تحقیقات مهندسی صنایع غذایی/جلد ۲۵ / شماره ۸۰/ بهار و تابستان/۱۴۰۵/ ص۹۸-۸۳

سایت مجله: https://fooder.areeo.ac.ir

نوع مقاله: پژوهشی

ارزیابی تصویری نمونه‌های لوبیای قرمز بانک ژن گیاهی ملی ایران

مهرزاد احمدی[1*]، علی اکبر قنبری[2]، زینب شرفی[3]

[1*]استادیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

[2]دانشیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

[3]کارشناس، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

تاریخ ارسال: ۱۴۰۴/۰۷/۰۶ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۵/۰۲/۰۸

چکیده

این پژوهش با هدف ارزیابی ویژگی‌های مورفولوژیکی و تعیین استانداردهای ظاهری لوبیا قرمز در ایران اجرا شد. در این مطالعه، ۱۱۵ نمونه لوبیا قرمز شامل ۹۵ نمونه لوبیای قرمز متوسط و ۲۰ نمونه لوبیای قرمز کپسولی از کلکسیون بانک ژن گیاهی ملی ایران بررسی گردید. برای پردازش تصویر و اندازه‌گیری صفات شامل طول، عرض، ضخامت، محیط، مساحت، نسبت طول به عرض، وزن تک بذر و چگالی فرم بذر از نرم‌افزار ImageJ (FFD) استفاده شد .نتایج بررسی‌ها نشان داد که در لوبیای قرمز متوسط، میانگین طول، عرض و ضخامت به ترتیب۱۱/۸٤، ۷/۵۸ و ۵/۵۱ میلی‌متر و در لوبیای قرمز کپسولی به ترتیب ۱٦/۰۵، ۸/۲۵ و ۵/٦۷ میلی‌متر است. مقادیر چگالی فرم بذر (FFD) برای لوبیای متوسط و کپسولی به ترتیب ۰/۰۰۲۸ و ۰/۰۰۲۸ گرم بر سانتی‌متر مربع به دست آمد. میانگین شدت رنگ برای لوبیای قرمز متوسط ۱٤۲/۹۹ و برای لوبیای قرمز کپسولی ۱۷۰/۷۱ (در مقیاس صفر تا ۲۵۵) به دست آمد. میانگین ضریب استوانه‌ای برای لوبیای متوسط ۷۸/۲۸ درصد و برای لوبیای کپسولی ۸۲/۰٤ درصد محاسبه شد. میانگین ضریب کرویت نیز برای لوبیای متوسط ٦٦/٤۵ درصد و برای لوبیای کپسولی ۵٦/۲۵ درصد بود. این پژوهش نشان‌دهندهٔ تنوع قابل توجه در ویژگی‌های ظاهری لوبیای قرمز ایرانی است و لزوم تدوین استانداردهای ملی برای درجه‌بندی لوبیا بر اساس ابعاد، شکل و دیگر ویژگی‌های ظاهری را تاکید می‌کند. استفاده از روش‌های پردازش تصویر می‌تواند به عنوان ابزاری سریع، دقیق و غیرمخرب در ارزیابی کیفیت بذر و بهبود استانداردهای بازارپسندی لوبیا به‌کار رود.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی تصویری، بانک ژن، پردازش تصویر، چگالی فرم بذر، لوبیا قرمز

مقدمه

لوبیا یکی از مهم‌ترین و پرکاربردترین حبوبات در جهان و ایران شناخته می‌شود. این مادهٔ غذایی به‌دلیل قیمت مناسب در بسیاری از کشورها به‌عنوان منبع اصلی پروتئین و مواد مغذی شناخته می‌شود. این گیاه به‌دلیل ارزش غذایی بالا، تنوع در نوع و کاربردهای گسترده در صنایع غذایی، جایگاه ویژه‌ای در رژیم غذایی افراد دارد. لوبیا منبع غنی از پروتئین گیاهی است و به‌ویژه برای افرادی که رژیم گیاه‌خواری دارند، جایگزین مناسبی برای پروتئین حیوانی محسوب می‌شود. لوبیا حاوی فیبر غذایی، ویتامین‌های گروه Bو مواد معدنی مانند آهن، منیزیم، پتاسیم و روی است که برای سلامت عمومی بدن، تولید انرژی و عملکرد سیستم عصبی ضروری هستند. با وجود کالری نسبتاً پایین، لوبیا به‌دلیل داشتن فیبر و پروتئین احساس سیری طولانی‌مدتی ایجاد می‌کند و می‌تواند به کنترل وزن کمک کند. علاوه‌بر این، مصرف لوبیا با کاهش خطر ابتلا به بیماری‌های مزمن

نویسنده مسئول: **Email:** ahmadimehrzad@ymail.com

http://doi: 10.22092/fooder.2026.370846.1432

© 2026,The Author(s). Published by Agricultural Engineering Research Institute. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). Which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

مانند دیابت نوع ۲، بیماری‌های قلبی و برخی سرطان‌ها مرتبط است (Maphosa. Y and Jideani, V. A 2017; Lisciani *et al*. 2024).

در ایران، لوبیا در انواع مختلفی مانند چیتی، سفید، قرمز، کرم و سیاه کشت می‌شود و هر یک از آنها ویژگی‌های خاص خود را دارد. در صنایع غذایی، لوبیا در تهیهٔ غذاهای سنتی و مدرن در سراسر جهان استفاده می‌شود. در ایران نیز لوبیا در غذاهایی مانند خوراک لوبیا، قورمه سبزی، آبگوشت، لوبیاپلو و انواع مختلف آش کاربرد دارد. علاوه‌بر این، لوبیا مادهٔ اولیه در تولید کنسرو، غذاهای آماده و حتی محصولات پروتئینی گیاهی (مانند برگرهای گیاهی) است.

لوبیا در بسیاری از کشورهای جهان کشت می‌شود و به‌عنوان یک محصول استراتژیک در تأمین امنیت غذایی نقش دارد. کشورهایی مانند هند، میانمار و برزیل از تولیدکنندگان عمده لوبیا در جهان (FAO, 2023) هستند. لوبیا به‌عنوان یک کالای مهم در تجارت جهانی مطرح است و بسیاری از کشورها آن را به عنوان یک محصول صادراتی تولید می‌کنند که این موضوع به رشد اقتصادی کشورهای تولیدکننده کمک می‌کند. با افزایش جمعیت جهان و محدودیت منابع، لوبیا جایگزینی پایدار و باصرفه به‌جای پروتئین حیوانی است و می‌تواند فشار بر منابع طبیعی را کاهش دهد. گیاه لوبیا به‌دلیل توانایی در تثبیت نیتروژن، به بهبود حاصلخیزی خاک نیز کمک می‌کند و نیاز به کودهای شیمیایی را کاهش می‌دهد که این ویژگی باعث می‌شود محصول دوستدار محیط زیست شناخته شود و در سیستم‌های کشاورزی پایدار مورد استفاده قرارگیرد. (Lisciani *et al*. 2024; Bennetau-Pelissero. 2019; Bayzai *et al*., 2011)

سطح زیر کشت لوبیا در جهان ۳۷/۷۵ میلیون هکتار است (FAO, 2023). در ایران، میزان تولید حبوبات در سال ۱۴۰۲ حدود ۵۶۵ هزار تن بوده است که ۵۰/۱۴ درصد از آن از کشت آبی و ۴۹/۸۶ درصد آن از کشت دیم به‌دست آمده است. از کل میزان تولید حبوبات در کشور، لوبیا با ۴۱/۹۴ درصد سهم در گروه حبوبات رتبه اول را دارد. بیش از نیمی (۵۱/۴۶ درصد) از تولید حبوبات در پنج استان لرستان، کرمانشاه، فارس، خوزستان و آذربایجان غربی به‌دست آمده است که لرستان با ۱۶/۷۸ درصد بیشترین سهم را در تولید حبوبات به دارد. کمترین مقدار تولید حبوبات متعلق به استان قم با کمتر از ۰/۱۱ درصد سهم است (Ahmadi *et al*., 2023).

تفاوت‌های ظاهری و ابعادی انواع لوبیا تأثیر قابل توجهی بر بازارپسندی و تجارت این محصول دارد. استانداردسازی شکل، اندازه و کیفیت ظاهری لوبیا نه تنها به بهبود بازارپسندی کمک می‌کند، بلکه فرآیندهای تجاری را نیز تسهیل خواهد کرد. درک ترجیحات مصرف‌کنندگان در ایران و جهان می‌تواند به تولیدکنندگان و بازرگانان کمک کند تا محصولاتی متناسب با نیاز بازار تولید و عرضه کنند (Majnoun Hosseini. 2015; Perez de la Vega *et al*. 2017; Dori *et al*. 2009).

