

## تعیین برخی خواص فیزیکی بنه زعفران (۵۷۱)

محمد فرهمند<sup>۱</sup>، سید رضا حسن بیگی<sup>۲</sup>، محمد حسین کیانمهر<sup>۳</sup>، داوود قنبریان<sup>۴</sup>

### چکیده

زعفران زراعی، گرانبهاترین محصول کشاورزی جهان به شمار می‌رود. از آنجا که این گیاه عقیم است و تنها راه تکثیر این گیاه بنه آن می‌باشد، ساخت دستگاههای مرتبط با کشت مکانیزه زعفران نیازمند آگاهی از خواص فیزیکی بنه می‌باشد. لذا در این تحقیق برخی خواص فیزیکی مهم بنه زعفران تعیین شد. آزمایش ها بر روی نمونه‌های جمع‌آوری شده از سه منطقه مهم تولیدکننده زعفران در استان خراسان رضوی، تربت حیدریه، کاشمر و گناباد، انجام گرفت. میانگین طول، عرض، ارتفاع، جرم، حجم، جرم حجمی ظاهری، جرم حجمی توده، تخلخل، کرویت، قطر متوسط هندسی، قطر متوسط حسابی و سطح روبه بنه‌های سه منطقه به ترتیب  $21/86\text{mm}$ ،  $18/80\text{mm}$ ،  $4/44\text{g}$ ،  $3/76\text{cm}^3$ ،  $1/11\text{g/cm}^3$ ،  $0/642\text{g/cm}^3$ ،  $42/16\%$ ،  $90/04\%$ ،  $19/73\text{mm}^2$  و  $1263\text{mm}^2$  به دست آمد. سطوح تصویری عمود بر محورهای طول، عرض و ارتفاع بنه‌ها به ترتیب  $367/07\text{mm}^2$ ،  $403/06\text{mm}^2$  و  $338/37\text{mm}^2$  اندازه‌گیری شد. ضریب اصطکاک استاتیکی نیز بر روی پنج سطح مختلف شامل ورق فولاد معمولی، ورق فولادی گالوانیزه، تخته چنودلا، لاستیک و پلی‌اتیلن به ترتیب  $0/517$ ،  $0/404$ ،  $0/464$ ،  $0/584$  و  $0/402$  به دست آمد که اختلاف بین آنها در سطح  $1\%$  معنی‌دار بود. همچنین زاویه استقرار طبیعی بنه‌ها برای سه منطقه تربت حیدریه، گناباد و کاشمر به ترتیب  $32/62$ ،  $30/56$  و  $30/31$  درجه تعیین شد.

واژه‌های کلیدی: زعفران، بنه، بنه زعفران، خواص فیزیکی

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشین های کشاورزی، پردیس ابوریحان، پست الکترونیک: mf62\_farahmand@yahoo.com

۲- استادیار گروه مهندسی فنی کشاورزی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

۳- استادیار گروه مهندسی فنی کشاورزی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

۴- استادیار گروه مهندسی ماشین های کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

## مقدمه

زعفران گیاهی از خانواده زنبق<sup>۱</sup> بوده و در منطقه مدیترانه و غرب آسیا از ۱۰ درجه غربی تا ۸۰ درجه شرقی طول جغرافیایی و ۳۰ درجه تا ۵۰ درجه شمالی عرض جغرافیایی و تا ارتفاع ۱۰۰۰ متر از سطح دریا گسترش یافته است [۱۵]. منشأ این گیاه به طور دقیق شناخته شده نیست ولی برخی مستندات آن را بومی دامنه‌های الوند ایران نشان می‌دهند [۲]. علاوه بر ایران که با تولید بیش از ۹۰٪ زعفران دنیا بیشترین تولید را به خود اختصاص داده است، این محصول در کشورهای دیگری از جمله اسپانیا، هند، یونان، آذربایجان، مراکش و ایتالیا نیز کشت می‌شود. بیشترین کشت زعفران در ایران مربوط به استان خراسان می‌باشد که تقریباً ۹۲٪ تولید را به خود اختصاص داده است. کلاله زعفران که قسمت خوراکی این محصول می‌باشد، به جهت دارا بودن عطر و طعم و رنگ مطلوب، مصارف زیادی در صنایع غذایی، قنادی، نوشابه‌های الکلی و غیر الکلی و صنایع لبنی دارد [۱۵]. همچنین تأثیر این گیاه بر روی برخی بیماری‌ها از جمله تومورهای سرطانی به اثبات رسیده است [۱، ۲۱، ۲۲].

