بررسی برخی مشخصات فیزیکی و مکانیکی سه اکوتیپ دانه زیره سبز

مسلم نامجو[۲،۱]، مهدی مرادی[*۱]

۱. بخش مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران (moradih@shirazu.ac.ir).
۲. بخش مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران (m.namjoo@shirazu.ac.ir).

چکیده

در این پژوهش برخی از ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی اکوتیپ‌های مختلف دانه زیره سبز متداول در فارس، یزد و خراسان جنوبی اندازه‌گیری و مقایسه شد. خواص فیزیکی شامل طول، عرض، ضخامت، میانگین قطر هندسی و حسابی، وزن هزاردانه و کرویت بوده و خواص مکانیکی شامل جابجایی در نقطه شکست، چقرمگی، نیرو و انرژی شکست بودند. نتایج نشان داد که اکوتیپ‌های فارس، خراسان جنوبی و یزد به ترتیب دارای بیشترین ابعاد فیزیکی (طول، عرض، ضخامت، میانگین قطر هندسی و حسابی) بودند. بیشترین ضریب کرویت مربوط به اکوتیپ فارس (۰/۴۳) و بعد ازآن اکوتیپ خراسان جنوبی و یزد به ترتیب مقادیر ۰/۳۹ و ۰/۳٤ کرویت را داشتند. کمترین نیرو و انرژی گسیختگی مربوط به اکوتیپ یزد (N ۱۳/۹۳ و mJ ۳۱/۰٦) و بیشترین آن مربوط به اکوتیپ فارس (N ۳۵/٤۲ و mJ ۹۷/٤۱) بود. نتایج همچنین نشان داد که با افزایش ابعاد دانه خواص مکانیکی مورد مطالعه دانه زیره سبز افزایش یافت.

کلمات کلیدی:
انرژی، خواص مکانیکی، چقرمگی، زیره سبز، نیروی گسیختگی.

***نویسنده مسئول**

مقدمه

زیره سبز با نام علمی *Cuminum cyminum* L. گیاهی است یکساله از خانواده جعفری که خواص و مصارف دارویی متعددی از جمله معرق، محرک اشتها، تقویت‌کننده معده، ضد انگل و ضد نفخ برای این گیاه دارویی اشاره شده است. با توجه به اقلیم خشک و نیمه‌خشک بیشتر مناطق ایران و نیاز آبی کم این گیاه استفاده از گیاهان مقاوم به خشکی مانند زیره سبز بهترین راهکار می‌باشد [۱].

اهمیت شناخت خواص مکانیکی دانه زیره سبز در ایران از آنجا، مشخص می‌شود که طبق آمار بالاترین سطح زیر کشت و صادرات گیاهان دارویی در کشور بعد از زعفران، زیره سبز است همچنین زیره سبز دومین گیاه دارویی و صادراتی ایران می‌باشد. افزایش روز افزون نقش اقتصادی گیاهان دارویی از یک طرف و پیچیدگی فناوری‌های مدرن برای تجهیزات کاشت، داشت، برداشت، جابجایی، ذخیره‌سازی و فرآوری این محصولات از طرف دیگر نیازمند درک دقیق و صحیح خواص فیزیکی و مکانیکی دانه است. دانه زیره سبز نیز پس از تولید باید بوجاری، درجه‌بندی، بسته‌بندی، حمل و نقل، انبارداری، بوجاری و فرآوری گردد [۲].

آگاهی از خواص فیزیکی و مکانیکی محصولات کشاورزی برای استفاده در فرایندهای پس از برداشت مثل خشک کردن، بسته بندی و حمل و نقل بسیار ضروری به نظر می رسد. از اینرو در سال های اخیر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی بسیاری از محصولات کشاورزی مانند مقاومت مکانیکی گردو [۳]، پوست آفتاب‌گردان و مغز آن [٤]، دانه های بادام زمینی [٥]، شاهدانه [٦] و دانه سیب [۷] و غیره گزارش شده اند. بررسی بیشتر منابع در این خصوص نشان داد که پژوهش‌های محدودی در زمینه خواص مکانیکی زیره سبز بومی ایران وجود دارد. بنابراین در تحقیق حاضر به بررسی و مقایسه برخی از خصوصیات فزیکی و مکانیکی سه اکوتیپ زیره سبز متداول در ایران پرداخته می‌شود.

