

## بررسی برخی خواص فیزیکی، اصطکاکی و آیرودینامیکی انجیر خشک

سید محمد علی رضوی<sup>۱</sup>، امیر پورفرزاد<sup>۲</sup>، سید حسین رضوی زادگان<sup>۲</sup>، عبدالله همتیان<sup>۲</sup>

### چکیده

در این تحقیق، خواص هندسی، ثقلی، اصطکاکی و آیرودینامیکی دو وارسته صادراتی انجیر خشک (دهان بسته و دهان باز) با میانگین رطوبتی ۳۴/۹۵٪ مورد بررسی قرار گرفت. در تمامی موارد، خواص هندسی انجیر دهان باز شامل طول، عرض، ارتفاع، قطرهای میانگین هندسی و حسابی، کرویت و سطح جانبی نسبت به دهان بسته بیشتر بوده است. خواص ثقلی مورد بررسی شامل جرم واحد، حجم واقعی، دانسیته توده، دانسیته واقعی و تخلخل بودند. جرم واحد و حجم حقیقی در انجیر دهان باز و دانسیته توده، دانسیته ذره ای و تخلخل در انجیر دهان بسته بیشتر بود. زاویه اصطکاک استاتیکی، زاویه ریوز پرکردن و مقاومت غلتشی، خواص اصطکاکی مورد بررسی بودند. در انجیر دهان بسته کمترین ضریب اصطکاک استاتیکی مربوط به آهن گالوانیزه و بیشترین آن مربوط به لاستیک بود. در صورتی که در انجیر دهان باز کمترین ضریب اصطکاک استاتیکی مربوط به شیشه و بیشترین آن مربوط به لاستیک بود. با بررسی داده‌های تجربی حاصل از مقاومت غلتشی به این نتیجه می‌رسیم که در انجیر دهان بسته کمترین مقاومت مربوط به سطح آهن گالوانیزه و بیشترین مقاومت مربوط به سطح شیشه بوده است و این در حالی است که در مورد انجیر دهان باز، کمترین مقاومت در سطح لاستیک و بیشترین مقاومت در سطح شیشه مشاهده گردید. سرعت حد نیز به عنوان یک خاصیت آیرودینامیکی مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج نشان داد که انجیر دهان باز سرعت حد بیشتری داشته است.

کلیدواژه: انجیر دهان باز، خواص هندسی، خواص ثقلی، خواص اصطکاکی، خواص آیرودینامیکی

۱- دانشیار، عضو هیئت علمی گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد، پست الکترونیک: s.razavi@um.ac.ir

۲- دانشجویان کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد.

## بررسی برخی خصوصیات فیزیکی، اصطکاکی و آیرودینامیکی انجیر خشک

سید محمد علی رضوی<sup>۱</sup>، امیر پورفرزاد<sup>۲</sup>، سید حسین رضوی زادگان<sup>۲</sup>، عبدالله همتیان<sup>۲</sup>

### چکیده

در این مقاله، خواص هندسی، ثقلی، اصطکاکی و آیرودینامیکی دو وارپته صادراتی انجیر خشک (دهان بسته و دهان باز) با میانگین رطوبتی ۳۴/۹۵٪ مورد بررسی قرار گرفت. خواص هندسی مورد بررسی شامل طول، عرض، ارتفاع، قطرهای میانگین هندسی و حسابی، کرویت و سطح جانبی بودند. در تمامی موارد، خواص هندسی انجیر دهان باز نسبت به دهان بسته بیشتر بوده است. خواص ثقلی مورد بررسی شامل جرم واحد، حجم واقعی، دانسیته توده، دانسیته واقعی و تخلخل بودند. جرم واحد و حجم حقیقی در انجیر دهان باز و دانسیته توده، دانسیته ذره ای و تخلخل در انجیر دهان بسته بیشتر بود. زاویه اصطکاک استاتیکی، زاویه ریپوز پر کردن و مقاومت غلتشی، خواص اصطکاکی مورد بررسی بودند. در انجیر دهان بسته کمترین ضریب اصطکاک استاتیکی مربوط به آهن گالوانیزه و بیشترین آن مربوط به لاستیک بود. در صورتی که در انجیر دهان باز کمترین ضریب اصطکاک استاتیکی مربوط به شیشه و بیشترین آن مربوط به لاستیک بود. با بررسی داده های تجربی حاصل از مقاومت غلتشی به این نتیجه می رسیم که در انجیر دهان بسته کمترین مقاومت مربوط به سطح آهن گالوانیزه و بیشترین مقاومت مربوط به سطح شیشه بوده است و این در حالی است که در مورد انجیر دهان باز، کمترین مقاومت در سطح لاستیک و بیشترین مقاومت در سطح شیشه مشاهده گردید. سرعت حد نیز به عنوان یک خاصیت آیرودینامیکی مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج نشان داد که انجیر دهان باز سرعت حد بیشتری داشته است.