گیاه زعفران بدلیل تریپلوئید بودن عقیم است و کپسول و بذر در آن تشکیل نمی‌شود و یا به ندرت تشکیل می‌شود [۱۹]. لذا این گیاه هر ساله از جوانه‌های موجود در پیاز (بنه) که در واقع ساقه‌ای زیر زمینی ضخیم شده‌ای است تولید می‌شود (بدین صورت که هر ساله بنه‌ها پس از گلدهی اقدام به تولید بنه‌های جدید برای سال بعد می‌کنند و خود از بین می‌روند). با این اوصاف کاربرد اصلی بنه زعفران جهت کشت گیاه زعفران می‌باشد، هر چند از بنه‌های زعفران به جهت خاصیت ضد سرطانی برای مصارف دارویی و برای تغذیه دام نیز استفاده می‌شود [۹ و ۱۵].

کشت زعفران زراعی در ایران علاوه بر جنبه‌های زاعی و اقتصادی، دارای جنبه‌های اجتماعی و فرهنگی نیز می‌باشد به طوری که در طول هزاران سال بصورت بومی و نظام‌مند تکامل یافته است و به همین دلیل ابعاد فناوری تولید، فرآوری و حتی مصارف آن بر مبنای دانش بومی شکل گرفته است. به طور کلی کشاورزان ایرانی معمولاً بنه‌های زعفران را توسط دست برداشت، سورت و کشت می‌کنند که این کار زمانبر بوده و هزینه کارگری بالایی دارد به علاوه کنترل مناسبی بر وزن بنه‌ها جداسازی شده وجود ندارد [۱۴ و ۲۱]. تولید بومی و محلی زعفران مشکلاتی از جمله عملکرد پایین در واحد سطح، هزینه‌های بالای تولید و سطح کیفی پایین فرآوری آن را به همراه داشته است که برای غلبه بر این مشکلات استفاده از کشت مکانیزه راه حل مناسبی به نظر می‌رسد. از آنجا که گیاه زعفران عقیم است و تنها راه تکثیر آن کشت بنه‌های آن می‌باشد؛ لذا به منظور تولید مکانیزه زعفران، طحی و ساخت دستگاههایی به منظور انجام عملیات برداشت، سورتینگ، اندازه‌بندی و همچنین کاشت بنه‌ها از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. جایگزینی دستگاه‌های مناسب برای کشت مکانیزه زعفران به جای استفاده از نیروی کارگری، مستلزم تعیین خواص پایه فیزیکی آن می‌باشد. این کار برای اکثر محصولات کشاورزی توسط محققان مختلف صورت گرفته است چرا که به منظور فرآوری بهینه و ساخت دستگاههایی مناسب جهت انجام عملیات خاصی بر روی آنها، آگاهی از برخی خواص فیزیکی یا مکانیکی آنها ضروری می‌باشد. از جمله این تحقیقات می‌توان به تعیین خواص فیزیکی و مکانیکی ارقام مختلف پیاز [۲، ۶ و ۱۵]، سیر [۱۳]، بادام [۵]، بادام‌زمینی [۷ و ۲۷]، فندق [۱۲]، آلو [۸]، عدس [۴]، نخود [۱۰]، پنبه‌دانه [۲۲]، کرچک [۲۹]، دانه کدو [۱۸]، ارزن [۱۷] و زیره [۳۱] اشاره کرد. از آنجا که اطلاعات مستندی در مورد خواص فیزیکی بنه زعفران موجود نمی‌باشد، در این تحقیق خواص فیزیکی اصلی بنه زعفران سه منطقه مهم تولیدکننده این محصول در استان خراسان رضوی تعیین می‌شوند.

## مواد و روش‌ها

۳۰ کیلوگرم بنه زعفران بعد از برداشت از مزارع شهرستانهای تربت حیدریه، کاشمر و گناباد که از مناطق عمده کشت زعفران استان خراسان محسوب می‌شوند تهیه و در گونیهای مجزا بارگیری شده و به پردیس ابوریحان دانشگاه تهران واقع در شهرستان پاکدشت منتقل شدند. نمونه‌های مورد نیاز از هر شهرستان به صورت تصادفی از گونی‌های ۱۰ کیلوگرمی بنه‌ها انتخاب شدند. بنه‌ها به منظور حذف ناخالصی‌ها با دست تمیز شدند. بسته به نوع خاصیت مورد بررسی فرضیات زیر در اندازه‌گیری‌ها لحاظ شدند:

- ۱- برای اندازه‌گیری جرم، ابعاد و سطوح تصویری پوشینه‌های زاید و دم بنه‌ها حذف شده و فقط یک لایه از پوشینه (بدون دم) بر روی بنه‌ها باقی گذاشته شد.

- ۲- تعیین ضریب اصطکاک استاتیکی و زاویه استقرار طبیعی بنه‌ها دارای یک لایه پوشینه همراه با دم بودند.