مواد و روشها

در این تحقیق که در بخش مهندسی بیوسیستم دانشگاه شیراز انجام گرفت، دانه های زیره سبز از شهرستان‌های بیرجند استان خراسان جنوبی، خاتم استان یزد و سروستان استان فارس تهیه شد. نمونه‌ها برای جدا کردن مواد خارجی به طور دستی بوجاری شدند تا عاری از گرد و غبار و مواد زاید مانند سنگریزه، خاشاک، دانه‌های شکسته و دانه‌های نارس شوند. سپس دانه‌ها در بسته های ۱۵ گرمی در یخچال در دمای ۱± ٤ درجه سانتی گراد نگهداری شدند. رطوبت اولیه‌ی دانه‌ها از طریق خشک کردن حدود ۱۵ گرم نمونه در ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۲٤ ساعت در آون، اندازه‌گیری شد این کار در سه تکرار انجام و میانگین اعداد گزارش شد. رطوبت دانه‌ها برای محصولات مورد نظر ۱۲ ٪ بر مبنای خشک به دست آمد و پس از تعیین رطوبت اولیه دانه‌ها برخی خواص فیزیکی و مکانیکی آنها اندازه‌گیری شد [۸].

اندازه‌گیری خواص هندسی

برای اندازه‌گیری ابعاد تعداد ۳۰ عدد دانه‌ی زیره سبز به طور تصادفی انتخاب شده و با استفاده از یک کولیس دیجیتال با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر، سه بعد طول (L)، عرض (W) و ضخامت (T) دانه‌ها

اندازه‌گیری شد. سپس قطر میانگین هندسی (D_g)، قطر میانگین حسابی (D_a) و کرویت (φ) با استفاده از روابط (۱) تا (۳) محاسبه شدند [۸]:

$$D_g = (LWT)^{1/3} \quad (۱)$$

$$D_a = \frac{(L+W+T)}{3} \quad (۲)$$

$$\varphi = \left[\frac{(LWT)^{1/3}}{L}\right] \times (100) \quad (۳)$$

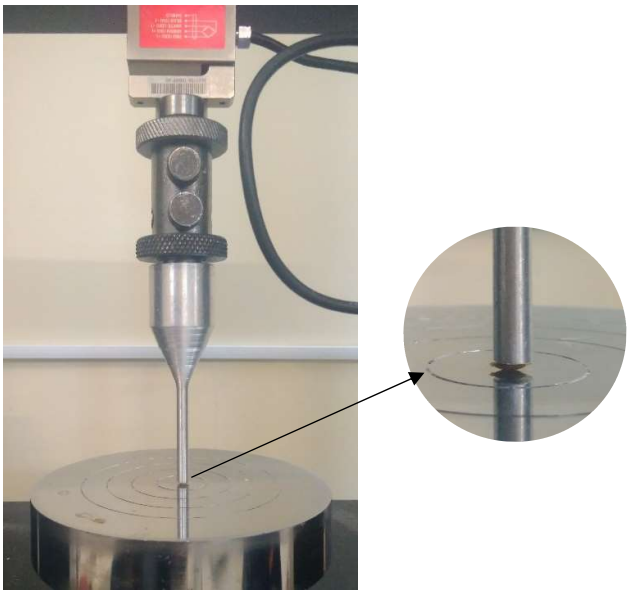
وزن هزار دانه

برای اندازه گیری وزن هزار دانه، از هر نمونه ۵۰ عدد به طور تصادفی انتخاب شد. دانه های انتخاب شده با ترازویی با دقت ۰/۰۰۱ گرم (A&D, GF600) وزن و حاصل آن در عدد ۲۰ ضرب شد و از میانگین سه تکرار، وزن هزاردانه گزارش شد.

