



## تعیین خواص فیزیکی، مکانیکی و هیدرودینامیکی کنگر

احمد جهان‌بخشی<sup>۱</sup>، \* رضا یگانه<sup>۲</sup> و ابوالفضل آخوندزاده یامچی<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

<sup>۲</sup> استادیار گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۱/۵؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۲/۱۱

### چکیده

**سابقه و هدف:** کنگر یکی از فراوان‌ترین گیاهان مناطق کوهستانی ایران می‌باشد، که به دلیل نقش کمکی در هضم مواد غذایی مورد توجه مصرف‌کنندگان قرار گرفته است. در ایران بیش از ۱۷ درصد محصولات کشاورزی در مراحل مختلف تولید تا عرضه به ضایعات تبدیل می‌شود، که این امر مستلزم دانستن خواص فیزیکی، مکانیکی و هیدرودینامیکی محصولات کشاورزی می‌باشد. وجود اطلاعاتی در زمینه خواص فیزیکی، مکانیکی و هیدرودینامیکی کنگر می‌تواند در طراحی ماشین‌های مورد نیاز در عملیات انتقال، جداسازی، درجه‌بندی هیدرولیکی، شستشو، کیفیت‌سنجی، نگهداری و فرآوری آن کاربرد فراوانی داشته باشد. زیرا سبب کاهش تلفات محصول و افزایش بهره‌وری عملیات مختلف جهت فرآوری کنگر می‌شود.

**مواد و روش‌ها:** در این تحقیق برخی خواص فیزیکی، مکانیکی و هیدرودینامیکی کنگر تحت شرایط استاندارد و در سه تکرار اندازه‌گیری شد. خواص فیزیکی شامل: طول، عرض، ضخامت، میانگین قطر هندسی و حسابی، جرم، حجم، جرم حجمی، کرویت، مساحت سطح رویه، نسبت رعنائی و محتوای رطوبتی بر مبنای تر اندازه‌گیری شد. خواص مکانیکی نمونه‌ها در هنگام برش و خمش (شکست)، کنگر از وسط بعد طولی آن به وسیله ماشین اینسترون زوییک‌رول تحت استانداردهای لازم اندازه‌گیری گردید. خواص هیدرودینامیکی برای انتقال، جداسازی و درجه‌بندی کنگر توسط آب انجام گرفت.

\*مسئول مکاتبه: [r.yeganeh@ilam.ac.ir](mailto:r.yeganeh@ilam.ac.ir)

یافته‌ها: در بررسی خواص فیزیکی طول، عرض، ضخامت، جرم، حجم و قطر میانگین هندسی، رابطه مستقیم و جرم حجمی (چگالی) رابطه معکوس با اندازه کنگر داشت. شکل، اندازه، حجم، سطح رویه و چگالی از جمله مشخصه‌هایی فیزیکی هستند که در بسیاری از مسائل مربوط به طراحی یک ماشین مخصوص یا تحلیل رفتارهای حاصله در انتقال مواد دارای اهمیت می‌باشد. برای خواص مکانیکی در تست خمش مدول الاستیسیته، حداکثر نیروی لازم برای خمش کنگر، کار انجام شده برای رسیدن به حداکثر نیروی لازم برای خمش کنگر و تغییر شکل در هنگام اعمال حداکثر نیرو به ترتیب برابر  $0/00341$  گیگا پاسکال،  $41/5$  نیوتن،  $444/29$  نیوتن در میلی‌متر،  $18/91$  میلی‌متر و برای تست برش مدول برشی، حداکثر نیروی لازم برای برش کنگر، مقاومت برشی، تغییر شکل برشی در هنگام اعمال حداکثر نیرو به ترتیب برابر  $0/002$  گیگا پاسکال،  $82/9$  نیوتن،  $0/0207$  نیوتن بر میلی‌متر مربع و  $19/15$  میلی‌متر محاسبه شد. اطلاعات به دست آمده از خواص مکانیکی کنگر در تست برش و خمش می‌تواند مورد استفاده کارخانه‌های فراوری کنگر قرار گیرد. خواص هیدرودینامیکی کنگر شامل زمان بالا آمدن کنگر در ستون آب، میانگین سرعت حد و میانگین نیروی شناوری وارد بر کنگر در ستون آب به ترتیب  $4/67$  ثانیه،  $0/02$  متر بر ثانیه و  $0/93$  نیوتن به دست آمد. دانسیته کنگر کمتر از آب بود در نتیجه کنگر را می‌توان به صورت هیدرولیکی و بدون هیچ‌گونه آسیبی درجه‌بندی و انتقال داد.