۳- برای اندازه‌گیری حجم بنه‌ها به جهت حذف خطای ناشی از جذب آب (روش ترازوی سکودار) کل پوشینه‌های بنه‌ها حذف شدند.

محتوای رطوبتی بنه‌های زعفران مناطق مختلف با استفاده از یک آون الکتریکی با دمای  $30 \pm 1.03^\circ\text{C}$  و اندازه‌گیری تغییر جرم بنه‌ها تا رسیدن به تغییرات جرم کمتر از  $0.2\%$  درصد انجام شد. برای هر بار آزمایش سه نمونه تقریباً  $50$  گرمی بنه داخل آون قرار داده شد. این روش برای محصولات دیگر نیز توسط محققان بکار برده شده است [۲۵ و ۲۶]. برای اندازه‌گیری جرم بنه‌ها (M) از یک ترازوی دیجیتالی با دقت  $0.001$  گرم استفاده و جرم  $200$  عدد بنه از هر شهر تعیین شد. به منظور اندازه‌گیری ابعاد بنه‌ها سه محور عمود بر هم مطابق شکل ۱ تعریف شد. اولی محور اصلی بنه که در راستای دم آن قرار دارد (ارتفاع بنه، H). محورهای دوم و سوم که در صفحه عمود بر محور اصلی قرار دارند، در راستای قطرهای بزرگ (طول، L) و قطر کوچک (عرض، D) بنه می‌باشند. ابعاد بنه‌ها در راستای این سه محور با استفاده از یک کولیس دیجیتال با دقت  $0.01$  میلی‌متر اندازه‌گیری شد.

قطر متوسط هندسی  $(D_g)^1$ ، قطر متوسط حسابی  $(D_a)^2$  و کرویت  $(\phi)^3$  بنه‌ها با استفاده از روابط زیر محاسبه شدند [۴، ۲۰، ۲۳ و ۲۸]:

$$D_g = (\text{HLD})^{1/3} \quad (1)$$

$$D_a = \frac{H+L+D}{3} \quad (2)$$

$$\phi = \frac{(\text{HLD})^{1/3}}{a} \quad (3)$$

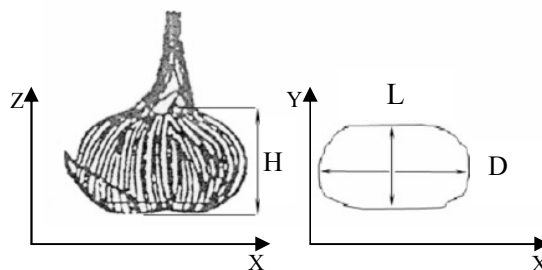
در روابط فوق H ارتفاع بنه (mm)، L قطر بزرگ یا طول بنه (mm)، D قطر کوچک یا عرض بنه (mm) و a بزرگترین بعد بنه ( $a = \text{Max}(H \& L)$ ) می‌باشند.

اندازه‌گیری سطوح تصویری بنه زعفران در راستاهای عمود بر محورهای X، Y و Z (به ترتیب MA، MB و MC) بر روی  $50$  عدد بنه از هر منطقه با عکسبرداری توسط یک دوربین دیجیتال مدل Panasonic DMC-FX8 از فاصله‌ای ثابت انجام شد [۷ و ۱۲]. پس از عکسبرداری، سطوح تصویری با استفاده از روش آنالیز تصویر توسط نرم‌افزار MATLAB 7.0 محاسبه گردیدند. همچنین سطوح تصویری هر بنه در راستاهای عمود بر محورهای X، Y و Z میوه - به ترتیب PA، PB و PC - را می‌توان با استفاده از رابطه زیر و با در دست داشتن ابعاد بنه تخمین زد [۱۸].

$$PA = \frac{\pi DH}{4}, PB = \frac{\pi LH}{4}, PC = \frac{\pi DL}{4} \quad (4)$$

بر طبق روشی که توسط باریه<sup>۴</sup> و محسنین<sup>۵</sup> به کار برده شده است، سطح رویه بنه‌ها (S) با استفاده از رابطه زیر تعیین می‌شود [۲۰ و ۵]:

$$S = \pi D_g^2 \quad (5)$$



شکل ۱. ابعاد و محورهای اصلی بنه زعفران.