شکل ظاهری لوبیا (شامل اندازه، رنگ و شدت رنگ، یکنواختی و سلامت دانه) نقش کلیدی در جذب مصرف‌کننده، ارزش بازار و سودآوری برای کشاورزان دارد(Koklu & Ozkan. 2020). در ایران، اگرچه استانداردهای ملی بیشتر بر معیارهای فنی مانند تعداد دانه در ۱۰۰ گرم تمرکز دارند، اما در عمل، بازارپسندی محصول به شدت تحت تأثیر ویژگی‌های ظاهری است. به‌ویژه در بازارهای صادراتی، خریداران خارجی لوبیاهایی با اندازهٔ مشخص برای هر یک از انواع لوبیا، یکسانی، رنگ یکنواخت و بدون نقص را ترجیح می‌دهند و حاضرند برای چنین محصولاتی هزینه بیشتری پرداخت کنند. این موضوع نشان می‌دهد که بهبود کیفیت ظاهری لوبیا می‌تواند به افزایش درآمد کشاورزان و رشد اقتصادی بخش کشاورزی کمک کند. از سوی دیگر، بی‌توجه‌بودن به این معیارها باعث کاهش تقاضا، افزایش ضایعات و افت قیمت محصول می‌شود. بنابراین، تدوین استانداردهای دقیق‌تر برای شکل و رنگ لوبیا، همراه با آموزش کشاورزان درباره روش‌های برداشت و

فرآوری مناسب می‌تواند نقش مهمی در بالابردن ارزش افزوده این محصول و رونق بازار داخلی و صادراتی آن داشته باشد (Mhango. 2011).

شکل ظاهری لوبیا یکی از کلیدی‌ترین عوامل تعیین‌کننده در تجارت جهانی این محصول محسوب می‌شود. تفاوت‌ها نه تنها بر جذاب بودن محصول تأثیر می‌گذارند، بلکه بر کاربردهای آشپزی و ترجیحات مصرف‌کنندگان نیز مؤثر هستند. در بازارهای بین‌المللی، استانداردهای سخت‌گیرانه‌ای دربارهٔ ویژگی‌های ظاهری لوبیا وجود دارد که تأثیر مستقیمی بر جریان واردات و صادرات این کالای استراتژیک دارد. در بعد صادراتی، کشورهای واردکننده مانند ترکیه، عراق، کشورهای اروپایی و حوزهٔ خلیج فارس لوبیاهایی با مشخصات ظاهری خاص را ترجیح می‌دهند که شامل ابعاد خاص، اندازهٔ یکنواخت، رنگ جذاب و عاری‌بودن از هرگونه نقص ظاهری می‌شود. این الزام‌ها به حدی اهمیت دارد که در بسیاری از موارد حتی محصولاتی با کیفیت تغذیه‌ای عالی اما ظاهر نامطلوب، یا با قیمت بسیار پایین‌تر به فروش می‌رسند یا اساساً از چرخهٔ تجارت جهانی حذف می‌شوند.

در زمینهٔ واردات نیز همین استانداردهای ظاهری حاکم است. ایران یکی از تولیدکنندگان لوبیاست زمانی می‌تواند از واردات بی‌نیاز شود که محصولات داخلی کیفیت ظاهری مطلوبی داشته باشند. تجربه نشان داده است که در سال‌هایی که کیفیت ظاهری لوبیای تولید داخل کاهش یافته با افزایش واردات این محصول مواجه بوده‌ایم. این موضوع نه‌تنها به اقتصاد ملی آسیب می‌زند، بلکه موجب خروج ارز از کشور می‌شود. از سوی دیگر، رعایت استانداردهای ظاهری در تولید لوبیا می‌تواند ایران را به یکی از بازیگران اصلی بازار جهانی این محصول تبدیل کند زیرا موقعیت جغرافیایی کشور این مزیت را دارد که بتواند به بازارهای پررونق منطقه‌ای و بین‌المللی دسترسی داشته باشد.

لوبیا پس از عدس پرمصرف‌ترین حبوبات در ایران است. آمار منتشر نشده وزارت جهاد کشاورزی نشان می دهد سرانه مصرف لوبیا در ایران حدود ۴ تا ۵ کیلوگرم در سال است.

ترجیحات مصرفی لوبیا در ایران طی زمان تغییر کرده است و حتی در مناطق مختلف متفاوت است. نسبت سطح زیر کشت لوبیاهای مختلف در ایران این گونه است: لوبیا چیتی و قرمز حدود ۶۰ درصد، لوبیا سفید حدود ۲۵ درصد، لوبیا مشکی حدود ۱۰ درصد و لوبیا کشاورزی یا کرم (حدود ۵ درصد) (آمار منتشر نشده).

لوبیا قرمز نیز به‌دلیل رنگ جذاب، طعم ملایم و کاربرد در غذاهای متنوع جایگاه ویژه‌ای دارد. مصرف‌کنندگان به‌ویژه به‌دلیل ارزش غذایی بالاتر (حاوی آهن و آنتی‌اکسیدان) آن را می‌پسندند (Garden-Robinson and McNeal. 2024). در ایران، مصرف لوبیا قرمز در دو نوع "قلمی یا کپسولی" (کشیده و باریک) و "متوسط" (گردتر) رواج دارد، اما ترجیحات مصرف بر اساس نوع غذا و منطقه متفاوت است؛ لوبیا کپسولی به‌دلیل شکل کشیده و بافت متراکم، بیشتر در غذاهای آب‌دار و خورش‌ها (مانند خوراک لوبیا قرمز و خورش‌های جنوبی) استفاده می‌شود و پس از پخت، شکل خود را بهتر حفظ می‌کند و له نمی‌شود. این نوع لوبیا در استان‌های جنوبی (خوزستان، بوشهر، هرمزگان) و برخی مناطق غربی (کرمانشاه، لرستان) محبوب‌تر است.

لوبیا قرمز متوسط (گردتر) برای پلو (لوبیاپلو)، سالادها و خوراک‌ها مناسب‌تر است. زودتر می‌پزد و نرم‌تر می‌شود. این لوبیا در استان‌های شمالی (گیلان، مازندران)، مرکزی (تهران، اصفهان) و شرقی (خراسان) بیشتر مصرف می‌شود. به‌طور کلی، لوبیا قرمز متوسط به‌دلیل تطبیق‌پذیری بیشتر با انواع غذاها و پخت سریع‌تر، در اکثر مناطق ایران پرمصرف‌تر است. اما در مناطق جنوبی و غربی که غذاهای آب‌دار و خورش‌های غلیظ رایج هستند، لوبیا کپسولی هم‌چنان جایگاه ویژه‌ای دارد. در سطح جهانی نیز لوبیا قرمز

تیره در آمریکای لاتین و مکزیک بسیار محبوب است. از لحاظ شدت رنگ نیز لوبیا قرمزهای مختلف در بازار ایران وجود دارد که می‌توان به لوبیا قرمز پررنگ یا جگری (مانند ارقام افق و صبا) و لوبیا قرمز کم‌رنگ (مانند رقم اختر و محلی لرستان) اشاره کرد. انتخاب هر یک، کاملاً سلیقه‌ای و بسته به نظر مصرف‌کننده دارد.

مطالعات متعددی روی تجزیه و تحلیل تصویری بذر پرداخته شده است. پونثوماست و همکاران(۲۰۱۲) از تجزیه و تحلیل تصویری برای ارزیابی و تفکیک برنج چسبنده از برنج معمولی استفاده کردند و با دقت حدود ۹۷ درصد دانه‌ها به درستی شناسایی و تفکیک شدند Punthumast *et al*. 2012). کاپادیا و همکاران (۲۰۱۷) تجزیه و تحلیل تصویری را به‌علت بی نیازی از هیچ‌گونه تیمار، پایین‌بودن هزینهٔ جانبی، بالابودن سرعت تحلیل و شناسایی دقیق به‌عنوان روشی کارآمد در علوم بذر معرفی کردند Kapadia *et al*. 2017).

تحلیل تصویر دیجیتال روشی نوین و غیرمخرب در ارزیابی ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی بذرها مورد توجه است. فاچی و همکاران در پژوهشی با عنوان «تحلیل تصویر دیجیتال برای سنجش تمایز ژنتیکی در بذرهای میوهٔ پشن فروت» به بررسی ۹۸ خانواده خواهر-برادر پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که ویژگی‌های هندسی بذر، به‌ویژه پارامترهایی مانند نامنظمی سطح، تحدب سطح، نازک شدگی و دایره‌بودن بیشترین سهم را در سنجش تمایز ژنتیکی دارند. این روش سه گروه را شناسایی کرد که گروه سوم با برخورداری از بالاترین میانگین وزن خشک گیاهچه (۴/۱۴ گرم)، طول ریشه‌چه (۶/۳۰ سانتی‌متر) و میزان جوانه‌زنی (۹۰ درصد) به‌عنوان گروه برتر معرفی شد. این یافته‌ها اهمیت فنوتایپینگ دیجیتال را در برنامه‌های اصلاح نباتات برای انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب و بهبود کیفیت بذر برجسته می‌کند (Fachi *et al*. 2019).