**نتیجه‌گیری:** داده‌های به دست آمده از این تحقیق می‌تواند در طراحی، بهینه‌سازی، تجهیزات فرآوری، حمل و نقل، جداسازی و بسته‌بندی کنگر مورد استفاده قرار گیرد.

**واژه‌های کلیدی:** کنگر، خواص فیزیکی، خواص مکانیکی، خواص هیدرودینامیکی.

## مقدمه

کنگر با نام علمی (سینارا اسکولیموس<sup>۱</sup>)، یکی از فراوان‌ترین گیاهان مناطق کوهستانی ایران است. انتشار جغرافیایی تقریباً در کلیه مناطق کوهستانی ایران، در دامنه‌های الوند، بین همدان و توپسرکان، همدان و کرمانشاه، کوه‌های آذربایجان، لرستان، فارس، کردستان، خراسان و جنوب البرز به صورت خودرو به فراوانی می‌روید. دم برگ داخلی سفیدرنگ، رأس ساقه قسمت‌های خوراکی این گیاه را تشکیل می‌دهد که در سوپ، خورش و سالاد مورد استفاده قرار می‌گیرد. در یونان و مصر باستان، این گیاه به دلیل نقش کمکی در هضم مواد غذایی مورد توجه قرار گرفت و در قرن ۱۶ میلادی در اروپا یکی از سبزی‌های معروف بوده که توسط اشراف مورد مصرف قرار می‌گرفت (۶ و ۱۶). محصولات کشاورزی معمولاً از زمان برداشت تا زمان مصرف تحت تأثیر عوامل و فرآیندهای مختلفی قرار می‌گیرند. این فرآیندها خواه ساده باشد مثل تمیز کردن، جدا کردن و جابه‌جایی و خواه تکمیلی یا تبدیلی باشند به‌نوعی باعث تغییر ویژگی‌های محصول می‌شوند (۱۴). خواص فیزیکی یک رقم بادام درختی و مغز آن شامل ویژگی‌های هندسی، ثقلی، اصطکاک و نیز سرعت حد دانه را به‌عنوان تابعی از محتوای رطوبت مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش محتوای رطوبت، نیروی شکست دانه بادام کاهش می‌یابد (۲). در تحقیقی در مصر برخی خواص فیزیکی و مکانیکی پیاز مورد مطالعه قرار گرفت این خواص شامل ابعاد، میانگین قطر هندسی و حسابی، سطح‌رویی، حجم، وزن، دانسیته ظاهری، ضریب استاتیک ایستایی، زاویه غلتش، نیروی خورد شدگی و تست سوراخ بود (۳). خواص مکانیکی چهار رقم چغندر قند را در طول فصل برداشت و در دوره‌های ذخیره‌سازی اندازه‌گیری نمودند آن‌ها دریافتند که شرایط انبارداری و اندازه ریشه به طور قابل توجهی بر مقاومت در برابر آسیب مکانیکی مؤثر است. منطقه بالای ریشه چغندر قند در برابر گسیختگی پوست از منطقه میانی در هر دو زمان برداشت و ذخیره‌سازی مقاوم‌تر بوده است (۷). در تحقیقی استحکام برش استاتیکی و دینامیکی ساقه برنج مورد مطالعه قرار گرفت که در اندازه‌گیری نیروی برش استاتیکی از وزن آب و در اندازه‌گیری نیروی برش دینامیکی از کرنش سنج‌های نصب‌شده روی بازو انتقال نیرو استفاده شد (۲۳). خواص خمشی و برشی ساقه آفتابگردان را مورد بررسی قرار گرفت. در این تحقیق تنش برشی، خمشی، مدول الاستیسیته و انرژی ویژه برش ساقه آفتابگردان به‌دست آمد و تأثیر مقدار