1. Geometric mean diameter
2. Arithmetic Mean Diameter
3. Sphericity
4. Baryeh, 2001
5. Mohsenin, 1986

برای تعیین حجم هر بنه ( $V$ ) و جرم حجمی واقعی آن ( $\rho_t$ ) از روش ترازوی سکودار استفاده شد. در این روش ابتدا یک بشر حاوی مقداری آب مقطر بر روی ترازویی به دقت  $0.01$  گرم قرار گرفته، جرم آن محاسبه شد. سپس بنه به طور کامل در آب شناور شد به طوری که با کناره‌ها و کف بشر در تماس نباشد. این کار را می‌توان توسط یک نخ نایلونی (اگر بنه سنگین‌تر از آب باشد) یا یک سیم فلزی نازک (در حالتی که بنه از آب سبک‌تر باشد) انجام داد. در این حالت جرم بشر حاوی ب و بنه شناور اندازه‌گیری شد. تفاوت ایجاد شده در جرم ناشی از نیروی ارشمیدس<sup>۱</sup> است. حجم و جرم حجمی واقعی بنه‌ها را می‌توان از روابط زیر بدست آورد [۳، ۲۰ و ۲۴]:

$$V = \frac{M_{bws} - M_{bw}}{\rho_w} = \text{نیروی ارشمیدس} \quad (5)$$

$$\rho = \frac{M}{V} \quad (6)$$

در روابط فوق  $M_{bws}$  جرم ظرف حاوی آب مقطر و بنه غوطه‌ور ( $g$ )،  $M_{bw}$  جرم ظرف حاوی آب مقطر ( $g$ ) و  $\rho_w$  جرم حجمی آب ( $g/cm^3$ ) می‌باشند. اندازه‌گیری حجم و جرم حجمی واقعی بر روی ۲۲ عدد بنه انجام گرفت. برای اندازه‌گیری جرم حجمی توده ( $\rho_b$ ) بنه‌ها از فاصله  $150$  میلی‌متری به داخل ظرفی به قطر  $100$  میلی‌متری و ارتفاع  $500$  میلی‌متری ریخته شدند. جرم حجمی توده به صورت نسبت جرم نمونه‌ها به حجم ظرف تعریف می‌شود. در جریان آزمایش باید از متراکم نمودن نمونه‌ها اجتناب شود [۶ و ۱۳]. تخلخل ( $\varepsilon$ ) از رابطه زیر محاسبه می‌شود [۲۰ و ۲۷]:

$$\varepsilon = 100 \left( 1 - \frac{\rho_b}{\rho_t} \right) \quad (7)$$

زاویه اصطکاک استاتیکی نمونه‌های سه شهر بر روی پنج سطح مختلف ورق فولادی، ورق فولاد گالوانیزه، تخته‌چندلا، لاستیک و پلی‌اتیلن انجام گرفت. برای انجام آزمایش از سطح شیب‌دار قابل تنظیم استفاده شد. یک جعبه فولادی دوسر باز به ابعاد  $100 \times 100 \times 50$  میلی‌متر مکعب از نمونه‌های مورد نظر پر شده و بر روی سطح شیب‌دار قابل تنظیم قرار گرفت. جعبه به آرامی کمی بالا کشیده شد تا لبه‌های آن از سطح شیب‌دار جدا شود. سطح شیب‌دار به آرامی بالا کشیده شد تا هنگامی که جعبه شروع به لغزش کند. تانژانت زاویه‌ای که سطح شیب‌دار با افق می‌سازد به عنوان ضریب اصطکاک استاتیکی شناخته می‌شود. محققان زیادی از این روش برای اندازه‌گیری زاویه اصطکاک محصولات مختلف استفاده کرده‌اند [۷، ۱۴، ۲۷ و ۲۹]. هر آزمایش پنج بار تکرار شد. زاویه استقرار طبیعی با استفاده از یک لوله توخالی PVC به ارتفاع  $180$  میلی‌متر و قطر داخلی  $180$  میلی‌متر انجام گرفت. لوله بر روی یک سطح صاف قرار گرفت و نمونه‌ها از پر شد. سپس لوله به آرامی به بالا کشیده شد تا نمونه‌ها به صورت طبیعی مخروطی را تشکیل دهند. برای اندازه‌گیری زاویه قاعده مخروط توسط یک دوربین دیجیتال از نمونه‌ها عکسبرداری شد و با نرم‌افزار AutoCAD2007 این زاویه محاسبه گردید. این روش برای اندازه‌گیری زاویه استقرار طبیعی سایر محصولات کشاورزی بسته به نوع و ابعاد محصول توسط طرف‌هایی با ابعاد و اشکال دیگر انجام گرفته است [۳ و ۱۶].