**کلمات کلیدی:** انجیر دهان باز، انجیر دهان بسته، خواص هندسی، خواص ثقلی، خواص اصطکاکی و خواص آیرودینامیکی.

### ۱- مقدمه

انجیر (*Ficus carica*) عضو خانواده توت سانان (Moraceae) است، که منشا آن مناطق مدیترانه ای و آسیای غربی می باشد. انواع وارپته های انجیر خوراکی در ایران عبارتند از: ازمیر، معمولی و سان پدرو. سایر وارپته های انجیر عبارتند از انجیر سیاه، سبزه، متی، المی، پیوس، سوزو، شاه انجیر و کشکی. انجیره سبزه متداول ترین رقم انجیر تجاری و صادراتی در ایران به خصوص در استهبان می باشد که خود به دو نوع تجاری دهان باز و دهان بسته تقسیم می شود. نوع دهان باز درجه ۱ تلقی شده و به نام تجاری ۱-۱۰۰ شناخته می شود. نوع دهان بسته، درجه ۲ تلقی شده و تحت نام تجاری خرمنی شناخته می شود. سالانه بالغ بر یک میلیون تن انجیر در دنیا به ترتیب توسط کشورهای ترکیه، مصر، ایران، یونان و الجزایر تولید می شود. در سال ۲۰۰۶ مقدار کل تولید انجیر تازه دنیا ۱۱۰۵۴۷۹ تن گزارش شد که سهم ایران از این مقدار ۸۷۵۲۲ تن بوده است. بر طبق آمار انتشار یافته، در سال ۲۰۰۵ میزان کل صادرات انجیر خشک دنیا ۹۸۱۱۰ تن بوده است و سه کشور اول صادرکننده انجیر خشک به ترتیب ترکیه، افغانستان و ایران بودند که ایران از طریق صادرات ۸۹۴۰ تن انجیر خشک، ۹/۱۱۸ میلیون دلار درآمد کسب کرده است [۱۶]. بنابراین انجیر از لحاظ اقتصادی برای ایران به عنوان سومین تولید کننده و صادرکننده انجیر دنیا و نیز برای کشورهایی که این میوه را صادر می کنند، اهمیت زیادی دارد.

انجیر با توجه به ارزش غذایی و طبعی بالا در بیشتر نقاط دنیا از جمله مناطق گرمسیری، نیمه گرمسیری و معتدله کشت می شود [۴۰]. میوه انجیر منبع غنی از مواد معدنی، ویتامین ها، فیبرهای تغذیه ای و اسیدهای آمینه است و عاری از چربی و کلسترول می باشد. همچنین میوه انجیر حاوی مقادیر زیادی از فلاونوئیدها، پلی فنول ها و آنتوسیانین ها است که این ترکیبات سلامتی

<sup>۱</sup> - عضو هیئت علمی گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد، صندوق پستی ۹۱۷۷۵-۱۱۶۳، پست الکترونیکی: s.razavi@um.ac.ir.

<sup>۲</sup> - دانشجویان کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد.

را افزایش می دهند و در رژیم غذایی مدیرانه ای به وفور یافت می شود [۴۱] و [۴۰]. وبریگ و همکاران<sup>۳</sup> در سال ۲۰۰۸ فنولیک اسیدها و فلاونوئیدهای سه رقم انجیر مناطق مدیرانه ای را بررسی کردند [۴۳]. آکباس و همکاران<sup>۴</sup> در سال ۲۰۰۷ و اوزتکین و همکاران<sup>۵</sup> در سال ۲۰۰۶ کاربرد ازن گازی در کنترل جمعیت میکروبی اشیشیا کلی، باسیلوس سرئوس و اسپوره‌های باسیلوس سرئوس در انجیر خشک شده را مورد بررسی قرار دادند [۳] و [۳۲].