بارگذاری شبه استاتیک

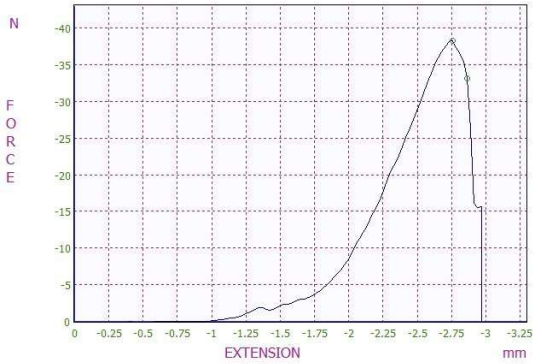
از آنجاییکه آزمایش بارگذاری شبه استاتیک معمولاً بیانگر ویژگی‌های مقاومتی و خواص مکانیکی نمونه مورد آزمایش است، لذا اطلاعاتی که از منحنی نیرو- جابجایی استخراج می گردد، نه تنها برای بررسی خواص مکانیکی مفید است، بلکه می توان در طراحی و بهینه‌سازی ماشینهای فراوری از قبیل ماشین‌هایی که در فرآیند کاشت، برداشت و آسیاب کردن زیره سبز بکار می‌روند، مورد استفاده قرار گیرد بر این اساس هدف از این آزمایش استخراج منحنی نیرو- جابجایی دانه زیره سبز می‌باشد تا به کمک آن بتوان به بررسی ویژگی‌های استحکام فشاری زیره سبز پرداخت [۹].

برای تعیین خواص مکانیکی، آزمونهای فشاری با استفاده از دستگاه آزمایش کشش- فشار مدل STM-20 **ساخت شرکت طراحی مهندسی سنتام انجام شد. این دستگاه مجهز به بارسنج** BONGSHIN **مدل** DBBP-20 **و ظرفیت** kgf **۲۰ و یک جفت فک بالا (متحرک) فک پایین(ثابت) مطابق با شکل (۱) بود. برای اجرای آزمون فشاری، دانه‌های زیره، هرکدام به صورت افقی در جهت عرض دانه و با شرایط بارگذاری یکسان بین دو فک قرار گرفت.**



شکل ۱- دستگاه آزمایش کشش- فشار مدل STM-20 و نحوه قرارگیری دانه زیره سبز در بین دو فک

سرعت ثابت بارگذاری در این آزمون ۱۰ میلیمتر بر دقیقه در نظر گرفته شد. سپس دستور شروع آزمون توسط نرم‌افزار مرتبط و از طریق رایانه متصل به دستگاه صادر شد. همچنین با شنیدن صدای شکستن دانه یا مشاهده کاهش نیروی گسیختگی در نمودار نیرو- جابجایی، دستور توقف آزمایش توسط رایانه به دستگاه داده شد. این نمودار همزمان با اجرای آزمایش توسط نرم افزار رسم می شد. پس از انجام هر آزمایش نمودار نیرو- جابجایی و داده های متناظر وارد نرم افزار اکسل شدند. در نقطه‌ای که گسیختگی در آن ایجاد می‌شد، نیروی گسیختگی و جابجایی در نقطه گسیختگی مستقیماً با استفاده از نمودار نیرو- جابجایی تعیین شدند. منحنی نیرو- جابجایی برای یک نمونه زیره سبز از اکوتیپ فارس در شکل (۲) نشان داده شده است. اولین نقطه منحنی حین آزمایش فشار که در آن نیرو کاهش می‌یابد درحالی که جابجایی افزایش نشان می‌دهد، نقطه تسلیم بیولوژیکی فشاری می‌باشد. همانگونه که مشاهده می‌شود بعد از نقطه تسلیم، منحنی به دلیل گسیختگی نمونه تحت فشار، حالت نزولی پیدا می‌کند [۹, ۱۰].



شکل ۲- منحنی نیرو جابجایی برای آزمون فشار دانه زیره

انرژی گسیختگی دانه با محاسبه مساحت زیر منحنی نیرو-تغییر شکل از نقطه شروع بارگذاری تا نقطه گسیختگی دانه محاسبه شد [۱۱] سطح زیر منحنی در شکل ۱، میزان انرژی گسیختگی دانه در نقطه گسیختگی را تعیین می کند. مدول چقرمگی دانه زیره با استفاده از رابطه (٤) بدست آمد [۱۲]:

$$T_n = \frac{E}{V} \qquad (٤)$$

در رابطه (٤) T_n چقرمگی دلنه زیره (mJ/mm^3)، E، انرژی گسیختگی دلنه (mJ)، V، حجم دلنه (mm^3) می‌باشد. با توجه به هندسه دانه زیره، حجم آن از رابطه (٥) بدست آمد [۱۳]:

$$V = \frac{4}{3}abc \qquad (٥)$$

در رابطه (٥) a، b و c به ترتیب طول، عرض و ضخامت دانه زیره (mm) می‌باشند.