## نتایج و بحث

### ۱. خواص فیزیکی

برخی خواص فیزیکی بنه زعفران به تفکیک منطقه در جدول (۱) آورده شده‌اند. محتوای رطوبتی بنه‌های مناطق گناباد و کاشمر تقریباً برابر - به ترتیب  $65/5\%$  و  $65/1\%$  - و کمی بیشتر از محتوای رطوبتی بنه‌های تربت‌حیدریه یعنی  $62/9\%$  بوده‌اند. بنه‌های منطقه تربت‌حیدریه با این‌که از بعد ارتفاع کمی کوچکتر بودند، از لحاظ ابعاد طول و عرض (قطرهای بزرگ و کوچک) اندکی بزرگتر از بنه‌های کاشمر و گناباد بودند، لذا سطوح تصویری تخمینی و واقعی صفحات حاوی طول و عرض ( $MA$  و  $PA$ ) و حتی سطوح تصویری صفحات حاوی عرض و ارتفاع ( $PB$  و  $MB$ ) در شهرستان تربت‌حیدریه نسبت به دو شهر دیگر مقادیر بیشتری را نشان می‌دهند.

سطوح تصویری تخمینی صفحات حاوی ارتفاع و قطر بزرگ (PC) بنه‌های گناباد کمی بزرگتر از دو شهر دیگر بود که این مطلب می‌تواند به سبب ارتفاع بزرگتر بنه‌های گناباد باشد. هر چند این رویه در مورد سطوح واقعی صفحات حاوی ارتفاع و قطر بزرگ (MC) صادق نبوده و بنه‌های تربت‌حیدریه دارای بیشترین سطح بوده‌اند. اندازه کمی بیشتر قطرهای کوچک و بزرگ بنه‌های شهرستان تربت‌حیدریه باعث شده‌اند این بنه‌ها جرم، حجم، چگالی، قطر متوسط حسابی و قطر متوسط هندسی اندکی بیشتر نیز داشته باشند. بنه‌های هر سه شهر از ضریب کرویت بالایی برخوردار بودند ولی بنه‌های شهرستان کاشمر با ضریب کرویت ۹۱٪ به میزان اندکی نسبت به دو شهر دیگر شکل منظم‌تر و نزدیکتری به کره داشتند. ولی در مجموع همانطور که مشاهده می‌شود تفاوت فاحشی بین خواص تحت بررسی در سه منطقه وجود ندارد.

## ۲. خواص مکانیکی

جدول (۲) زاویه استقرار طبیعی بنه‌های زعفران تهیه شده از سه شهر را نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود بنه‌های گناباد و کاشمر تفاوت معنی‌داری با هم ندارند ولی نسبت به بنه‌های تربت‌حیدریه زاویه استقرار کمتری دارند که این تفاوت در سطح ۵٪ معنی‌دار است.

ضریب اصطکاک استاتیکی بنه‌های زعفران بر روی پنج سطح از مواد مختلف تعیین شد. جدول (۳) مقادیر اندازه‌گیری شده بر روی سطوح مختلف را به تفکیک منطقه نشان می‌دهد. در مجموع تفاوت معنی‌داری بین بنه‌های شهرهای مختلف مشاهده نشد. همانطور که مشاهده می‌شود فقط ضریب اصطکاک استاتیکی بنه‌ها بر روی ورق فولادی معمولی منطقه تربت‌حیدریه به میزان معنی‌داری در سطح ۵٪ بزرگتر از دو منطقه دیگر و همچنین ضریب اصطکاک بنه‌های کاشمر بر روی سطح ورق فولادی گالوانیزه در سطح ۵٪ معنی‌دار و کوچکتر از دو منطقه دیگر بود.

جدول (۴) ضریب اصطکاک بنه‌های زعفران مخلوط سه شهر را بر روی سطوح مختلف شامل لاستیک، ورق فولادی معمولی و گالوانیزه، تخته چن‌دلا و پلی‌اتیلن نشان می‌دهد. جنس‌های مختلف تأثیر معنی‌داری در سطح ۱٪ بر روی ضریب اصطکاک داشته‌اند بطوریکه لاستیک با ضریب اصطکاک ۰/۵۸۴ بیشترین و پلی‌اتیلن با ۰/۴۰۲ کمترین میزان اصطکاک را با بنه زعفران داشته‌اند. پس از لاستیک مواد دیگر به ترتیب شامل ورق فولادی معمولی با ضریب اصطکاک ۰/۵۱۷، تخته چن‌دلا با ضریب اصطکاک ۰/۴۶۴ و ورق فولادی گالوانیزه با ضریب اصطکاک ۰/۴۰۴ قرار دارند که تفاوت بین آنها در سطح ۱٪ معنی‌دار است. در بین سطوح مختلف تنها تفاوت بین ورق فولادی گالوانیزه و پلی‌اتیلن به لحاظ آماری معنی‌دار نبود.