در مطالعه‌ای دیگر از نرم‌افزار تحلیل تصویری دیجیتال برای بررسی تغییرات شکل دانه‌های گندم در فرآیند جذب آب استفاده شد. نتایج نشان داد که جذب آب منجر به تغییرات قابل‌توجهی در اندازه، وزن و شکل دانه‌ها می‌شود. از روش‌های آماری مانند تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) و خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی (AHC) برای دسته‌بندی ژنوتیپ‌ها با الگوهای مشابه استفاده شد. محققان می‌گویند این یافته‌ها می‌توانند در برنامه‌های اصلاح نباتات برای بهبود جذب آب و افزایش عملکرد محصول به‌کار روند (Khan *et al*. 2024).

با توجه به موارد یادشده، تعیین ابعاد و استاندارد برای طول، عرض، ابعاد، طرح، رنگ و شدت رنگ لوبیا از جمله عوامل کلیدی در بهبود کیفیت، یکنواختی محصول و رقابت پذیری در بازارهای داخلی و بین المللی است. در دستورالعمل استاندارد ملی لوبیا ایران متأسفانه به این موضوع مهم به‌صورت شفاف و عملی پرداخته نشده است (Anonymous.1995). در حالی که وجود چنین معیارهایی می‌تواند در فرآیند تولید، بسته‌بندی و صادرات نقش تعیین کننده‌ای داشته باشد. بنابراین، مطالعهٔ حاضر به ارزیابی و تجزیه و تحلیل تصویری لوبیا قرمز، با هدف بررسی ترجیحات مصرف لوبیا در ایران از لحاظ ظاهری (ابعاد و شکل بذر) می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق ۱۱۵ نمونه لوبیا قرمز شامل ۹۵ نمونه لوبیا متوسط و ۲۰ نمونه لوبیا قرمز متوسط جمع آوری از مناطق مختلف کشور موجود در کلکسیون لوبیا بخش تحقیقات بانک ژن گیاهی ملی ایران در سال ۱۴۰۳ در مزرعه پژوهشی بانک ژن گیاهی ملی ایران (موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر) به صورت طرح آگمنت در ۱۴ بلوک در اردیبهشت ماه کشت و ارزیابی شد. هر نمونه در یک خط دو متری با فاصلهٔ ردیف ۶۰ سانتی‌متر و فاصلهٔ بوته ۱۰ سانتی‌متر روی پشته کشت شد. آبیاری با استفاده از نوارهای تیپ و براساس نیاز اجرا و علف هرز مزرعه به صورت دستی در چهار نوبت کنترل شد (جدول-۱). ابتدا از بذرها عکس برداری شد و با استفاده از نرم‌افزار imagej پردازش صورت

گرفت. طول، عرض، ضخامت، محیط، مساحت، نسبت طول به عرض، ضخامت بذر و وزن تک بذر (میانگین ۲۰ بذر) اندازه‌گیری شد. داده‌های فنوتیپی جمع آوری و تحلیل شدند. از نرم افزار SRPLOT برای تجزیه دندروگرام و نمودار استفاده شد.

چگالی فرم بذر (FFD[1]) شاخصی است کمی برای توصیف رابطه بین وزن بذر و ابعاد آن (عمدتاً طول و عرض) (معادله۱). این مفهوم در مطالعات مرتبط با اصلاح نباتات و کیفیت بذر، به ویژه در غلات مانند گندم، کاربرد دارد.

(۱) FFD = (طول دانه × عرض دانه) / وزن دانه

واحد اندازه گیری بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب (g/cm^3) بیان می‌شود.

ضریب استوانه‌ای[2] به صورت زیر محاسبه شد (معادله۲) (Kalantari *et al*., 2022).

(۲) $\psi=[3(W+T)^2 \ / \ 8WT]^n$

که در آن: ضریب استوانه‌ای : ψ

عرض دانه (میلی‌متر) : W

ضخامت دانه (میلی‌متر) : T

n به شکل زیر به دست می‌آید:

n=W+T/2L

طول دانه (میلی‌متر) : L

ضریب کرویت[3] به صورت زیر محاسبه شد (معادله۳) (Kalantari *et al*., 2022).

(۳) $\phi=L(L\cdot W\cdot T)^{(1/3)}/L$

که در آن

ϕ : ضریب کرویت (Sphericity)

L : طول دانه

W : عرض دانه

T : ضخامت دانه

شدت رنگ[4] نیز با نرم‌افزار imagej و استفاده از شاخص Mean gray value محاسبه شده است.

جدول ۱- نمونه‌های لوبیا مورد ارزیابی در این مطالعه

Table 1. The evaluated bean accessions in this study

کشور و یا استان جمع آوری Collection province	تعداد نمونه accession number	کشور و یا استان جمع آوری Collection province	تعداد نمونه accession number
فارس Fars	43	اصفهان Esfahan	2
آذربایجان غربی Azarbaijan gharbi	9	اردبیل Ardebil	1
مرکزی Markazi	34	خراسان Khorasan	3
کردستان Kordestan	9	یزد Yazd	1
همدان Hamedan	4	لرستان Lorestan	1
نا مشخص Unknown	4	شاهد control	3
کرمانشاه Kermanshah	5		

1 .Factor Form Density

2 . Cylindrical coefficient

3 . Sphericity factor

4 . color intensity

شکل ۱- نمونه‌های لوبیا بانک ژن به ترتیب از راست به چپ- لوبیا قرمز کپسولی و لوبیا قرمز متوسط

Fig 1 - the gene bank kidney Bean accessions, from right to left – larg and medium kidney beans

نتایج و بحث

در این تحقیق ۹۵ نمونه لوبیا قرمز متوسط ارزیابی شد. در نمونه‌های مورد بررسی بیشترین محیط بذر ۵۲/۹۸ و کمترین ۲۹/۴۱ میلی‌متر بوده است و متوسط محیط بیشترین فراوانی را داشته که در بازه ۳۷/۴۸ میلی‌متر به دست آمد. بیشترین مساحت بذر ۹۲/۰۶ و کمترین آن ۵۰/۵۵ میلی‌مترمربع بوده و متوسط مساحت بیشترین فراوانی را داشته که در بازه ۶۸/۴۷ میلی‌مترمربع قرار گرفت. بیشترین و کمترین طول بذر به ترتیب ۱۴/۸۸ و ۹/۹۵ میلی‌متر به‌دست آمد. متوسط طول بذر بیشترین فراوانی را داشته که در بازه ۱۱/۸۴ میلی‌متر به دست آمد. بیشترین و کمترین عرض بذر به ترتیب ۸/۶۲ و ۶/۶۵ میلی‌متر به‌دست آمد. متوسط عرض بذر بیشترین فراوانی را داشته که در بازه ۷/۵۸ میلی‌متر به دست آمد.

نسبت طول به عرض بذر اگر نزدیک به ۱ باشد، بذر به شکل دایره‌ای یا کروی است. اگر نسبت بزرگ‌تر از۱ باشد، بذر کشیده یا بیضی‌شکل است. اگر نسبت کوچک‌تر از ۱ باشد، بذر پهن یا فشرده است. در لوبیا قرمز بیشترین و کمترین نسبت طول به عرض بذر به ترتیب ۱/۹۸ و ۱/۳۴ به‌دست آمد. متوسط نسبت طول به عرض بذر بیشترین فراوانی را داشته که در بازه ۱/۵۶ به دست آمد.