طراحی تجهیزات برداشت، انتقال، سورتینگ، درجه بندی، بسته بندی، فراوری، انبارداری و سایر تجهیزات پس از برداشت محصولات کشاورزی نیازمند دانستن اطلاعاتی در مورد خواص فیزیکی آنها می باشد. همچنین خواص فیزیکی بر خصوصیات انتقال هیدرودینامیکی و پنوماتیکی مواد جامد، سرد کردن و حرارت دادن مواد غذایی تاثیر می گذارند. مهمترین خواص هندسی عبارتند از شکل، اندازه (ابعاد)، قطرهای هندسی و حسابی، سطح و کرویت. دانسیته توده و تخلخل مهمترین عواملی هستند که در طراحی سیستم های خشک کردن و هوادهی مورد توجه قرار می گیرند، چون این خواص بر مقاومت جرمی که در مقابل جریان هوا قرار دارد تاثیر می گذارند [۱۱]. در تئوری هایی که برای پیش بینی فضای انبار بکار می روند دانسیته توده عامل اساسی به شمار می رود [۲۳]. تخلخل مهمترین عامل برای بسته بندی است که بر مقاومت جریان هوای بین دانه ها تاثیر می گذارد. زاویه اصطکاک استاتیکی برای تعیین زاویه لغزش در زمانی که مواد برای حرکت با یک جریان ثابت در یک مکان قرار داده می شوند، بکار می رود. همچنین در طراحی نوار نقاله ها مهم به شمار می رود، زیرا به منظور انتقال بدون لغزش دانه ها به اصطکاک نیازمندیم. چنانچه هدف انتقال دانه هاست، از سطوح زبرتر مانند لاستیک استفاده می شود و چنانچه هدف تخلیه باشد، از سطوح نرم تر مانند فایبر گلاس استفاده می شود. خواص اصطکاکی در طراحی قیف ها و ناودان ها نیز مفید می باشند، چون زاویه شیب دیواره قیف باید از زاویه ریپوز تخلیه بیشتر باشد تا از جریان پیوسته دانه ها اطمینان حاصل کرد. یکی دیگر از فاکتورهایی که در طراحی سیستمهای انتقال هوایی و جداسازی انجیر از مواد نامطلوب مانند خار و خاشاک و انجیرهای پوک اهمیت دارد، سرعت حد است. سرعت حد تحت تاثیر شکل، اندازه، دانسیته و رطوبت نمونه ها قرار می گیرد.

محققان خواص فیزیکی محصولات مختلفی را اندازه گیری کرده اند. دانه تاج خروس [۱]، میوه بامیه [۲]، دانه و مغز بادام [۶]، مغز فندق [۵]، دانه های کاکائو [۷]، ارزن [۹]، نخود فرنگی [۱۰]، میوه های گوجه وحشی [۱۳]، میوه گیلاس [۱۲]، هسته و میوه زردآلو [۱۷]، دانه اقاچیا [۲۷]، مغز بادام زمینی [۲۹]، دانه های سیب افریقایی [۳۰]، دانه نارنج [۳۳]، دانه عدس [۳۷]، دانه زیره [۳۹]، میوه بنه [۵] و مغز و دانه پسته [۳۴]، [۳۵] و [۳۶] از جمله محصولاتی هستند که خواص فیزیکی آنها تاکنون مورد بررسی قرار گرفته است.

بررسی منابع انتشار یافته نشان می دهد که هیچ تحقیقی در مورد اندازه گیری خصوصیات فیزیکی انجیر انجام نشده است. هدف از این تحقیق ارزیابی برخی خواص فیزیکی انجیر شامل خواص هندسی (ابعاد شامل طول، عرض و ارتفاع، قطرهای میانگین هندسی و حسابی، کرویت و سطح جانبی)، خواص ثقلی (جرم واحد، حجم واقعی، دانسیته توده، دانسیته واقعی و تخلخل) و خواص اصطکاکی (زاویه اصطکاک استاتیکی، زاویه ریپوز پرکردن و مقاومت غلثشی) و خواص آیرودینامیکی (سرعت حد) به انجیر خشک ( دو واریته دهان باز و دهان بسته) بوده است.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- آماده سازی نمونه

واریته های مختلفی در مناطق مختلف ایران می رویند اما دو واریته دهان باز و دهان بسته مهمترین واریته های تجاری و صادراتی هستند که برای این تحقیق انتخاب گردیدند. نمونه‌های مورد نیاز در این طرح پژوهشی از کارخانه انجیران زرین واقع در شهرستان استهبان تهیه شدند. سپس انجیرها جهت زدودن مواد خارجی نظیر گرد و غبار، سنگ و کاه به شیوه دستی بوجاری گشتند. برای سنجش محتوای رطوبت انجیرها از یک اُون دارای سیستم تبادل هوای گرم با دمای  $2 \pm 103$  درجه سانتیگراد تا

<sup>1</sup>. Verberic et al (2008)

<sup>4</sup>. Akbas et al (2007)

<sup>5</sup>. O'ztekin et al (2006)

رسیدن به یک وزن ثابت استفاده گردید [۲۱]. میانگین وانحراف معیار میزان رطوبت مربوط به دو نوع انجیر در جدول شماره ۱ آورده شده است.