جدول (۱). برخی خواص فیزیکی بنه زعفران در سطح رطوبت طبیعی

شهرستان				خاصیت فیزیکی
مخلوط	کاشمر	گناباد	ترت حیدریه	
۶۴/۷۰±۱/۴۳	۶۵/۱۰±۱/۲۰	۶۵/۵۰±۰/۹۰	۶۲/۹۴±۱/۲۱	محتوای رطوبتی، %
۴/۴۴±۲/۴۲	۴/۲۲±۱/۹۸	۴/۳۸±۲/۵۰	۴/۷۱±۲/۷۱	جرم (g)
۱۸/۸۰±۲/۸۴	۱۸/۸۷±۲/۶۷	۱۹/۱۵±۲/۸۳	۱۸/۳۹± ۲/۹۶	ارتفاع (mm)
۱۸/۸۵±۴/۲۰	۱۸/۲۴±۳/۶۸	۱۸/۷۱±۴/۴۹	۱۹/۶۱±۴/۳۰	قطر کوچک (mm)
۲۱/۸۶±۴/۵۹	۲۱/۴۴±۳/۷۷	۲۲/۰۰±۴/۹۴	۲۲/۱۴±۴/۹۴	قطر بزرگ (mm)
۳/۷۶±۲/۰۵	۳/۳۸±۱/۵۸	۳/۷۱±۲/۰۹	۴/۲۰±۲/۳۲	حجم (cm <sup>۳</sup> )
۱/۱۱±۰/۰۴	۱/۱۱±۰/۰۳	۱/۰۹±۰/۰۲	۱/۱۳±۰/۰۴	چگالی ظاهری (g/cm <sup>۳</sup> )
۰/۶۴±۰/۰۶	۰/۶۳±۰/۰۶	۰/۶۳±۰/۰۵	۰/۶۵±۰/۰۵	چگالی حجمی (g/cm <sup>۳</sup> )
۴۲/۱۶±۰/۹۱	۴۲/۶۱±۰/۹۲	۴۲/۰۲±۱/۰۵	۴۱/۸۶±۱/۰۲	تخلخل (%)
۹۰/۰۴±۴/۶۴	۹۰/۱۸±۴/۲۸	۸۹/۴۹±۵/۰۷	۹۰/۴۵±۴/۵۱	کرویت (%)
۱۹/۷۳±۳/۶۱	۱۹/۴۲±۳/۱۵	۱۹/۸۳±۳/۸۱	۱۹/۹۴±۳/۸۴	قطر متوسط هندسی (mm)
۱۹/۸۴±۳/۶۴	۱۹/۵۲±۳/۱۵	۱۹/۹۵±۳/۸۴	۲۰/۰۵±۳/۸۹	قطر متوسط حسابی (mm)
۱۲۶۳±۴۶۱/۱۳	۱۲۱۴/۸۳±۳۹۴/۴۷	۱۲۸۰/۰۳±۴۷۹/۶۹	۱۲۹۳/۹۹±۵۰۰/۲۸	سطح رویه بنه (mm <sup>۲</sup> )
۲۸۵/۲۱±۹۹/۶۳	۲۷۵/۸۳±۸۸/۶۶	۲۸۸/۷۱±۱۰۳/۰۵	۲۹۱/۰۷±۱۰۶/۰۷	سطح تصویری تخمینی عمود بر محور X, PA (mm <sup>۲</sup> )
۳۳۱/۱۴±۱۱۳/۶۲	۳۲۴/۱۴±۹۸/۶۴	۳۳۹/۵۴±۱۱۷/۲۷	۳۳۹/۷۴±۱۲۳/۳۹	سطح تصویری تخمینی عمود بر محور Y, PB (mm <sup>۲</sup> )
۳۳۷/۰۹±۱۴۱/۶۱	۳۱۶/۴۹±۱۱۵/۴۱	۳۳۸/۶۲±۱۴۹/۲۸	۳۵۶/۱۵±۱۵۴/۶۵	سطح تصویری تخمینی عمود بر محور Z, PC (mm <sup>۲</sup> )
۳۶۷/۰۷±۱۲۳/۹۱	۳۳۴/۰۶±۹۷/۳۰	۳۵۶/۰۳±۱۱۴/۴۶	۴۱۱/۱۳±۱۴۶/۱۸	سطح تصویری اندازه گیری شده عمود بر محور X, MA (mm <sup>۲</sup> )
۴۰/۰۶±۱۳۳/۶۹	۳۶۸/۷۵±۹۶/۲۱	۴۰۴/۴۸±۱۳۶/۷۹	۴۳۵/۹۴±۱۵۶/۶۰	سطح تصویری اندازه گیری شده عمود بر محور Y, MB (mm <sup>۲</sup> )
۳۳۸/۳۷±۱۵۱/۵۳	۳۴۵/۰۸±۱۱۰/۷۸	۳۷۳/۲۲±۱۵۸/۰۰	۴۴۶/۸۰±۱۶۵/۶۷	سطح تصویری اندازه گیری شده عمود بر محور Z, MC (mm <sup>۲</sup> )