ضخامت بذر شاخصی است مهم در شکل سه بعدی بذر و می‌تواند بر کیفیت و عملکرد محصول تأثیر بگذارد. ضخامت بیشتر نشان‌دهنده بذرهای پرحجم‌تر است که در آن نسبت آندوسپرم به پوست بیشتری است. در لوبیا قرمز بیشترین و کمترین نسبت ضخامت بذر به ترتیب ۱۰/۹۸ و ۴/۰۴ میلی‌متر به‌دست آمد. متوسط ضخامت بذر ۵/۲ میلی‌متر به دست آمد که بیشترین فراوانی را داشت. در صفت وزن بذر، بذرهای سنگین معمولا آندوسپرم بیشتری دارند و نسبت پوست به آندوسپرم در آنها پایین‌تر است. بذرهای سنگین‌تر اغلب سالم‌تر و پرحجم‌تر هستند، جوانه‌زنی بهتری دارند و ذخیره‌سازی مواد مغذی در آنها بیشتر است. در لوبیا قرمز بیشترین و کمترین نسبت وزن بذر به ترتیب ۰/۴۹ و ۰/۱۵ گرم به‌دست آمد. متوسط وزن بذر ۰/۲۵ گرم به دست آمد که بیشترین فراوانی را داشت. در صفت چگالی فرم بذر(FFD)، مقدار بالای این صفت نشان‌دهنده تراکم بیشتر دانه است، یعنی دانه سنگین‌تر نسبت به مساحت سطح آن است که به دلیل، ضخامت بیشتر دانه (حجم داخلی بیشتر نسبت به سطح)، چگالی بالاتر مواد داخل دانه (مثلاً نشاسته یا پروتئین بیشتر) یا شکل دانه متراکم‌تر (مثلاً نزدیک به کروی یا بیضی کامل) باشد. مقدار پایین این صفت نشان‌دهندۀ تراکم کمتر دانه است، یعنی دانه سبک‌تر نسبت

به مساحت سطح آن است، که به دلیل، نازک بودن دانه (حجم کم نسبت به سطح یا چروکیدگی یا ناهمواری سطح (افزایش سطح بدون افزایش وزن) یا به دلیل شکل کشیده یا نامنظم دانه (مثلاً دانه‌های باریک و بلند) باشد. در لوبیا قرمز بیشترین و کمترین چگالی فرم بذر به ترتیب ۰/۰۰۵۷ و ۰/۰۰۱۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب به‌دست آمد. متوسط چگالی فرم بذر ۰/۰۰۲۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب به دست آمد که بیشترین فراوانی را داشت.

ضریب کرویت نشان می‌دهد که شکل دانه تا چه حد به کره‌بودن نزدیک است. هر چه این عدد به ۱۰۰ درصد نزدیک‌تر باشد، شکل دانه کروی‌تر است. بیشترین و کمترین ضریب کرویت به ترتیب ۸۵/۶۹ و ۵۵/۵۱ به‌دست آمد. متوسط و بیشترین فراوانی ضریب کرویت ۶۶/۴۵ به دست آمد.

ضریب استوانه‌ای نشان می‌دهد که شکل دانه چقدر به یک استوانه نزدیک است. هر چه این عدد به ۱۰۰ درصد نزدیک‌تر باشد، شکل دانه استوانه‌ای‌تر است. بیشترین و کمترین ضریب استوانه‌ای به ترتیب ۸۲/۸۵ و ۶۸/۲۱ به‌دست آمد. متوسط و بیشترین ضریب استوانه‌ای ۷۸/۲۸ به دست آمد.

به طور کلی ذراتی با کرویت پایین و استوانه‌ای بودن بالا، نسبت سطح به حجم[1] متفاوتی نسبت به ذرات کروی دارند. این نسبت مستقیماً بر سرعت انتقال حرارت تأثیر می‌گذارد. به طور کلی، هرچه این نسبت بیشتر باشد، سرعت گرم و سرد شدن ماده بیشتر است. در فرایند خشک کردن، دانه استوانه‌ای ممکن است در جهت‌های مختلف سرعت خشک شدن متفاوتی داشته باشد که در مدل‌سازی باید لحاظ شود. در یک ذره کروی، توزیع حرارت می‌تواند متقارن باشد. در حالی که در ذرهٔ استوانه‌ای ممکن است گرما در راستای محور طولی سریع‌تر منتشر شود تا راستای عرضی. این موضوع در هنگام پخت لوبیا و درجه سختی آن اهمیت دارد (Kalantari *et al*., 2022).

شدت رنگ بین صفر تا ۲۵۵ متغیر است. در لوبیا قرمز بیشترین و کمترین شدت رنگ به ترتیب ۲۵۴/۹۸ و ۷۷/۰۲ به‌دست آمد. متوسط شدت رنگ ۱۴۲/۹۹ و بیشترین فراوانی در دو محدوده ۸۹/۵۹ و ۲۵۱ به دست آمد.

در تحقیقی روی کاربرد پردازش تصاویر دیجیتال در تخمین برخی خصوصیات مورفولوژیکی ارقام لوبیای استان مرکزی پردازش تصاویر دیجیتال به عنوان روشی قابل اعتماد و دقیق برای تخمین خصوصیات مورفولوژیکی ارقام لوبیا شناخته شد. در این مطالعه، با استخراج ۱۶ شاخص مورفولوژیکی از تصاویر دیجیتال دانه‌های لوبیا و مقایسه آنها با اندازه‌گیری‌های مستقیم فیزیکی، ضریب تبیین (R^2) بین ۰/۷۰۸ تا ۰/۹۵۵ به دست آمد که نشان‌دهنده همبستگی بسیار قوی بین داده‌های حاصل از دو روش است. این نتیجه تأیید می‌کند که پردازش تصویر می‌تواند با دقت بالا جایگزین روش‌های سنتی اندازه‌گیری شود و به عنوان ابزاری کارآمد در شناسایی و تشخیص ارقام لوبیا مورد به‌کار می‌رود. این روش علاوه بر کاهش خطای انسانی، سرعت و دقت فرآیند طبقه‌بندی و ارزیابی خصوصیات دانه‌ها را به طور چشمگیری افزایش می‌دهد (Tavakoli *et al*.,2016).

در این تحقیق ۲۰ نمونه لوبیا قرمز کپسولی ارزیابی شد. در نمونه‌های مورد بررسی بیشترین محیط بذر ۵۶/۵۰ و کمترین ۴۰/۴۴ میلی‌متر بود و متوسط محیط ۴۵/۷۲ میلی‌متر و بیشترین فراوانی ۴۴/۱ میلی‌متر به دست آمد. بیشترین مساحت بذر ۱۲۰/۰۵ و کمترین آن ۹۱/۳۶ میلی‌مترمربع بود و متوسط مساحت ۱۰۳/۹۰ و بیشترین فراوانی ۹۹/۲ میلی‌مترمربع داشت. بیشترین و کمترین طول بذر به ترتیب ۱۷/۳۷ و ۱۵/۱۹ میلی‌متر به‌دست آمد. متوسط طول بذر ۱۶/۰۵ و بیشترین فراوانی در بازه ۱۵/۸۵ میلی‌متر به دست آمد.

[1] . Surface-to-Volume Ratio

جدول۲- صفات محیط، مساحت، طول، عرض، نسبت طول به عرض، وزن، ضخامت و چگالی فرم بذرارزیابی شده در نمونه‌های لوبیا قرمز

Table 2 - Characteristics of perimeter, area, length, width, length to width ratio, weight, thickness and seed factor form density evaluated in kidney bean accessions.

Trait(unit)واحد		Perimeter(mm) محیط بذر	مساحت بذر Area(mm^2)	طول بذر Lenghth (mm)	عرض بذر Width(mm)	نسبت طول به عرض Length-to-with-ratio	ضخامت بذر Seed thickness (mm)	وزن (گرم) Weight (gr)	چگالی فرم بذر (گرم بر سانتی‌مترمکعب)	ضریب کرویت Sphericity factor %	ضریب استوانه‌ای Cylindrical coefficient %	شدت رنگ color intensity
لوبیا قرمز kidney beans	متوسط medium	37.48	68.47	11.84	7.58	1.56	5.51	0.25	0.0028	66.45	78.28	142.99
	بیشترین maxium	52.95	92.06	14.88	8.62	1.98	10.98	0.49	0.0057	85.69	82.85	254.98
	کمترین minimum	29.41	50.55	9.95	6.65	1.34	4.04	0.15	0.0017	55.51	68.21	77.02

بیشترین و کمترین عرض بذر در لوبیا کپسولی به ترتیب ۹/۰۳ و ۷/۴۷ میلی‌متر به‌دست آمد. متوسط عرض بذر ۸/۲۵ و بیشترین فراوانی در بازه ۸/۱۵ میلی‌متر به دست آمد. در لوبیا قرمز کپسولی بیشترین و کمترین نسبت طول به عرض بذر به ترتیب ۲/۱۲ و ۱/۷۸ به‌دست آمد. متوسط نسبت طول به عرض بذر بیشترین فراوانی را داشته که در بازه ۱/۹۵ به دست آمد.