رطوبت بر این موارد مشخص گردید. نتایج نشان داد با افزایش رطوبت مدول الاستیسیته و مقدار تنش خمشی کاهش و استحکام برشی و انرژی برشی افزایش گردید (۸). در تحقیقی به بررسی سرعت حد دو رقم سیب پرداختند و به این نتیجه رسیدند که میوه‌ها ۵ ثانیه پس از رها شدن به سرعت حد خود می‌رسند (۱۱). در هنگام سقوط یک میوه در یک سیال در لحظه‌ای که برآیند نیروهای وارده بر آن در راستای قائم برابر با صفر باشد، جسم با سرعت ثابت سقوط خواهد کرد، که به این سرعت ثابت سرعت حد گفته می‌شود (۱۷). سرعت حد میوه، که درون سیالی با دانسیته بالا یا پایین‌تر از دانسیته میوه حرکت می‌کند، می‌تواند روش مناسبی به منظور جداسازی میوه تلقی گردد. به طوری که میوه‌ها با سرعت حد متفاوت پس از طی یک فاصله ثابت در مجرا و رسیدن به اعماق مختلف می‌توانند به وسیله قرار دادن یک جداکننده مناسب از یکدیگر جدا شوند (۹). برخی از خواص مکانیکی میوه و پوست پرتقال را تحت بارگذاری فشاری و برشی تعیین کردند. آن‌ها با انجام آزمون بارگذاری برشی به وسیله یک تیغه‌ای به ضخامت ۶ میلی‌متر، مقدار نیرو و انرژی لازم برای برش میوه پرتقال را اندازه‌گیری کردند و نشان دادند که با افزایش مدت زمان انبارداری، نیرو و انرژی لازم برای برش پرتقال کاهش می‌یابد (۱۳). حجم و چگالی محصول‌های کشاورزی اهمیت زیادی در فرآیندهای مختلف و در ارزیابی کیفیت محصول از جمله تعیین رسیدگی میوه‌ها دارد (۲۲). سرعت حد میوه‌ها و غلات کوچک نقش مهمی در طراحی تجهیزات نقل و انتقال بادی و آبی مواد، طراحی خشک‌کن‌های بستر سیال و انواع سیستم‌های تمیزکننده مواد خارجی از محصول ایفا می‌کند که مورد توجه محققان است و از تحقیق‌های صورت گرفته در این باره می‌توان به تعیین سرعت حد پسته و نخود سبز اشاره کرد (۱۰ و ۱۹).

هدف از این تحقیق تعیین برخی ویژگی‌های فیزیکی، مکانیکی و هیدرودینامیکی کنگر می‌باشد. نتایج به دست آمده می‌تواند جهت مکانیزه کردن عمل برداشت و پس از برداشت کنگر مفید باشد.