\* رطوبت بر پایه تر؛ ± انحراف معیار

جدول (۲). زاویه استقرار طبیعی بنه های زعفران به تفکیک منطقه

منطقه	زاویه استقرار طبیعی (°)
ترت حیدریه	۳۲/۶۲±۱/۸۹ <sup>a</sup>
گناباد	۳۰/۵۶±۲/۱۶ <sup>b</sup>
کاشمر	۳۰/۳۱±۲/۳۳ <sup>b</sup>

درج حروف غیر مشابه بیانگر تفاوت معنی دار در سطح ۵٪ است

جدول (۳). ضریب اصطکاک استاتیکی بنه های زعفران بر روی سطوح مختلف مواد به تفکیک منطقه

منطقه	نوع سطح اصطکاکی			
	ورق فولادی معمولی	ورق فولادی گالوانیزه	تخته چنودلا	لاستیک
ترت حیدریه	۰/۴۹۸±۰/۰۱۱ <sup>b</sup>	۰/۴۱۴±۰/۰۰۷ <sup>a</sup>	۰/۴۷۹±۰/۰۱۶ <sup>a</sup>	۰/۵۸۳±۰/۰۱۸ <sup>a</sup>
گناباد	۰/۵۲۵±۰/۰۱۳ <sup>a</sup>	۰/۴۰۴±۰/۰۰۸ <sup>a</sup>	۰/۴۵۳±۰/۰۰۹ <sup>a</sup>	۰/۵۸۵±۰/۰۱۳ <sup>a</sup>
کاشمر	۰/۵۲۹±۰/۰۱۳ <sup>a</sup>	۰/۳۹۳±۰/۰۰۹ <sup>b</sup>	۰/۴۵۹±۰/۰۲۸ <sup>a</sup>	۰/۵۸۴±۰/۰۱۶ <sup>a</sup>

درج حروف غیر مشابه در هر ستون بیانگر تفاوت معنی دار در سطح ۵٪ است

جدول (۴). ضریب اصطکاک استاتیکی بنه های زعفران - مخلوط سه منطقه - بر روی سطوح مختلف

ضریب اصطکاک استاتیکی	جنس سطح
$0.584 \pm 0.015^a$	لاستیک
$0.517 \pm 0.018^b$	ورق فولادی معمولی
$0.464 \pm 0.021^c$	تخته چندلا
$0.404 \pm 0.011^d$	ورق فولادی گالوانیزه
$0.402 \pm 0.005^d$	پلی اتیلن

درج حروف غیر مشابه بیانگر تفاوت معنی دار در سطح ۱٪ است

### نتیجه گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که در مجموع تنوع اقلیمی تأثیر ملموسی بر روی خواص بنه های جمع آوری شده از سه منطقه تحت بررسی در استان خراسان نگذاشته و با توجه به عدم تنوع وارسته در مورد این گیاه می توان از داده های این تحقیق برای سایر مناطق نیز استفاده کرد. همچنین از داده های ارائه شده در این تحقیق می توان به منظور طراحی بهینه دستگاه های مورد نیاز جهت مکانیزه کردن عملیات برداشت، فرآوری، سورت و کاشت بنه زعفران استفاده نمود.

### منابع

- 1- Abdullaev, F. I. and G. D. Frenkel. 1992. The Effect of Saffron on Intracellular DNA, RNA and Protein Synthesis in Malignant and Non- Malignant Human Cells. *Biofactors* v(4(1)): 43-45.
- 2- Abrishami, M. H. 1997. Persian Saffron: A Comprehensive Cultural and Agricultural History. Astan Ghods Razavi Press. pp. 3-6.
- 3- Amin, M. N., Hossain, M. A. and K. C. Roy. 2004. Effect of Moisture Content on Some Physical Properties of Lentil Seeds. *Journal of Food Engineering*, v(65(1)): 83-87
- 4- Aydin, C. 2003. Physical Properties of Almond Nut and Kernel. *Journal of Food Engineering*, v(60): 315-320.
- 5- Baryeh, E. A. 2001. Physical Properties of Bambara Groundnuts. *Journal of Food Engineering*, v(47): 321-326.
- 6- Çalışır, S., Haciseferoğlu, H., Özcan, M., and D. Arslan. 2005. Some Nutritional and Technological Properties of Wild Plum (*Prunus* Spp.) Fruits in Turkey. *Journal of Food Engineering*, v(66): 233-237.
- 7- Dursun, I. G. 2001. Determination of Projected Area of Some Grain Products by Using Image Processing. *Journal of Agriculture Science*, v(7(3)): 102-107 [In Turkish].
- 8- Dutta, S. K., Nema, V. K. and R. K. Bhardwaj. 1988. Physical Properties of Gram. *Journal of Agricultural Engineering Research*, v(39): 259-268.
- 9- Escribano, J., Diaz-Guerra, M. J., Riese, H. H., Alvarez, A., Proenza, R. and J. A. Fernandez. 2000. The Citotoxic Effect of Glucoconjugate Extracted from Corms of Saffron Plant (*Crocus Sativus*) on Human Cell Lines in Culture. *Planta Med* v(66(2)): 157-162.
- 10- Güner, M., Dursun, E., and I. G. Dursun. 2003. Mechanical Behavior of Hazelnut under Compression Loading. *Biosystems Engineering*, v(85(4)): 485-491.