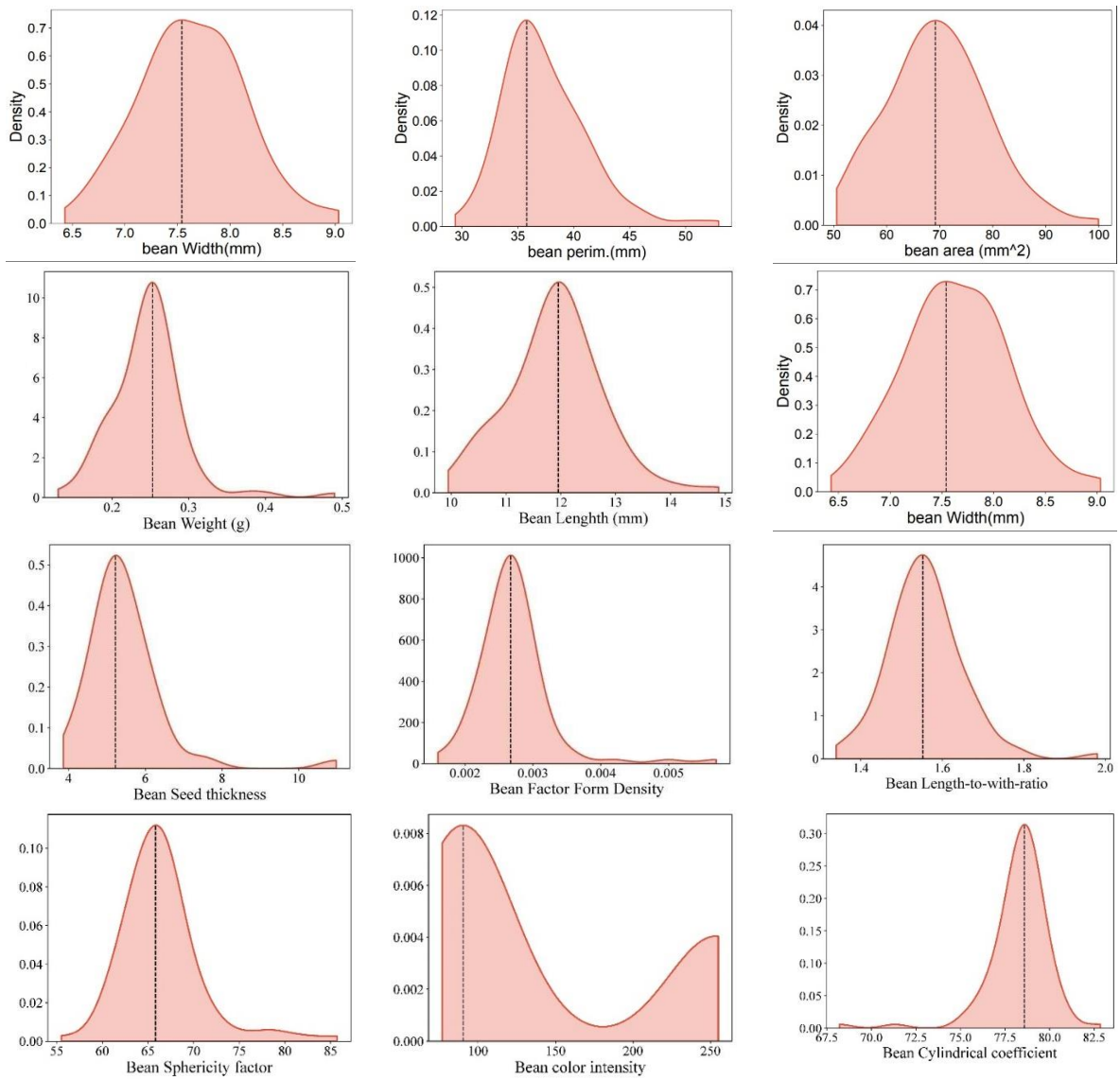
در لوبیا قرمزکپسولی بیشترین و کمترین ضخامت بذر به ترتیب ۱۰/۴۸ و ۴/۷۴ میلی‌متر به‌دست آمد. متوسط ضخامت بذر ۵/۶۷ میلی‌متر و بیشترین فراوانی ۵/۲ میلی متر به دست آمد. بیشترین و کمترین وزن بذر در لوبیا قرمز کپسولی به ترتیب ۰/۴۹ و ۰/۲۲ گرم به‌دست آمد. متوسط وزن بذر ۰/۳۷ گرم و بیشترین فراوانی ۰/۳۴ گرم به دست آمد. بیشترین و کمترین چگالی فرم بذر به ترتیب ۰/۰۰۳۷ و ۰/۰۰۱۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب به‌دست آمد. متوسط چگالی فرم بذر ۰/۰۰۲۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب به دست آمد که بیشترین فراوانی را داشت.

در لوبیا قرمز کپسولی بیشترین و کمترین شدت رنگ به ترتیب ۲۵۴/۹۷ و ۸۳/۱۶ به‌دست آمد. متوسط شدت رنگ ۱۷۰/۷۱ و بیشترین فراوانی در دو محدوده ۲۵۳/۲۰ و ۸۳/۱۶ به دست آمد.

بیشترین و کمترین ضریب کرویت به ترتیب ۶۸/۶۲ و ۵۲/۶۳ به‌دست آمد. متوسط ضریب کرویت۵۶/۲۵ و بیشترین فراوانی ضریب کرویت ۵۴/۵ به‌دست آمد.

درخصوص ضریب استوانه‌ای، بیشترین و کمترین به ترتیب ۸۳/۵۳ و۷۸/۶۷ به‌دست آمد. متوسط ضریب استوانه‌ای ۸۲/۰۴ و بیشترین ضریب استوانه‌ای ۸۲/۵ به دست آمد.

در تحقیقی برآورد پارامترهای هندسی حبوبات خشک با استفاده از تکنیک پردازش تصویر بررسی شد، در این تحقیق میزان کرویت برای نخود سبز ۰/۸۹، نخود ۰/۸۴، لوبیا قرمز ۰/۵۵، لوبیا سفید ۰/۶۹ و لوبیا چیتی ۰/۶۴ به‌دست آمد. این نتایج نشان می‌دهد نخود سبز و لوبیا سفید بیشترین شباهت را به کره و دایره دارند، در حالی که لوبیا قرمز کمترین میزان کرویت را در بین نمونه‌های مورد مطالعه دارا بود (Kumar *et al.*, 2013).



شکل ۲- به ترتیب نمودار فراوانی محیط، مساحت، طول، عرض، نسبت طول به عرض، وزن، ضخامت، چگالی فرم بذر، شدت رنگ، ضریب استوانه‌ای و ضریب کرویت در لوبیا قرمز.

Figure 2 - Frequency diagram of perimeter, area, length, width, length to width ratio, weight, thickness, seed factor form density, color intensity, Sphericity factor % and Cylindrical coefficient % evaluated respectively in kidney bean accessions.

در این تحقیق ۲۰ نمونه لوبیا قرمز کپسولی ارزیابی شد. در نمونه‌های مورد بررسی بیشترین محیط بذر ۵۶/۵۰ و کمترین ۴۰/۴۴ میلی‌متر بود و متوسط محیط ۴۵/۷۲ میلی‌متر و بیشترین فراوانی ۴۴/۱ میلی‌متر به دست آمد. بیشترین مساحت بذر ۱۲۰/۰۵ و کمترین آن ۹۱/۳۶ میلی‌مترمربع بود و متوسط مساحت ۱۰۳/۹۰ و بیشترین فراوانی ۹۹/۲ میلی‌مترمربع داشت. بیشترین و کمترین طول بذر به ترتیب ۱۷/۳۷ و ۱۵/۱۹ میلی‌متر به‌دست آمد. متوسط طول بذر ۱۶/۰۵ و بیشترین فراوانی در بازه ۱۵/۸۵ میلی‌متر به دست آمد.

بیشترین و کمترین عرض بذر در لوبیا کپسولی به ترتیب ۹/۰۳ و ۷/۴۷ میلی‌متر به‌دست آمد. متوسط عرض بذر ۸/۲۵ و بیشترین فراوانی در بازه ۸/۱۵ میلی‌متر به دست آمد. در لوبیا قرمز کپسولی بیشترین و کمترین نسبت طول به عرض

بذر به ترتیب ۲/۱۲ و ۱/۷۸ به‌دست آمد. متوسط نسبت طول به عرض بذر بیشترین فراوانی را داشته که در بازه ۱/۹۵ به دست آمد.

در لوبیا قرمزکپسولی بیشترین و کمترین ضخامت بذر به ترتیب ۱۰/۴۸ و ۴/۷۴ میلی‌متر به‌دست آمد. متوسط ضخامت بذر ۵/۶۷ میلی‌متر و بیشترین فراوانی ۵/۲ میلی متر به دست آمد. بیشترین و کمترین وزن بذر در لوبیا قرمز کپسولی به ترتیب ۰/۴۹ و ۰/۲۲ گرم به‌دست آمد. متوسط وزن بذر ۰/۳۷ گرم و بیشترین فراوانی ۰/۳۴ گرم به دست آمد. بیشترین و کمترین چگالی فرم بذر به ترتیب ۰/۰۰۳۷ و ۰/۰۰۱۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب به‌دست آمد. متوسط چگالی فرم بذر ۰/۰۰۲۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب به دست آمد که بیشترین فراوانی را داشت.

