ^c | m>120 |

در هر ستون میانگین های دارای حروف مشترک اختلاف معنی دار ندارند (P<0,05)

جدول 4 تجزیه واریانس اثر سطوح جرمی بر نیرو و انرژی بیشینه برش و نیروی تسلیم بیولوژیک

| متغیر | میانگین مربعات | | | |
|-----------|----------------|-----------------------|------------------|------------------|
| | درجه آزادی | نیروی تسلیم بیولوژیک | نیروی بیشینه برش | انرژی بیشینه برش |
| سطوح جرمی | 2 | 2,673 ^{n.s.} | 6,778 * | 340,778 * |
| خطا | 6 | 1,033 | 0,801 | 32,845 |
| C.V. | - | 5,42 | 9,97 | 11,63 |

^{n.s.} معنی دار نمی باشد. * در سطح 5% معنی دار می باشد.

جدول 5 مقایسه میانگین سطوح جرمی بر نیرو و انرژی بیشینه برش و نیروی تسلیم بیولوژیکی در سرعت 50 میلی متر بر دقیقه

| اندازه (g) | میانگین مربعات | | |
|------------|--------------------------|--------------------|------------------------------|
| | نیروی بیشینه برش (نیوتن) | انرژی بیشینه برش | نیروی تسلیم بیولوژیک (نیوتن) |
| M<95 | 6,65 ^a | 37,61 ^a | 3,13 ^a |
| 95<M<120 | 9,1 ^{ab} | 51,48 ^b | 1,82 ^a |
| M>120 | 10,4 ^b | 58,8 ^b | 3,66 ^a |

در هر ستون میانگین های دارای حروف مشترک اختلاف معنی دار ندارند (P<0.05)

4- نتیجه گیری

1- با بررسی خواص مکانیکی معلوم شد که اندازه کدو در نیرو و انرژی بیشینه برش سرزنی، تاثیر مستقیم می گذارد یعنی با افزایش اندازه در سطوح جرمی، نیرو و انرژی سرزنی مورد نیاز نیز افزایش می یابد اما سطوح جرمی بر نیروی تسلیم بیولوژیک تاثیر ندارد یعنی با افزایش جرم روند افزایش نیروی تسلیم بیولوژیک یکنواخت نیست.

2- نتایج تجزیه واریانس حاصل از خواص فیزیکی نشان داد تاثیر سطوح جرمی بر طول، قطر میانگین و حجم کدو در سطح 1% معنی دار می باشد اما چگالی، میانگین قطر هندسی و ضریب کرویت معنی دار نمی باشد.

3- نتایج تجزیه واریانس حاصل از خواص مکانیکی نشان داد که تاثیر سطوح جرمی بر نیروی تسلیم بیولوژیکی معنی دار نبود ولی بر نیرو و انرژی بیشینه معنی دار است.

4- بر اساس نتایج بدست آمده، طبقه بندی محصول بر اساس جرم قبل از عمل سرزنی می تواند آنها را از نظر ابعاد طبقه بندی نماید.

5- نمادها

| | |
|--------------------------------------|--------|
| محتوای رطوبتی بر پایه تر (% w.b.) | Mc |
| طول سبزی (mm) | L |
| قطر از سر (mm) | D_f |
| قطر از دم (mm) | D_h |
| میانگین قطر هندسی (mm) | Dg |
| جرم نمونه (g) | M |
| حجم نمونه (cm ³) | V |
| چگالی نمونه (kg/cm ³) | ρ |
| ضریب کرویت (بی بعد) | ψ |

osmotic dehydration of pumpkin. Food Research International. 40: 448-460.

- [6] Stroshine, R. and Hamann, D. (1994). Physical Properties of Agricultural Materials and Food Products. West Lafayette: Dept. of Agricultural Engineering Purdue University, USA.
- [7] Mohsenin, N. N. (1986). Physical Properties of Plant and Animals Materials. New York: Gordon and Breach Science.
- [8] Tavakoli hashjin, T. (2005). Mechanical products Agriculture. (Author by Sytky, J). Publications Tarbiat modares university. p 530.
- [9] Solomon, W. K. Jindal, V. K. (2005). Modeling changes in rheological properties of potatoes during storage under constant and variable conditions. LWT. 40: 170-178.
- [10] Valizade, M. Moghadam, M. (2000). Experimental designs in agriculture. Publications Parivar Tabriz. p 635.
- [1] Daneshvar, M. T. (2001). Vegetables breeding. Publications Shahid chamran university. p 257.
- [2] Naseri, M. T. Tehrani far, A. (2000). Vegetable seed production. Publications Mashhad university jihad. p 360.
- [3] Singh, J. McCarthy, O. J. Singh, H. Moughan, P. J. and Kaur, L. (2007). Morphological, thermal and rheological characterization of isolated from New Zealand Kamo Kamo (Cucurbita Pepo) fruit – A novel Source. Carbohydrate Polymers. 67: 233-244.
- [4] Akar, R. and Aydin, C. (2005). Some physical properties of gumbo fruit varieties. Journal of Food Engineering , 66 : 387-393.
- [5] Mayor, L. Cunha, R. L. and Sereno, A.M. (2007). Relation between mechanical properties and structural changes during

6- منابع

Some physical and mechanical properties of squash for cutting head processing

Tahmasebi, M. ¹ Khoshtaghaza, M. H. ^{2*}, Tavakoli, T. ³

1- Master of Science, Agriculture Engineering Dept., Tarbiat Modares University, Tehran

2- Associate Prof., Agriculture Engineering Dept., Tarbiat Modares University, Tehran

3- Professor, Agriculture Engineering Dept., Tarbiat Modares University, Tehran

(Received:87/9/3 Accepted: 88/7/24)

Knowledge of physical and mechanical properties of agricultural products, such as vegetables, is needed for their processing. The objective of this study was to find the physical and mechanical properties of squash, related to head cutting process. The physical properties such as length, mass, headfirst diameters, head diameters, volume, density, sphericity and geometric mean diameter were determined. Material testing machine was used to measure mechanical properties by applying shear test on the sample. The experiments were carried out at three mass levels ($m < 95\text{g}$, $95\text{g} < m < 120\text{g}$, $m > 120\text{g}$), loading speed of 50mm/min and loading direction (vertical to headfirst diameter direction) of preprocessing squash. Mechanical properties such as maximum force and energy of shear and bio-yield point were determined. Result of physical properties of squash showed that the averages of length, mass, volume, density, sphericity, headfirst diameters, head diameters and geometric mean diameter were 121.34 mm , 110.09 g , 110.77 cm^3 , 994.85 kg/m^3 , 48.72 , 25.51mm , 37.48 mm , 59.05 mm , respectively. Result of mechanical properties showed that mass had significant effect on maximum shear force and energy. Moreover, the biggest squashes had the highest shear force and energy.

Key words: Squash, Physical and mechanical properties, Bio yield.

* Corresponding author E-mail address: khoshtag@modares.ac.ir