### مواد و روش‌ها

این تحقیق در فروردین‌ماه ۱۳۹۳ در آزمایشگاه دانشگاه ایلام انجام شد. کنگرها از مناطق کوهستانی شهرستان اسلام آبادغرب تهیه گردید، سپس به صورت دستی تمیز و در محیطی با دمای ۱۲ - ۱۱ درجه سانتی‌گراد نگهداری شده و حدود ۱ ساعت پیش از انجام آزمایش‌ها از محیط انبار به محل آزمایشگاه انتقال داده شدند. همه خواص فیزیکی بر روی ۵۰ نمونه کنگر بررسی گردید. ابعاد

کنگر a (طول)، b (عرض) و c (ضخامت)، به وسیله کولیس دیجیتال (مدل DC-515) ساخت کشور تایوان با دقت ۰/۰۱ میلی متر اندازه گیری گردید. سپس قطر میانگین هندسی، حسابی و کرویت با استفاده از رابطه های ۱ تا ۳ محاسبه گردید (۱۷ و ۲۱).

$$D_g = \sqrt[3]{a \cdot b \cdot c} \quad (1)$$

$$D_e = \frac{a+b+c}{3} \quad (2)$$

$$\phi = \frac{D_g}{a} \quad (3)$$

که  $D_g$  قطر میانگین هندسی، a طولانی ترین عرض از مبدأ، b طولانی ترین عرض از مبدأ معمول عمود بر a و c طولانی ترین عرض از مبدأ معمول عمود بر a و b می باشد.  $D_e$  قطر میانگین حسابی و  $\phi$  کرویت کنگرها می باشد. مساحت سطح S و نسبت رعنائی  $R_a$ ، کنگرها نیز از رابطه ۴ و ۵ به دست آمد (۲۱).

$$S = \pi D_g^2 \quad (4)$$

$$R_a = \frac{b}{a} \quad (5)$$

نمونه ها توسط یک ترازوی دیجیتالی (مدل AND-GF 6100)، ساخت کشور آمریکا با دقت ۰/۰۱ گرم وزن شدند. برای تعیین حجم کنگرها از روش پلات فرم استفاده گردید (۱۵). بدین منظور نمونه ها به کمک یک گیره پایه دار در داخل بشری که روی ترازو قرار داده شده بود غوطه ور شده، قرائت دوم ترازو با میوه غوطه ور در آب منهای وزن ظرف و آب برابر است با وزن آب جابه جاشده که در عبارت زیر جایگذاری شده و حجم کنگرها با استفاده از رابطه ۶ محاسبه می شود.

$$V = \frac{W_w}{\rho_w} \quad (6)$$

جرم حجمی کنگرها از رابطه ۷ به دست آمد (۵).

$$\rho_t = \frac{M}{V} \quad (7)$$

که  $W_w$  جرم حجم آب جابجا شده،  $\rho_w$  جرم حجمی آب،  $\rho_t$  جرم حجمی واقعی کنگر، M جرم کنگر، V حجم کنگر است.

تعیین میزان رطوبت محصول: برای تعیین محتوای رطوبتی بر پایه تر و خشک از روش استاندارد هوای گرم آون (ممرت، آلمان)، استفاده گردید. کنگرها به صورت سالم در ظرف مخصوص که قبلاً

وزن شده بودند در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد و به مدت نیم ساعت قرار گرفتند و بعد از این مدت نمونه‌ها از آون خارج و در داخل دسیکاتور به مدت ۱۰ دقیقه سرد شده، سپس با ترازوی دیجیتال (مدل ای‌ان‌ادی، ژاپن) با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شدند (۱، ۲۵ و ۲۶). رطوبت کنگر بر مبنای تر بر طبق معادله ۸ محاسبه شد (۱).

$$U_w = \frac{G_w}{(G_w + G_{dm})} \quad (8)$$

که در آن  $U_w$  رطوبت کنگر بر مبنای تر،  $(G_{dm} + G_w)$  وزن نمونه اولیه،  $G_w$  وزن رطوبت از دست رفته،  $G_{dm}$  وزن نمونه خشک‌شده می‌باشد.