جدول شماره ۱: میانگین و انحراف معیار میزان رطوبت انجیر در این تحقیق

درصد رطوبت (بر مبنای وزن مرطوب)	واریته
۳۵/۳۰±۱/۲۷	دهان بسته
۳۴/۶۰±۱/۳۱	دهان باز

## ۲-۲- تعیین خصوصیات فیزیکی:

وزن هر میوه انجیر با استفاده از یک ترازوی الکترونیکی با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه گیری گردید. جهت تعیین میانگین ابعاد انجیرها، ۱۰۰ عدد دانه به طور تصادفی انتخاب شده و سه بعد آنها یعنی طول (L)، عرض (W) و ارتفاع (H) با استفاده از یک میکرومتر دیجیتالی (Model QLR digit-IP54, China) با دقت ۰/۰۰۱ میلیمتر اندازه گیری شد. سپس میانگین هندسی قطر ( $D_g$ ) و میانگین حسابی قطر با استفاده از فرمول‌های ذیل بدست آمدند [۲۵]:

$$D_g = (LWH)^{1/3} \quad (۲)$$

$$D_a = \left( \frac{L+W+H}{3} \right) \quad (۳)$$

ضریب کرویت معیار توصیف شکل انجیر است که توسط رابطه ذیل محاسبه می گردد [۲۵]:

$$\phi = \frac{(LWH)^{1/3}}{L} \quad (۴)$$

سطح انجیر هم از طریق رابطه زیر محاسبه شد [۲۴]:

$$S = \pi D_g^2 \quad (۵)$$

دانسیتته جامد میوه انجیر به صورت نسبت جرم یک انجیر به حجم واقعی آن تعریف می‌شود. برای اندازه گیری جرم واحد، هر نمونه توسط ترازوی دیجیتالی ۶ با دقت ۰/۰۱ گرم وزن گردید. در این آزمون، ۱۰ تکرار لحاظ شده است. حجم واقعی انجیرها و دانسیته حقیقی آنها با استفاده از اصل جابجایی مایع به دست آمد. برای این منظور، به جای آب از تولوئن ( $C_7H_8$ ) استفاده شد، چرا که به میزان خیلی کمتری توسط انجیرها جذب می‌شود، کشش سطحی آن کمتر است و چون قدرت انحلال کمی دارد، منافذ سطحی انجیرها را پر می‌کند. یکی از روشهای جابجایی مایع جهت تعیین حجم واقعی هر نمونه، روش ترازوی کفه ای است [۲۵]. در این روش، حجم بر حسب  $m^3$  بر اساس معادله ذیل محاسبه شد:

$$V = \frac{M dt}{\rho_t} \quad (۶)$$

در این معادله  $M_{dt}$  وزن تولوئن جابجا شده هم حجم انجیر و  $\rho_t$  دانسیته تولوئن است. سپس دانسیته جامد بر حسب  $kgm^{-3}$  و با استفاده از معادله (۷) به دست آمد:

$$\rho = \frac{M}{V} \quad (۷)$$

در این معادله M جرم انجیر و V حجم انجیر می باشد.

برای اندازه‌گیری دانسیته توده، از ظرفی با وزن و حجم مشخص که از بالا با استفاده از انجیرها پر می‌شود، استفاده گردید. انجیرها با سرعت یکنواخت از ارتفاع ۱۵ سانتیمتری به درون ظرف ریخته می‌شدند [۸] و [۴۲]. پس از پر شدن ظرف، انجیرهای اضافی با دو حرکت زیگزاگی یک تخته مسطح روی سطح فوقانی ظرف، تخلیه شده به طوری که انجیرها فشرده

نشوند. سپس ظرف حاوی انجیرها با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم وزن شده و نسبت وزن انجیرهای موجود در ظرف به حجم ظرف به عنوان دانسیته توده هر نمونه در نظر گرفته می‌شد. در این آزمون ۱۰ تکرار اعمال شده است. تخلخل انجیرها نیز با استفاده از معادله ذیل محاسبه گردید [۳۹] و [۲۵].

$$\varepsilon = \left[ \frac{\rho_t - \rho_b}{\rho_t} \right] \times 100 \quad (8)$$