- 11- Hassan-Beygi, S.R., Kianmehr, M.H. and A. Arabhosseini. 2006. Correlation Study of Dimensions and Mass of Saffron Corm. 2<sup>nd</sup> International Symposium on Saffron Biology and Technology. Mashhad, Iran.
- 12- Houston, R. K. 1957. New Criterion of Size for Agricultural Products. *Agricultural Engineering* (December), 856–859.
- 13- Jain, R. K., and S. Bal. 1997. Physical Properties of Pearl Millet. *Journal of Agricultural Engineering Research*, v(66): 85–91.
- 14- Joshi, D. C., Das, S. K., and R. K. Mukherjee. 1993. Physical Properties of Pumpkin Seeds. *Journal of Agricultural Engineering Research*, v(54): 219–229.
- 15- Kafi, M., Rashed, M.H., Koocheki, A. and A. Mollafilabi. 2002. Saffron: Production Technology and Processing. Center of Excellence for Agronomy (Special Crops). Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
- 16- Kaleemullah, S. and J. J. Gunasekar. 2002. Moisture-Dependent Physical Properties of Arecanut Kernels. *Biosystems Engineering*, v(82(3)): 331–338.
- 17- Koocheki, A. 2004. Indigenous Knowledge in Agriculture with Particular Reference to Saffron Production in Iran. *Proceeding of the First International Symposium on Saffron Biology and Biotechnology*, pp. 175-182.
- 18- Manimehalai, N., and R. Viswanathan. 2006. Physical Properties of Fuzzy Cottonseeds. *Biosystems Engineering*, v(95(2)): 207–217.
- 19- Mathew, B. and C. A. Brighton. 1997. Four Central Asian Species (Liliaceae). *The Iranian Journal of Botany*. v(1(2)): 123-135.
- 20- Mohsenin, N.N., 1986. *Physical Properties of Plant and Animal Materials*. Gordon and Breach Science Publishers, pp. 1–88.
- 21- Morjani, H. Tarantilis, P., Polissiou, M. and M. Manfait. 1990. Growth Inhibition and Induction of Crythroid Differentiation Activity by Crocin, Dimethylcrosetine and  $\beta$ -Carotene on K562 Tumor Cells. *Anticancer Res* v(10): 1398-1406.
- 22- Nair, S. C., Salomi, M. J., Varghese, C. D., Pannikar, B. and K. R. Pannikar. 1992. Effect of Saffron on Thymocyte Proliferation, Intracellular Gluthathione Levels and Its Antitumor Activity. *Biofactors* v(4(1)):51-54.
- 23- Olajide, J. O. and J. C. Igbeka. 2003. Some Physical Properties of Groundnut Kernels. *Journal of Food Engineering*, v(58): 201–204.
- 24- Olajide, J. O., Ade-Omowaye, B. I. O. and E. T. Otunola. 2000. Some Physical Properties of Shea Kernel. *Journal of Agricultural Engineering Research*, v(76): 419–421.
- 25- Olaoye, J. O. 2000. Some Physical Properties of Castor Nut Relevant To Design of Processing Equipment. *Journal of Agricultural Engineering Research*, v(77(1)): 113–118.
- 26- Özgüven, F. and K. Vursavus. 2005. Some Physical, Mechanical and Aerodynamic Properties of Pine (*Pinus Pinea*) Nuts. *Journal of Food Engineering* v(68): 191–196.
- 27- Singh, K. K., and T. K. Goswami. 1996. Physical Properties of Cumin Seed. *Journal of Agricultural Engineering Research*, v(64(2)): 93–98
- 28- Sitkei, G. 1986. *Mechanics of Agricultural Materials*. Budapest: Academia Kiado.
- 29- Suthar, S. H., and S. K. Das. 1996. Some Physical Properties of Karingda Seeds. *Journal of Agricultural Engineering Research*, v(65): 15–22.