**اندازه‌گیری خواص مکانیکی:** برای تعیین ویژگی‌های مکانیکی کنگر دو تست، شکست (خمش) سه نقطه‌ای و برش مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین منظور از دستگاه اینسترون زوییکرول (مدل Z 0.5)، استفاده گردید. برای تست خمش کنگر از پراپ سه نقطه‌ای تحت بارگذاری عمودی بر اساس استاندارد ASTM D 790-03 در دمای اتاق با سرعت تست ۲۰ میلی‌متر بر دقیقه (شکل ۱) و برای تست برش از تیغه لبه صاف به ضخامت ۱/۴ میلی‌متر و زاویه تیغه ۳۰ درجه بر اساس استاندارد 53294 DIN و با سرعت تست ۲۰ میلی‌متر بر دقیقه اندازه‌گیری گردید (شکل ۲). دستگاه اینسترون همزمان به رایانه متصل بوده و داده برداری صورت می‌گرفت. هر یک از آزمون‌ها در ۳ تکرار انجام گرفت.



شکل ۲- تست برش  
Figure 2. Shear test



شکل ۱- تست خمش  
Figure 1. Bending test

اندازه گیری خواص هیدرودینامیکی: برای تعیین خواص هیدرودینامیکی، برای ایجاد محیط مناسب حرکت کنگر در آب از یک ستون با قاعده مربع  $35 \times 35$  سانتی متر مربع و ارتفاع ۹۰ سانتی متر از جنس پلگسی گلاس ۱۰ میلی متر ساخته شد. اضلاع قاعده این ستون بر اساس استاندارد تعیین گردیده است. این ستون تا ارتفاع ۸۰ سانتی متر از آب پر شد. هر کنگر به وسیله یک گیره غیر مخرب در کف ستون آب قرار داده شده و پس از آرام شدن آب، رها شده و بلافاصله فیلم حرکت آن از شروع حرکت تا پایان حرکت توسط دوربین دیجیتال سونی<sup>۱</sup> مدل (DSC-W710) با ۳۰ فریم بر ثانیه ضبط شده است. زمان بالا آمدن کنگرها در ۸۰ سانتی متر و سرعت حد آنها محاسبه گردید. این کار برای هر کنگر ۳ بار تکرار شد (۱۱ و ۱۲). با استفاده از نرم افزار تبدیل فیلم به عکس (VCI)، فیلم حرکت کنگر از لحظه شروع حرکت (کف ستون آب) تا پایان حرکت در ستون آب به عکس تبدیل شد. بعد از تبدیل فیلم حرکت هر کنگر در ستون آب، تمام عکس ها در فایل جداگانه ای ذخیره شد. از آنجا دوربین استفاده شده ۳۰ عکس در ثانیه را ضبط می کند لذا هر عکس در ۰/۰۳۳ ثانیه اتفاق می افتد. زمان بالا آمدن کنگرها در فاصله ۸۰ سانتی متری با ضریب تعداد عکس های هر حرکت در ۰/۰۳۳ ثانیه به دست آمد. از آنجا که مدت زمان اندکی لازم است تا کنگر از سرعت صفر به بیشترین سرعت خود (سرعت حد) برسد. برای محاسبه سرعت حد ۳۰ سانتی متر اول حرکت آن را در نظر نگرفته و لذا فاصله عمودی ۵۰ سانتی متری (۳۰-۸۰) به عنوان مسیر عمودی حرکت کنگر در نظر گرفته شده است. سرعت حد ( $V_t$ ) کنگر با استفاده از رابطه ۹ به دست آمد.

$$V_t = \frac{50 \times 10^{-2}}{(0.033 \times N)} \quad (9)$$

که در آن N تعداد عکس های حرکت کنگر در فاصله عمودی ۵۰ سانتی متری می باشد. نیروی شناوری  $F_b$  یا نیروی ارشمیدس نیروی وارده بر کنگر در خلاف جهت نیروی وزن آن است. این نیرو با استفاده از رابطه ۱۰ به دست آمد (۴).

$$F_b = \rho_w V g \quad (10)$$

که در آن V حجم کنگر، g شتاب گرانش و  $\rho_w$  جرم حجمی آب می باشد.