در این معادله  $\varepsilon$  تخلخل بر حسب درصد،  $\rho_b$  دانسیته توده بر حسب  $\text{kg m}^{-3}$  و  $\rho_t$  دانسیته جامد بر حسب  $\text{kg m}^{-3}$  است. برای اندازه گیری زاویه ریپوز پر کردن، از یک استوانه فلزی فاقد سرپوش و کفپوش به قطر ۱۵ سانتیمتر و ارتفاع ۲۵ سانتیمتر استفاده شد، که در مرکز یک ظرف فلزی دایره‌ای شکل به قطر ۳۵ سانتیمتر قرار می‌گرفت و توسط انجیرها کاملاً پر می‌گردید. استوانه فلزی به آرامی به طرف بالا کشیده تا یک توده مخروطی شکل از انجیرها روی سطح ظرف دایره ای ایجاد شود. بلندترین ارتفاع این مخروط اندازه گرفته می‌شد و با استفاده از معادله ذیل، زاویه ریپوز پر کردن ( $\theta_r$ ) بدست می‌آمد [۳۱]:

$$\theta_f = \tan^{-1} \left( \frac{2H}{D} \right) \quad (9)$$

که در این معادله H بلندترین ارتفاع مخروط و D قطر مخروط است. شایان ذکر است که برای هر نوع انجیر، ۱۰ تکرار لحاظ شده است.

ضریب اصطکاک استاتیکی میوه های انجیر بر پنج سطح اصطکاکی شامل شیشه، فایبرگلاس، لاستیک، تخته سه لا و ورق آهن گالوانیزه مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور، یک مکعب فایبرگلاسی فاقد سرپوش و کفپوش به طول ۱۵، عرض ۱۰ و ارتفاع ۴ سانتیمتر بر روی ساختاری با قابلیت شیبدار شدن که سطوح مورد نظر نیز بر روی آن قرار می‌گرفتند، گذاشته شده و از انجیر پر می‌شد. مکعب فایبرگلاس حاوی نمونه به اندازه کمی (۵ تا ۱۰ میلی‌متر) بلند می‌شد تا مکعب مستقیماً با سطح استاتیکی تماس نداشته باشد. ساختار مزبور به همراه مکعب فایبرگلاسی مستقر بر روی آن تدریجاً بلند شده تا به شکل سطح شیبدار در آمده و مکعب فایبرگلاس حاوی میوه های انجیر بر روی سطح استاتیکی به سمت پایین حرکت کند. سپس زاویه سطح با افق ( $\alpha$ ) با استفاده از یک مقیاس مدرج، خوانده شده و ضریب اصطکاک استاتیکی ( $\mu_s$ ) توسط معادله ذیل به دست می‌آمد [۲۵]. در این آزمون برای هر نوع انجیر، ۱۰ تکرار بررسی شده است.

$$\mu_s = \tan \alpha \quad (10)$$

مقاومت غلتشی میوه های انجیر بر روی همان پنج سطح شیشه، فایبرگلاس، لاستیک، تخته سه لا و ورق آهن گالوانیزه در ۱۰ تکرار مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور بر روی همان سطح با قابلیت شیبدار شدن، یک دانه انجیر از طرف سطح پایدار آن قرار داده شده و آنگاه ساختار مزبور تدریجاً به شکل شیبدار در آمد تا دانه انجیر به سمت پایین حرکت کند. سپس زاویه حاصل با استفاده از یک مقیاس مدرج، خوانده شده و مقاومت غلتشی (R) توسط معادله ذیل محاسبه گردید:

$$R = \tan \alpha \quad (11)$$

سرعت حد میوه های انجیر از طریق استفاده از یک ستون هوایی اندازه گیری شده است. برای هر آزمون، دو انجیر از بالای ستونی که قطر آن ۷۵ میلی‌متر و طول آن ۱ متر بود، به پایین انداخته می‌شد. هوا در داخل ستون از پایین به سمت بالا دمیده و سرعت هوا در هنگام شناوری هر نمونه توسط یک بادسنج با حساسیت حداقل ۰/۱ متر بر ثانیه اندازه گیری می‌شود. برای هر نوع انجیر، ۱۰ تکرار لحاظ شده است [۵]، [۱۷] و [۲۰].

## ۲-۳- آنالیز آماری:

میانگین، انحراف معیار خصوصیات اندازه گیری شده با استفاده از نرم افزار اکسل (۲۰۰۳) <sup>۷</sup> محاسبه گردید.

<sup>7</sup>. Microsoft Excel (2003)

### ۳- نتایج و بحث

#### ۳-۱- خواص هندسی

داده های میانگین و انحراف معیار مربوط به طول، عرض، ارتفاع، میانگین هندسی و حسابی، ضریب کرویت و سطح جانبی دو وارپته انجیر مورد بررسی (دهان باز و دهان بسته) در جدول (۲) آورده شده است. در تمامی موارد، خواص هندسی انجیر دهان باز نسبت به دهان بسته بیشتر بوده است. محققین دیگر نیز خواص هندسی انواع دانه‌ها نظیر پسته، گوجه وحشی، دانه کاج، تاج خروس، ارزن و دانه باقلا را مورد بررسی قرار داده اند. [۲۱]، [۳۴]، [۳۵]، [۳۶]، [۱۳]، [۳۱]، [۱]، [۹] و [۴].