نتایج و بحث

در جدول ۱ برخی خواص فیزیکی دانه زیره سبز سه اکوتیپ در رطوبت۱۲ درصد بر مبنای خشک آورده شده است. بیشترین ابعاد فیزیکی دانه، کرویت و وزن هزار دانه متعلق به زیره سبز اکوتیپ فارس می‌باشد.

جدول۱- برخی خواص فیزیکی بذر زیره سبز در رطوبت ۱۲ درصد بر مبنای خشک

ویژگی	فارس	خراسان جنوی	یزد
طول (L) (mm)	٥/۲۳ ±۰/۳۸	٥/۰۷ ±۰/٤۱	٤/۹۳ ±۰/٤۸
عرض (W) (mm)	۱/۷۱ ±۰/۱٤	۱/٤٥ ±۰/۱۷	۱/۰٦ ±۰/۱۳
ضخامت (T) (mm)	۱/۳۲ ±۰/۲۱	۱/۱۳ ±۰/۱٥	۰/۸۹ ±۰/۱۲
میانگین قطر هندسی (D_g) (mm)	۲/۲۸ ±۰/۱۲	۲/۰۲ ±۰/۱۲	۱/٦۷ ±۰/۱۲
میانگین قطر حسابی (D_a) (mm)	۲/۷٥ ±۰/۱٦	۲/٥٥ ±۰/۱٦	۲/۲۹ ±۰/۱٦
وزن هزار دانه (W_{1000}) (gr)	۳/۳٥ ±۰/۲۱	۳/۰٤ ±۰/۱۳	۲/۹٤ ±۰/۱٦
کرویت (φ) (-)	٤۳/٥۳ ±۳/۰٤	۳۹/۹٤ ±۲/۷٤	۳۳/۸٦ ±۲/۱٤

در جدول۲- نیرو، جابجایی، انرژی گسیختگی و چقرمگی سه اکوتیپ دانه زیره سبز در رطوبت (d.b.) ۱۲٪ ارائه شده است. کمترین نیرو و انرژی گسیختگی مربوط به اکوتیپ یزد (۱۳/۹۳ N و ۳۱/۰٦ mJ) و بیشترین آن مربوط به اکوتیپ فارس (۳٥/٤۲ N و ۹۷/٤۱ mJ) می‌باشد. ابعاد دلنه زیره اکوتیپ فارس بزرگتر از اکوتیپ‌های دیگر می‌باشد که سبب افزایش حجم دانه‌های آن شده است از طرف دیگر وزن هزار دانه این اکوتیپ بزرگتر می‌باشد که خود سبب استحکام فشاری بیشتر آن شده است این نتیجه با نتایج سایر محققین همخوانی دارد [۲, ۱٤].

جدول۲- برخی خواص مکانیکی سه اکوتیپ دانه زیره سبز در رطوبت (d.b.) ۱۲٪

ویژگی	فارس	خراسان جنوی	یزد
نیروی گسیختگی (F) (N)	۳٥/٤۲ ±۳/٤۸	۲۱/۳۲ ±۰/۳٤	۱۳/۹۳ ±۱/۷۹
جابجایی (L) (mm)	۲/۷٥ ±۱/۲٤	۲/٥٦ ±۱/۰٤	۲/۲۳ ±۱/۰۹

انرژی گسیختگی (E) (mJ)	۹۷/۴۱ ±۷/۲۳	۵٤/۵۸ ±۵/۱۷	۳۱/۰٦ ±۱/۵۹
چقرمگی (T) (mJ/mm^3)	۱/۹۷ ±۰/۳۱	۱/۵۷ ±۰/۲۱	۱/۵۹ ±۰/۱۷

نتیجه‌گیری

با توجه‌به نتایج حاصـــل از این تحقیق می توان نتیجه گرفت‌با افزایش حجم دلنه، خواص مکانیکی مورد مطالعه دانه زیره سـبز افزایش می‌یابد، همچنین با افزایش اندازه دانه، مقدار میانگین تغییر شـکل در نقطه گسیختگی افزایش می‌یابد.