### نتایج و بحث

مقادیر مربوط به ویژگی‌های ابعادی کنگر در جدول ۱ آورده شده است. با توجه به نتایج مقادیر میانگین خواص اندازه‌گیری شده طول، عرض، ضخامت، قطر میانگین هندسی، قطر میانگین حسابی و جرم محاسبه گردید. با توجه به این که مقدار طول اختلاف زیادی با عرض و ضخامت کنگر دارد، می‌توان نتیجه گرفت که کنگر دارای کرویت پایین می‌باشد. خواص فیزیکی محصولات کشاورزی در محدوده وسیعی هستند، مثلاً نخود فرهنگی تقریباً کروی، پرتغال و گریپ‌فروت تقریباً بیضوی و کنگر کشیده و باریک می‌باشد. شکل و ابعاد فیزیکی محصولات کشاورزی در جدا کردن مواد خارجی از آن‌ها و همچنین درجه‌بندی میوه‌ها و سبزی‌ها بکار می‌رود. نتایج حاصل از اندازه‌گیری خواص ابعادی کنگر نشان داد که مقادیر به‌دست آمده از طول، عرض و ضخامت می‌تواند در زمینه طراحی یک ماشین مخصوص مورد استفاده قرار گیرد. دانستن اطلاعات مرتبط با قطر میانگین هندسی و قطر میانگین حسابی در طراحی فرآیند درجه‌بندی دستگاه‌ها به‌ویژه برای مواد جامد نامنظم با ارزش خواهد بود. بخشی از ضایعات محصولات کشاورزی با شیوه‌های نادرست بسته‌بندی و امکانات ناکافی حمل‌ونقل در ارتباط است، بسته‌بندی باید نیازهای حمل‌ونقل و بازاریابی را برحسب وزن، اندازه و شکل محصولات کشاورزی مهیا سازد. که این امر مستلزم دانستن خواص فیزیکی محصولات کشاورزی می‌باشد.

جدول ۱- خواص ابعادی کنگر

Table 1. Dimensions properties of scolymus

ضریب تغییرات CV (%)	انحراف معیار Standard deviation	کمترین Min	بیشترین Max	میانگین Average	خصوصیت Property
15.26	20.76	93.66	163.66	135.4	طول (mm) (Length)
5.32	1.13	19.14	22.98	21.2	عرض (mm) (Width)
7.32	1.45	17.12	22.31	19.8	ضخامت (mm) (Thickness)
5.53	2.12	32.04	42.36	38.3	قطر میانگین هندسی (mm) (Geometric mean diameter)
11.30	6.65	44.28	68.87	58.8	قطر میانگین حسابی (mm) (Arithmetic mean diameter)
22.94	16.86	38.59	93.24	73.48	جرم (gr) (Mass)



خواص فیزیکی اندازه‌گیری شده کنگر در جدول ۲ آورده شده است. نتایج مقادیر میانگین خواص اندازه‌گیری شده حجم، جرم حجمی، کرویت، مساحت سطح و نسبت رعنائی محاسبه شد. به دلیل پایین بودن جرم حجمی کنگر نسبت به آب می‌توان آن را به وسیله جریان آب انتقال و شست‌وشو داد. تغییر در کیفیت میوه‌ها و سبزی‌ها، غلات و بذور می‌تواند با اندازه‌گیری تغییرات در جرم مخصوص مشخص شوند. در نقل و انتقال به صورت هیدرولیکی جرم مخصوص و شکل محصول هر دو دخالت دارند. اندازه حجم و سطح محصول در مدلسازی انتقال ماده و حرارت در طول خشک کردن و یا منجمد کردن محصول کاربرد دارد. در تحقیق‌های مشابهی اومویواجو و همکارانش (۲۰۰۰) و محسنین (۱۹۸۶)، درباره اهمیت این خواص برای تعیین اندازه‌گیری ماشین‌ها خصوصاً ماشین‌های جداسازی و سورتینگ بحث و بر اهمیت آن‌ها تأکید کرده‌اند (۲۰ و ۱۷).