جدول ۲: میانگین و انحراف معیار داده های خواص هندسی دو وارپته متداول انجیر خشک\*

وارپته	طول (mm)	عرض (mm)	ارتفاع (mm)	قطر هندسی (mm)	قطر حسابی (mm)	ضریب کرویت (%)	سطح جانبی (mm <sup>2</sup> )
دهان بسته	۳۰/۷۹ ± ۳/۷۳	۲۰/۷۲ ± ۲/۴۸	۱۹/۰۵ ± ۲/۱۷	۲۰/۰۹ ± ۲/۲۲	۲۰/۱۹ ± ۲/۲۴	۹۸ ± ۱۳	۶۳/۰۸ ± ۶/۹۷
دهان باز	۲۴/۰۴ ± ۳/۴۵	۲۴/۸۲ ± ۱/۹۰	۲۳/۵۱ ± ۱/۹۸	۲۴/۱۲ ± ۱/۸۰	۲۴/۱۲ ± ۱/۷۸	۱۰۰ ± ۱۱	۷۵/۷۳ ± ۵/۶۴

\*داده های جدول، میانگین ۱۰۰ تکرار می باشند.

#### ۳-۲- خواص ثقلی

جدول (۳) میانگین و انحراف معیار داده های جرم واحد، حجم حقیقی، دانسیته ذره ای، دانسیته توده و تخلخل دو وارپته انجیر مورد بررسی را نشان می دهد. جرم واحد و حجم حقیقی انجیر دهان باز بیشتر است در صورتی که دانسیته توده، دانسیته ذره ای و تخلخل مربوط به انجیر دهان بسته بیشتر بوده است. خواص ثقلی برای دانه های متعددی نظیر بادام زمینی، نخود سبز، لوبپین، سویا و گیلاس مورد بررسی قرار گرفته است. [۸]، [۲۶]، [۲۸]، [۱۴] و [۱۲]. ولی تاکنون هیچ گزارشی از اندازه گیری دانسته ذره برای انجیر منتشر نشده است.

جدول ۳: میانگین و انحراف معیار داده های خواص ثقلی دو وارپته متداول انجیر خشک\*

وارپته	جرم واحد (g)	حجم حقیقی (mm <sup>3</sup> )	دانسیته توده (kg/m <sup>3</sup> )	دانسیته ذره (kg/m <sup>3</sup> )	تخلخل (%)
دهان بسته	۳/۴۵ ± ۱/۲۳	۱۳/۸۱ ± ۱۵/۱۳	۶۳۳/۰۳ ± ۱۲/۹۶	۴۸۶۰/۵۶ ± ۳۶۰/۱/۱۹۴	۸۷
دهان باز	۵/۶۷ ± ۶۹/۲۱	۳۳/۰۵ ± ۷/۶۵	۵۶۱/۰۷ ± ۵/۱۳	۱۸۴۱/۷۷ ± ۲۸۲/۳۸۷	۷۰

\*داده های جدول، میانگین ده تکرار می باشند.

#### ۳-۳- خواص اصطکاکی

نتایج زاویه ریپوز پرکردن و ضریب اصطکاک استاتیکی و مقاومت غلتشی روی سطوح شیشه، فایبر گلاس، آهن گالوانیزه، لاستیک و تخته چند لا برای دو وارپته انجیر در جدول (۴) آورده شده است. در انجیر دهان بسته کمترین ضریب اصطکاک استاتیکی مربوط به آهن گالوانیزه و بیشترین آن مربوط به لاستیک است در صورتی که در انجیر دهان باز کمترین ضریب اصطکاک استاتیکی مربوط به شیشه و بیشترین آن مربوط به لاستیک است. با بررسی داده های تجربی حاصل از مقاومت غلتشی به این نتیجه می رسیم که در انجیر دهان بسته کمترین مقاومت مربوط به سطح آهن گالوانیزه و بیشترین مقاومت مربوط به سطح شیشه است در حالی که در مورد انجیر دهان باز کمترین مقاومت مربوط به سطح لاستیک و بیشترین مقاومت مربوط به سطح شیشه است.

ضریب اصطکاک استاتیکی، برای انواع دانه‌ها نظیر نخود فرنگی و دانه فندق توسط محققین متعددی اندازه گیری شده است. [۲۲] و [۶]. زاویه ریپوز نیز در برخی دانه‌ها نظیر دانه و مغز پسته اندازه گیری شده است، ولی تاکنون هیچ گزارشی از اندازه گیری زاویه ریپوز برای انجیر منتشر نشده است [۲۱]. بیشترین مقدار زاویه ریپوز پرکردن در انجیر دهان باز مشاهده شد.