مراجع:

1. Piri, R., et al., Improvement of cumin (Cuminum cyminum) seed performance under drought stress by seed coating and biopriming. Scientia Horticulturae, 2019. 257: p. 108-116.

2. Saiedirad, M. and M. Mirsalehi, Prediction of mechanical properties of cumin seed using artificial neural networks. Journal of texture studies, 2010. 41(1): p. 34-48.

3. Altuntas, E. and Y. Özkan, Physical and mechanical properties of some walnut (Juglans regia L.) cultivars. International journal of food engineering, 2008. 4(4).

4. Baümler, E., et al., Moisture dependent physical and compression properties of safflower seed. Journal of Food Engineering, 2006. 72(2): p. 134-140.

5. Aydin, C., Some engineering properties of peanut and kernel. Journal of Food Engineering, 2007. 79(3): p. 810-816.

6. Sacilik, K., R. Öztürk, and R. Keskin, Some physical properties of hemp seed. Biosystems engineering, 2003. 86(2): p. 191-198.

7. Omobuwajo, T., L. Sanni, and J. Olajide, Physical properties of ackee apple (Blighia sapida) seeds. Journal of Food Engineering, 2000. 45(1): p. 43-48.

8. Mohsenin, N.N., *Physical Properties of Plant and Animal Materials: v. 1: Physical Characteristics and Mechanical Properties*. 2020: Routledge.

9. Singh, K. and T. Goswami, Mechanical properties of cumin seed (Cuminum cyminum Linn.) under compressive loading. Journal of Food Engineering, 1998. 36(3): p. 311-321.

10. ASAE, A., Standards S368. 2: Compression test of food materials of convex shape, St. Joseph, MI: American Society of Agricultural Engineers, 1993.

11. Karaj, S. and J. Müller, Determination of physical, mechanical and chemical properties of seeds and kernels of Jatropha curcas L. Industrial crops and products, 2010. 32(2): p. 129-138.

12. Sitkei, G., *Mechanics of agricultural materials. Translated by S. Bars*. 1986, Elsevier Science Publishers, New York.

13. Mohsenin, N.N., Physical properties of plant and animial materials. Vol. 1. Structure, physical characterisitics and mechanical properties. Physical properties of plant and animial materials. Vol. 1. Structure, physical characterisitics and mechanical properties., 1970. 1.

14. Saiedirad, M., et al., Effects of moisture content, seed size, loading rate and seed orientation on force and energy required for fracturing cumin seed (Cuminum cyminum Linn.) under quasi-static loading. Journal of Food Engineering, 2008. 86(4): p. 565-572.

Investigation of some physical and mechanical properties of three cumin seed ecotypes

Moslem Namjoo[1,2], Mehdi Moradi[1*]

1. Department of Biosystems Engineering, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran
2. Department of Mechanical Engineering of Biosystems, Faculty of Agricultural, University of Jiroft, Jiroft, Iran.

Abstract

In this study, some physical and mechanical properties of different cumin seed ecotypes common in Fars, Yazd, and South Khorasan were measured and compared. Physical properties included length, width, thickness, mean geometric and arithmetic diameter, the mass of thousand grains and sphericity, and mechanical properties included displacement at rupture point, toughness, rupture force, and rupture energy. The results showed that the ecotypes of Fars, South Khorasan and Yazd had the highest physical dimensions respectively (length, width, thickness, mean geometric, and arithmetic diameter). The highest sphericity coefficient was related to Fars's ecotype (0.43) and then the ecotype of South Khorasan and Yazd had 0.39 and 0.34 of sphericity, respectively. The lowest force and rupture energy were related to Yazd ecotype (13.93 N and 31.06 mJ) and the highest was related to Fars's ecotype (35.42 N and 97.41 mJ). The results also revealed that with increasing grain dimensions, the studied mechanical properties of cumin seeds increased.
Key words: Energy, Mechanical properties, Toughness, Rupture force, Cumin seed.

*Corresponding author
E-mail: moradih@shirazu.ac.ir