در لوبیا قرمز کپسولی بیشترین و کمترین شدت رنگ به ترتیب ۲۵۴/۹۷ و ۸۳/۱۶ به‌دست آمد. متوسط شدت رنگ ۱۷۰/۷۱ و بیشترین فراوانی در دو محدوده ۲۵۳/۲۰ و ۸۳/۱۶ به دست آمد.

بیشترین و کمترین ضریب کرویت به ترتیب ۶۸/۶۲ و ۵۲/۶۳ به‌دست آمد. متوسط ضریب کرویت۵۶/۲۵ و بیشترین فراوانی ضریب کرویت ۵۴/۵ به‌دست آمد.

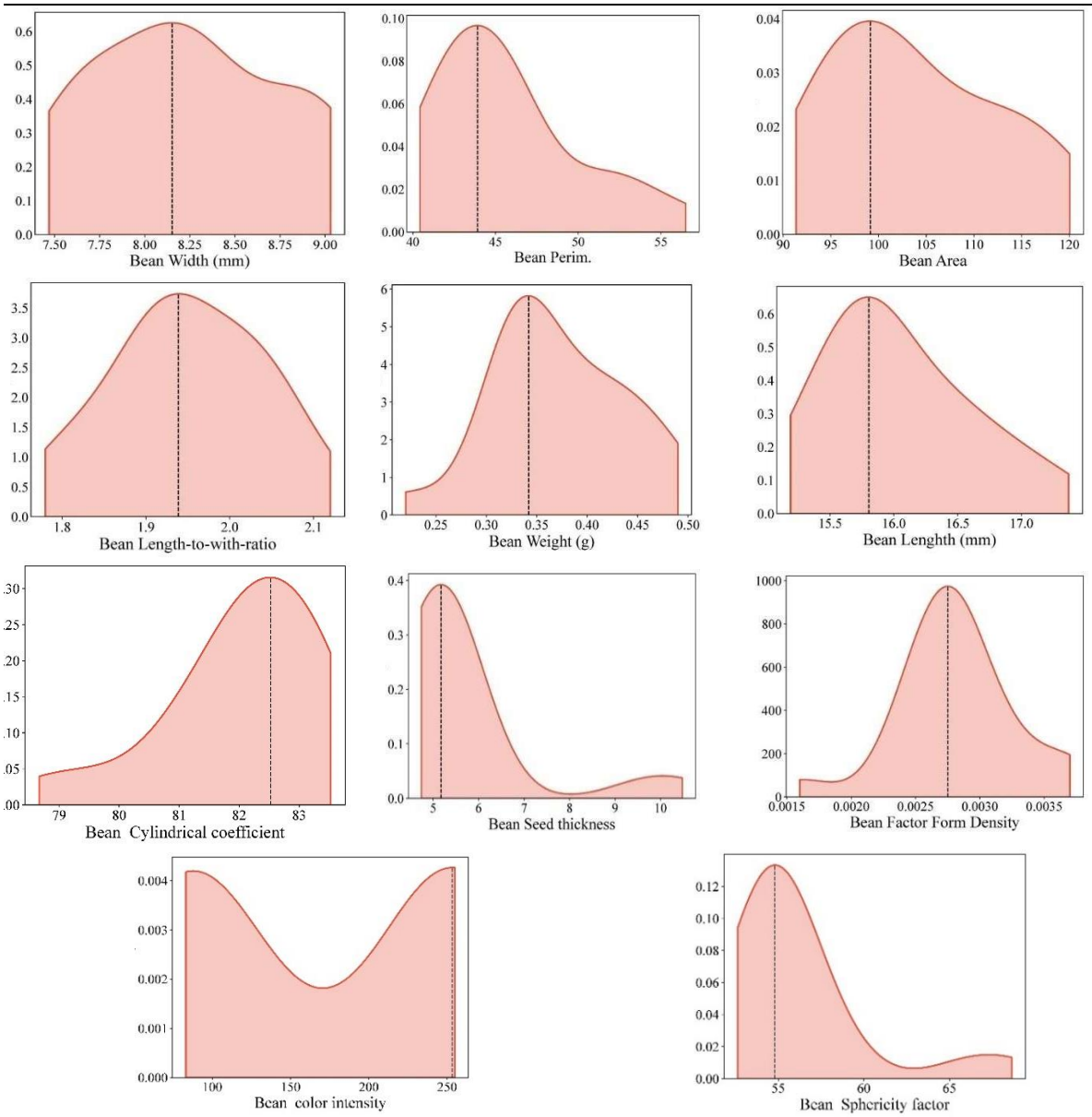
درخصوص ضریب استوانه‌ای، بیشترین و کمترین به ترتیب ۸۳/۵۳ و۷۸/۶۷ به‌دست آمد. متوسط ضریب استوانه‌ای ۸۲/۰۴ و بیشترین ضریب استوانه‌ای ۸۲/۵ به دست آمد.

در تحقیقی برآورد پارامترهای هندسی حبوبات خشک با استفاده از تکنیک پردازش تصویر بررسی شد، در این تحقیق میزان کرویت برای نخود سبز ۰/۸۹، نخود ۰/۸۴، لوبیا قرمز ۰/۵۵، لوبیا سفید ۰/۶۹ و لوبیا چیتی ۰/۶۴ به‌دست آمد. این نتایج نشان می‌دهد نخود سبز و لوبیا سفید بیشترین شباهت را به کره و دایره دارند، در حالی که لوبیا قرمز کمترین میزان کرویت را در بین نمونه‌های مورد مطالعه دارا بود (Kumar *et al.*, 2013).

جدول۳- صفات محیط، مساحت، طول، عرض، نسبت طول به عرض، وزن، ضخامت و چگالی فرم بذرارزیابی شده در نمونه‌های لوبیا قرمزکپسولی

Table 3 - Characteristics of perimeter, area, length, width, length to width ratio, weight, thickness and seed factor form density evaluated in larg kidney bean accessions.

Trait(unit)واحد		Perimeter(mm) محیط بذر	مساحت بذر Area(mm^2)	طول بذر Lenghth (mm)	عرض بذر Width(mm)	نسبت طول به عرض Length-to-with-ratio	ضخامت بذر Seed thickness	وزن (گرم) Weight (gr)	چگالی فرم بذر (گرم بر سانتی متر مکعب) Seed factor form density	ضریب کرویت Sphericity factor %	ضریب استوانه ای Cylindrical coefficient %	شدت رنگ color intensity
لوبیا قرمز کپسولی kidney beans	متوسط medium	45.72	103.90	16.05	8.25	1.95	5.667	0.37	0.0028	56.25	82.04	170.71
	بیشترین maxium	56.50	120.05	17.37	9.03	2.12	10.48	0.49	0.0037	68.62	83.53	254.97
	کمترین minimum	40.44	91.36	15.19	7.47	1.78	4.74	0.22	0.0016	52.63	78.67	83.16



شکل ۳- به ترتیب نمودار فراوانی محیط، مساحت، طول، عرض، نسبت طول به عرض، وزن، ضخامت، چگالی فرم بذر، شدت رنگ، ضریب استوانه‌ای و ضریب کرویت در لوبیا قرمز کپسولی

Figure 3 - Frequency diagram of perimeter, area, length, width, length to width ratio, weight, thickness, seed factor form density, color intensity, Sphericity factor % and Cylindrical coefficient % evaluated respectively in larg kidney bean accessions.

نتیجه گیری کلی

نتایج این مطالعه نشان‌دهندهٔ وجود تفاوت‌های مورفولوژیکی واضح و معنی‌دار بین دو نوع رایج لوبیای قرمز در ایران، یعنی لوبیای قرمز متوسط و لوبیای قرمز کپسولی است. این تفاوت‌ها بر ظاهر و طبقه‌بندی محصول تأثیر می‌گذارند و می‌توانند بر ترجیحات مصرف‌کننده و حتی استراتژی‌های بازارپسندی نیز مؤثر باشند.

به‌وضوح مشاهده می‌شود که لوبیای قرمز کپسولی با میانگین طول ۱۶/۰۵ میلی‌متر، به طور معناداری کشیده‌تر از لوبیای قرمز متوسط با میانگین طول ۱۱/۸۴میلی‌متر است.

این اختلاف حدود ۴/۲۱ میلی‌متر، اصلی‌ترین شاخص تمایز ظاهری بین این دو نوع به شمار می‌رود.