جدول ۴: میانگین و انحراف معیار داده های خواص اصطکاکی دو وارپته متداول انجیر خشک\*

وارپته	زاویه ریپوز	ضریب اصطکاک استاتیکی**	مقاومت غلتشی**
--------	-------------	------------------------	----------------

تخته سه لا	لاستیک	آهن گالوانیزه	فایبر گلاس	شیشه	تخته سه لا	لاستیک	آهن گالوانیزه	فایبر گلاس	شیشه	پرکردن	
۰/۳۸۳	۰/۳۷۹	۰/۳۷۷	۰/۳۹۱	۰/۴۰۷	۰/۳۸۲	۰/۴۲۳	۰/۲۶۱	۰/۳۸۸	۰/۳۱۹	۲۶/۳۸±۰/۵۸	دهان بسته
۰/۳۷۲	۰/۳۷۰	۰/۳۹۷	۰/۳۸۵	۰/۴۰۸	۰/۴۲۵	۰/۴۴۸	۰/۲۷۹	۰/۴۱۸	۰/۲۷۴	۳۴/۶±۱/۳۱	دهان باز

\* داده های جدول، میانگین ده تکرار می باشند.

\*\* به دلیل مقادیر بسیار کم انحراف معیار از ذکر آن ها صرف نظر شده است.

### ۳-۴- خواص آبرودینامیکی

نتایج سرعت حد برای دو وارپته انجیر در جدول (۵) آورده شده است. همان طور که از نتایج مشخص است سرعت حد در نوع دهان باز، بیشتر بوده است. سرعت حد نیز در برخی دانه‌ها نظیر زردآلو و دانه آفتابگردان اندازه‌گیری شده است، ولی تاکنون هیچ گزارشی از اندازه‌گیری سرعت حد برای انجیر منتشر نشده است [۱۷] و [۱۸].

جدول ۵: میانگین و انحراف معیار داده های سرعت حد دو وارپته متداول انجیر خشک\*

وارپته	سرعت حد (متر بر ثانیه)
دهان بسته	۷/۴۱ ± ۰/۴۳
دهان باز	۷/۸۱ ± ۰/۵۵

### منابع:

- 1- Abalone, R. (2004). Some physical properties of Amarnath seeds. Biosystems Engineering, 89(1), 109–117.
- 2- Akar, R., & Aydin, C. (2004). Some physical properties of gumbo fruit varieties. Journal of Food Engineering, 60, 387–393.
- 3- Akbas, M., Y., Ozdemir, M., 2007, Application of gaseous ozone to control populations of Escherichia coli, Bacillus cereus and Bacillus cereus spores in dried figs, Food Microbiology, in press.
- 4- Altuntas, E., & Yildiz, M. (2007). Effect of moisture content on some physical & mechanical properties of faba bean (Vicar faba L.) grains. Journal of Food Engineering, 78(1), 174–183.
- 5- Aydin, C., & Ozcan, M. (2002). Some physico-mechanic properties of terebinth fruits. Journal of Food Engineering, 53, 97–101.
- 6- Aydin, C. (2003). Physical properties of almond nut and kernel. Journal of Food Engineering, 60, 315–320.
- 7- Bart-Plange, A., & Baryeh, E. A. (2003). The physical properties of Category B cocoa beans. Journal of Food Engineering, 60, 219–227.
- 8- Baryeh, E. A. (2001). Physical properties for Bambara groundnuts. Journal of Food Engineering, 47, 321–326.
- 9- Baryeh, E. A. (2002). Physical properties of millet. Journal of Food Engineering, 51, 39–46.
- 10- Baryeh, E. A., & Mangope, B. K. (2002). Some physical properties of QP-38 variety pigeon pea. Journal of Food Engineering, 56, 59–65.
- 11- Bern, C.J., & Charity, L.F. (1975). Air flow resistance characteristics of corn as influenced by bulk density. ASAE Paper No. 75-3510, St. Joseph, MI.
- 12- Calisir, S., & Aydin, C. (2004). Some physico-mechanic properties of cherry laurel (Prunus lauracerasus L.) fruits. Journal of Food Engineering, 65, 145–150.
- 13- Calisir, S., Haciseferogullari, H., Ozcan, M., & Arslan, D. (2005). Somenutritional and technological properties of wild plum (Prunus spp.) fruits in Turkey. Journal of Food Engineering, 66(2), 233–237.
- 14- Deshpande, S. D., Bal, S., & Ojha, T. P. (1993). Physical properties of soybean. Journal of Agricultural Engineering Research, 56, 89–98.
- 15- Dursun, E., & Dursun, I. (2005), Some physical properties of caper seed, Biosystems Engineering, 92(2), 237–245.