لوبیای کپسولی در عرض (۸/۲۵ میلی‌متر در مقابل ۷/۵۸ میلی‌متردر لوبیا قرمز متوسط) و ضخامت (۵/۶۷ میلی‌متر در مقابل۵/۵۱ میلی‌متر در لوبیا قرمز متوسط) نیز مقادیر بالاتری را نشان می‌دهد، اما اختلاف در این صفات در مقایسه با اختلاف طول، کمتر است. این امر بر شکل کشیده و باریک (کپسولی) لوبیای این گروه تأکید دارد.

نسبت طول به عرض که شکل بذر را به خوبی توصیف می‌کند، برای لوبیای کپسولی به طور میانگین ۱/۹۵ و برای لوبیای متوسط ۱/۵۶ به دست آمد. مقدار نزدیک به ۲ برای لوبیای کپسولی، شکل بیضی بسیار کشیدهٔ آن را تأیید می‌کند، در حالی که مقدار پایین‌تر برای لوبیای متوسط نشان‌دهنده شکلی کروی‌تر یا بیضی کوتاه است. این تفاوت شکل، مستقیماً بر انتخاب مصرف‌کننده برای غذاهای مختلف تأثیر می‌گذارد.

لوبیای قرمز کپسولی با میانگین وزن ۰/۳۷ گرم، سنگین‌تر از لوبیای متوسط با میانگین وزن ۰/۲۵ گرم است. این افزایش وزن منطبق با افزایش کلی در ابعاد (به‌ویژه طول) لوبیای کپسولی است.

میانگین چگالی فرم بذر (FFD) با توجه به وجود تفاوت در ابعاد و وزن برای هر دو نوع یکسان و برابر ۰/۰۰۲۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب محاسبه شد. این شاخص که رابطهٔ بین وزن و سطح بذر را نشان می‌دهد، حاکی از آن است که اگرچه لوبیای کپسولی بزرگ‌تر و سنگین‌تر است، اما نسبت وزن به سطح آن مشابه لوبیای متوسط است. این یافته می‌تواند نشان‌دهندهٔ یکنواختی نسبی در تراکم بافت داخلی (مانند نسبت آندوسپرم به پوسته) در هر دو نوع لوبیا باشد. با این حال، دامنهٔ تغییرات FFD در لوبیای کپسولی (۰/۰۰۱۶ تا ۰/۰۰۳۷) گسترده‌تر از دامنهٔ تغییرات FFD در لوبیای متوسط (۰/۰۰۱۷ تا ۰/۰۰۵۷) بود که نشان‌دهندهٔ تنوع بیشتر در تراکم میان نمونه‌های لوبیای کپسولی است.

محیط و مساحت بذر به ترتیب بیانگر اندازهٔ کلی و مساحت بذر هستند. با افزایش طول و عرض در لوبیای کپسولی، میانگین محیط بذر از ۳۷/۴۸ میلی‌متر در نوع متوسط به ۴۵/۷۲ میلی‌متر در نوع کپسولی و میانگین مساحت بذر از ۶۸/۴۷ میلی‌مترمربع در نوع متوسط به۱۰۳/۹۰ میلی‌مترمربع در نوع کپسولی افزایش می‌یابد. این افزایش قابل توجه (~۲۲ درصد برای محیط و ~۵۲ درصد برای مساحت) به وضوح نشان می‌دهد که لوبیای کپسولی نه تنها کشیده‌تر، بلکه از نظر اندازه کلی و سطح، بزرگ‌تر از نوع متوسط است. این ویژگی می‌تواند بر ظاهر پرتر محصول در بسته‌بندی و همچنین بر سرعت نفوذ آب هنگام خیساندن و پخت تأثیر بگذارد(جدول ۴).

لوبیای قرمز متوسط دارای کرویت بالاتر است، یعنی شکل آن به کره نزدیک‌تر است. لوبیای کپسولی کشیده‌تر و باریک‌تر است و بنابراین کرویت کمتری دارد. لوبیای متوسط، نسبت به لوبیا کپسولی ، حدود ۱۵ درصد کرویت بیشتری دارد. ضریب استوانه‌ای، شکل بذر را نسبت به استوانه می‌سنجد. افزایش این ضریب در لوبیای کپسولی، نشان‌دهنده شکل کشیده و استوانه‌ای‌تر این نوع لوبیاست که با نام "قلمی یا کپسولی" (کشیده) بودن آن مطابقت دارد. لوبیای کپسولی حدود ۵ درصد ضریب استوانه‌ای بیشتری از لوبیا متوسط دارد. لوبیای کپسولی رنگ قرمز تیره‌تر و شدیدتری(حدود ۱۹ درصد) دارد که نشان‌دهندهٔ غلظت بیشتر رنگدانه‌های قرمز (آنتوسیانین) در آن است.

در بررسی با عنوان«شناسایی ارقام مختلف دانه لوبیا با استفاده از پردازش تصویر و الگوریتم‌های آماری برای طبقه‌بندی ارقام لوبیا (قرمز، سفید و چیتی) استفاده شد. در این پژوهش، با استخراج ۳۴ شاخص مورفولوژیکی از تصاویر دیجیتال به‌دست آمد و نتایج نشان داد که دقت طبقه‌بندی برای ارقام لوبیا قرمز، سفید، چیتی به ترتیب ۸۹ درصد، ۸۱ درصد و ۷۲ درصد گزارش شد. نتایج تحقیق نشان داد این روش ابزاری قدرتمند و دقیق برای شناسایی خودکار ارقام لوبیاست(Tavakoli & Mohammadi Gol, 2016).

جدول ٤- مقایسهٔ صفات لوبیای قرمز متوسط و کپسولی (همراه با درصد تغییرات)

Table 4 - Comparison of traits of larg and medium kidney beans (with percentage changes)

صفت / واحد treat / unit	لوبیای قرمز متوسط (گستره مطلوب) Medium kidney beans (desirable amount)	لوبیای قرمزکپسولی (گستره مطلوب) larg kidney beans (desirable amount)	درصد تغییرات (تقریبی) change Percentage (approximate)
12.0 - 12.5	15.85 - 16.5	35% -40% increase	طول بذر میلی‌متر(mm) Lenghth (mm)
7.58 - 7.9	8.15 - 8.5	10%- 12%increase	عرض بذر میلی‌متر(mm) Width(mm)
5.2 - 5.8	5.2 - 6.0	4% -5% increase	ضخامت بذر میلی‌متر(mm) Seed thickness
37.48 - 39.0	45.72 - 47.5	22%- 25% increase	محیط بذر میلی‌متر(mm) Perimeter(mm)
68.47 - 72.0	103.9 - 109.0	50%- 55% increase	مساحت بذر میلی‌متر مربع(mm^2) Area(mm^2)
1.56 - 1.65	1.95 - 2.00	25%- 30% increase	نسبت طول به عرض (بدون واحد) Length-to-with-ratio
0.25 - 0.30	0.34 - 0.42	50%- 55% increase	وزن تک بذر گرم(gr) Weight (gr)
0.0028 - 0.0032	0.0028 - 0.0032	~0% the same	چگالی فرم بذر(FFD) گرم بر سانتی‌متر مربع(g/cm^2) Factor Form Density (g/cm^2)
66.45 – 68.0	56.25-58.8	~15% decrease	ضریب کرویت Sphericity factor %
78.28 – 80.0	82.04-83.0	~5% increase	ضریب استوانه ای Cylindrical coefficient %
142.99 – 150.0	170.71-175.0	~19% increase	رنگ قرمز color intensity

نکتهٔ مهم این است که براساس آمار اخذ شده از موسسه ثبت و گواهی بذر تنها حدود ۲۰ درصد از بذرهای لوبیا در ایران از بذرهای گواهی‌شده هستند. کشت لوبیا در ایران عمدتاً به صورت توده صورت می‌گیرد که حاوی مخلوطی از ژنوتیپ‌های متفاوت بذر هستند. بنابراین محصول نهایی نیز شامل جمعیت‌های مختلفی از بذرها خواهد بود. عرضه این محصولات مخلوط و ناهمگون به بازار، بدون جداسازی بر اساس واریته، نه تنها موجب کاهش شدید ارزش بازار آنها می‌شود، بلکه فرصت‌های ارزشمندی را برای ایجاد تمایز و خلق ارزش افزوده از دسترس بهره‌برداران خارج می‌کند.

بر این اساس و به منظور خروج از این چالش و تبدیل آن به یک فرصت اقتصادی، به بهره‌برداران توصیه می‌شود با اتخاذ راهبردهایی مانند تعیین درجه‌بندی مختلف برای لوبیا قرمز از نظر ابعاد، شکل و شدت رنگ و ایجاد استاندارد معیار، ایجاد و ثبت برندهای محلی و منطقه‌ای برای لوبیای قرمز با کیفیت ظاهری بالا (همچون لوبیا چیتی خمین)، پرداختن به تحقیقات بازار محلی برای درک سلیقه متنوع مصرف‌کنندگان و استفاده از فناوری‌های نوین مانند تصویربرداری دیجیتال برای کنترل کیفیت ظاهری، ارزش افزوده بیشتری را برای محصول خود ایجاد کنند. رعایت این نکات به کشاورزان و بازرگانان امکان می‌دهد سهم بهتری در بازارهای داخلی و خارجی داشته باشند. در این راستا، به‌کارگیری روش تحلیل تصاویر دیجیتال برای تعیین عینی و سریع استانداردها و گنجاندن این استانداردها در

دستورالعمل‌های رسمی، کلید موفقیت برای بالابردن کیفیت لوبیاهای ایرانی و افزایش رضایت مصرف‌کنندگان خواهد بود.

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از گزارش علمی/ فنی تحلیلی با شـــماره فروست ۶۸۱۰۴ است و نویسندگان وظیفه خود می‌دانند سپاسگزاری از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر را بابت حمایت‌هـای به عمـل آمده اعـلام دارند.

تعارض منافع

نویسندگان در خصوص انتشار مقاله مربوطه به طور کامل از اخلاق نشر، از جمله سرقت ادبی، سوء رفتار، جعل داده‌ها و یا ارسال و انتشار دوباره پرهیز نموده‌اند و در این راستا منافع تجاری وجود ندارد.

منابع

Ahmadi, M. (2023). Final report on the identification, revival and evaluation of green bean germplasm in the National Plant Gene Bank of Iran . Institute for Research on Breeding and Production of Seed and Seedling. (pages: 24) (In Persian).

Anonymous. (1995). Iranian National Standard No. 38: Beans- Characteristics and test methods .Institute of Standards and Industrial Research of Iran Publications. Pp: 12. (In Persian).

Bennetau-Pelissero, C. (2019). Plant proteins from legumes In: Bioactive Molecules in Food. Reference Series in Phytochemistry. Springer. Pp: 223–265.

Beyzaei, E., & Dari, H. R. (2011). Guidelines for planting, maintenance and harvesting of pinto bean. Agricultural Research, Education and Extension Organization. Pp: 46. (In Persian).

Dori, H.R., Qanberi, A.A., Lak, M.R. and Bani Jamali, M. (2009). Guide bean (plantation, cultivation, harvesting). Agricultural extension, education and research organization, deputy of education and extension, Pp: 1-112. (In Persian).

Fachi, L. R., Krause, W., Vieira, H. D., de Araújo, D. V., da Luz, P. B., & Viana, A. P. (2019). Digital image analysis to quantify genetic divergence in passion fruit seeds. *Genetics and Molecular Research*, *18*(2), 1-144 https://doi.org/10.4238/gmr16039955.

FAO.(2023). https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL

Garden-Robinson, J. and McNeal, K. (2024), All About Beans Nutrition, Health Benefits, Preparation and Use in Menus, North Dakota State University Fargo, North Dakota.Pp:16

Kalantari, D., Jafari, H., Kaveh, M., Szymanek, M., Asghari, A., Marczuk, A., & Khalife, E. (2022). Development of a machine vision system for the determination of some of the physical properties of very irregular small biomaterials. *International Agrophysics*, 36(1), 27-35. doi:10.31545/intagr/145920.

Kapadia, V. N., Sasidharan, N., & Patil, K. (2017). Seed Image Analysis and Its Application in Seed Science Research. *Advances in Biotechnology & Microbiology, 7*(2), 29-40. https: //doi.org /10. 19080 /AIBM.2017.07.555709.

Khan, T., Jamil, M., Ali, A., Rasheed, S., Irshad, A., Magsood, M. F., Zulfiqar, U., Chaudhary, T., Ali, M. A., & Elshikh, M. S. (2024). Exploring water-absorbing capacity: A digital image analysis of seeds from 120 wheat varieties. Scientific Reports, 14(1), 57-67. https://doi.org/10.1038/s41598-024-57193-w.

Kumar, M., Bora, G., & Lin, D. (2013). Image processing technique to estimate geometric parameters and volume of selected dry beans. Food Measure, 7(2), 81-89.

Lisciani, S., Marconi, S., Le Donne, C., Camilli, E., Aguzzi, A., Gabrielli, P., Gambelli, L., Kunert, K., Marais, D., Vorster, B.J., Alvarado-Ramos, K., Reboul, E., Cominelli, E., Preite, C., Sparvoli, F., Losa, A., Sala, T., Botha, A-M. and Ferrari, M. (2024) Legumes and common beans in sustainable diets: nutritional quality, environmental benefits, spread and use in food preparations. Front. Nutr. 11:1385232. doi: 10.3389/fnut.2024.1385232.

Majnoun Hosseini, N.(2015). Agriculture and production of cereals (new edition of cereals in Iran). Tehran University Jihad Publishing Organization. 283p.

Maphosa, Y and Jideani, V. A. (2017). The Role of Legumes in Human Nutrition, From The Edited Volume, Functional Food - Improve Health through Adequate Food, DOI: 10.5772/intechopen.69127.

Mhango, W. (2011). Nitrogen budgets in legume based cropping systems in northern Malawi. Dissertation Abstracts International,. 72 (03), 65-73

Mokle, S. R., Waghmare, H. K., & Patil, S. (2020). Seed Quality Analysis Using Image Processing. IJSART - International Journal of Science and Advanced Research in Technology, 6(1), 229–237. Retrieved from www.ijsart.com.

Perez de la Vega, M., Santalla, M. and Marsolais, F. (2017). The common bean genome. Springer International Publishing. 304p.

Punthumast, P., Auttawaitkul, Y., Chiracharit, W., and Chammongthai, K. (2012)."Non-destructive Identification of Unmilled Rice Using Digital Image Analysis," in Proceedings of IEEE Conference, Pp. 1–4.

Sawarkar, M., & Rode, S. V. (2017). Digital Image Processing Applied to Seed Purity Test. International Journal of Innovative Research in Electrical, Electronics, Instrumentation and Control Engineering, 5(5), 256–260. https://doi.org/10.17148/JUREEICE.2017.5539.

Tavakoli, H., & Mohammadi Gol, R. (2016). Application of Digital Image Processing in Estimating Some Morphological Characteristics of Common Bean Varieties in Markazi Province. The 6th National Iranian Pulses Congress.Pp5. [In Persian]

Tavakoli, H., & Mohammadi Gol, R. (2016). Identification of Different Bean Seed Varieties Using Image Processing and Random Forest Algorithm. *Proceedings of the 6th National Iranian Pulses Congress*. Pp:5. [In Persian]

Koklu, M., & Ozkan, I. A. (2020). Multiclass classification of dry beans using computer vision and machine learning techniques. Computers and Electronics in Agriculture, 174, 32-45. https:// doi.org / 10.1016/j.compag.2020.105507

Food Engineering Research/Vol.25/No. 80/ Spring& Summer 2026/P:83-98

Journal Home page: https://fooder.areeo.ac.ir/

Original Research

Visual evaluation of kidney bean accessions from the National Plant Gene Bank of Iran

Mehrzad Ahmadi*, Ali Akbar Ghanbari, Zeinab Sharafi

***Corresponding Author:** Assistant prof. Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
Email: ahmadimehrzad@ymail.com
Received:28 September 2025 **Accepted**: 28 April 2026
http://doi: 10.22092/fooder.2026.370846.1432

Abstract

This study investigated 115 kidney bean accessions, comprising 95 medium-seed and 20 long-seed types, obtained from the collection of the National Plant Gene Bank of Iran. ImageJ software was used for image processing and to measure traits including length, width, thickness, perimeter, area, the length-to-width ratio, single seed weight, and Seed factor form density (FFD).

The results showed that the average length, width, and thickness of the medium red kidney beans were 11.84, 7.58, and 5.51 millimeters, respectively. For the long-shaped red kidney beans, the average values were 16.05, 8.25, and 5.67 millimeters, respectively. Furthermore, the Seed factor form density (FFD) values for both the medium and long-shaped beans were 0.0028 grams per square centimeter. The average color intensity for kidney beans was 142.99, and for large kidney beans, it was 170.71 (on a scale of 0 to 255).The average cylindrical coefficient for kidney beans was calculated as 78.28%, and for large kidney beans it was 82.04%.The average sphericity factor was 66.45% for kidney beans and 56.25% for large kidney beans.

This study reveals significant diversity in the appearance characteristics of Iranian red kidney beans and emphasizes the necessity of developing national standards for grading beans based on dimensions, shape, and other morphological characteristics. The use of image processing methods can serve as a fast, accurate, and non-destructive tool for seed quality assessment and for enhancing bean marketability standards.

Keywords: Image evaluation, Gene bank, Image processing, Seed form density, Red bean

© 2026,The Author(s). Published by Agricultural Engineering Research Institute. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). Which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.