- 16- Food and Agriculture Organization (2006). [www.FAO.org/statistics.htm](http://www.FAO.org/statistics.htm).
- 17- Gezer, I., Haciseferogullari, H., & Demir, F. (2002). Some physical properties of hacihaliloglu apricot pit and kernel. *Journal of Food Engineering*, 56, 49–57.
- 18- Gupta, R. K., & Das, S. K. (1997). Physical properties of sunflower seeds. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 66, 1–8.
- 19- Jain, R. K., & Bal, S. (1997). Physical properties of pearl millet. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 66, 85–91.
- 20- Joshi, D. C., Das, S. K., & Mukherji, R. K. (1993). Physical properties of pumpkin seeds. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 54, 219–229.
- 21- Kashaninejad, M., 2006, Some physical properties of Pistachio (*Pistacia vera* L.) nut and its kernel, *Journal of Food Engineering*, 72, 30–38.
- 22- Konak, M., Carman, K., & Aydin, C. (2002). Physical properties of chick pea seeds. *Biosystems Engineering*, 82(1), 73–78.
- 23- Lvin, J. B. (1970). Analytical evaluation of pressures of granular materials on silo walls. *Powder Technology*, 4, 280–285.
- 24- McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriott, P. (1986). *Unit operations of chemical engineering*. New York: McGraw-Hill Publisher.
- 25- Mohsenin, N., N., (1978). *Physical properties of plant and animal materials*, New York: Gordon and Breach Science Publishers.
- 26- Nimkar, P. M., & Chattopadhyay, P. K. (2001). Some physical properties of green gram. *Journal Agricultural Engineering Research*, 80(2), 183–189.
- 27- Ogunjimi, L. A. O., Aviara, N. A., & Aregbesola, O. A. (2002). Some physical properties of Locust bean seed. *Journal of Food Engineering*, 55, 95–99.
- 28- Ogut, H. (1998). Some physical properties of white lupin. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 56, 273–277.
- 29- Olajide, J. O., & Igbeka, J. C. (2003). Some physical properties of Groundnut kernels. *Journal of Food Engineering*, 58, 201–204.
- 30- Oyelade, O. J., Odugbenro, P. O., Abioye, A. O., & Raji, N. L. (2005). Some physical properties of African star apple (*Chrysophyllum albidum*) seeds. *Journal of Food Engineering*, 67, 435–440.
- 31- Ozguven, F., & Vursavus, K. (2005). Some physical, mechanical and aerodynamic properties of pine (*Pinus pinea*) nuts. *Journal of Food Engineering*, 68, 191–196.
- 32- O' ztekin, S., et al., 2006, Effects of ozone treatment on microflora of dried figs, *Journal of Food Engineering*, 75, 396–399.
- 33- Paksoy, M., & Aydin, C. (2004). Some physical properties of Edible squash seeds. *Journal of Food Engineering*, 65(2), 225–231.
- 34- Razavi, S.M.A., 2007a, Physical properties of pistachio nut and its kernel as a function of moisture content and variety. Part I. Geometrical properties, *Journal of Food Engineering*, 81, 209–217.
- 35- Razavi, S.M.A., 2007b, Physical properties of pistachio nut and its kernel as a function of moisture content and variety. Part II. Gravimetric properties, *Journal of Food Engineering*, 81, 218–225.
- 36- Razavi, S.M.A., 2007c, Physical properties of pistachio nut and its kernel as a function of moisture content and variety. Part III: Frictional properties, *Journal of Food Engineering*, 81, 226–235.
- 37- Scanlon, M. G., Cewnkowski, S., Segall, K. I., & Arntfeld, S. D. (2005). The physical properties of micronised lentiles as a function of tempering moisture. *Biosystems Engineering*, 92(2), 247–254.
- 38- Sharma, S. K., Dubey, R. K., & Teckhandani, C. K. (1985). Engineering properties of black gram, soyabean and green gram. *Proceedings of the Indian Society of Agricultural Engineers*, 3, 181–185.
- 39- Singh, K. K., & Goswami, T. K. (1996). Physical properties of cumin seed. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 64, 93–98.
- 40- Slavin, J. L. (2006). Figs: Past, Present and Future. *Nutrition Today*, 41, 180–184.
- 41- Solomon, A., et al. (2006). Antioxidant activities and anthocyanin content of fresh fruits of common fig (*Ficus carica* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 7717–7723.
- 42- Suthar, S. H., & Das, S. K. (1996). Some physical properties of karingda seeds. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 65, 15–22.
- 43- Veberic, R., et al., 2008, Phenolic acids and flavonoids of fig fruit (*Ficus carica* L.) in the northern Mediterranean region, *Food Chemistry* 106, 153–157.