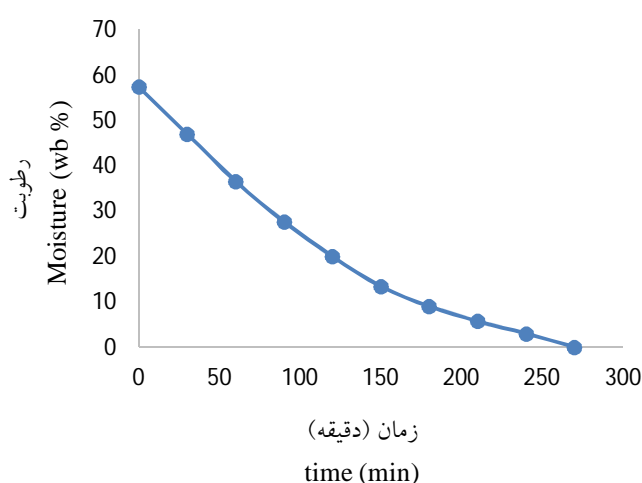
جدول ۲- خواص فیزیکی کنگر

Table 2. Physical properties of scolymus

ضریب تغییرات CV (%)	انحراف معیار Standard deviation	کمترین Min	بیشترین Max	میانگین Average	خصوصیت Property
22.70	17.03	39.60	94.97	75.01	حجم (mm <sup>3</sup> ) (Volume)
0.7	0.0068	0.95	0.98	0.97	جرم حجمی (gr/mm <sup>3</sup> ) (Density)
13.92	0.039	0.23	0.38	0.28	کرویت (%) (Sphericity)
10.87	502.52	3223.63	5635.64	4619.75	مساحت سطح (mm <sup>2</sup> ) (surface area)
20.62	0.033	0.11	0.24	0.16	نسبت رعنائی (aspect ratio)

محتوای رطوبتی بر پایه‌تر کنگر در شکل ۳ آورده شده است. رطوبت اولیه بر پایه‌تر برابر ۵۷ درصد به دست آمد. شکل ۳ رطوبت اولیه کنگر از ۵۷ درصد بعد از گذشت ۲۷۰ دقیقه به نزدیک صفر درصد رسیده و این نشانگر خشک شدن، سریع کنگر دارد. که علت آن می‌تواند به دلیل لایه لایه بودن کنگر با وجود برگ‌هایی پهن و نازک و مساحت سطح زیاد این برگ‌ها در تماس با هواغ داغ آون و همچنین نفوذ سریع هوای داغ آون به داخل لایه‌های نازک تشکیل دهنده ساختمان کنگر باشد

که از مهمترین عوامل سریع خشک شدن این محصول بشمار می‌رود. در تحقیق مشابهی نعمت پورملک‌آباد و همکارانش (۲۰۱۴)، محتوای رطوبتی و مدت زمان لازم برای خشک شدن خلال پیاز به کمک رگرسیون چند متغیره خطی را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج تحقیقات آن‌ها نشان داد که کاهش ضخامت خلال در مقایسه با کاهش ضخامت لایه و افزایش دما تاثیر بیشتری بر کاهش زمان لازم برای فرآیند خشک شدن نشان می‌دهد (۱۸).



شکل ۳- میزان رطوبت کنگر بر پایه تر

Figure 3. Moisture content wet based scolymus

خواص مکانیکی کنگر حین بار گزاری شبه استاتیکی در تست خمش در جدول ۳ آورده شده است. میانگین حداکثر نیروی لازم برای خمش کنگر ۴۱/۵ نیوتن بوده و حاکی از آن است که برای خمش کنگر جهت بسته‌بندی و فرآوری این محصول نیروی چندان زیادی لازم نیست. میانگین مدول الاستیسیته کنگر سالم ۰/۰۳۴۱ گیگا پاسکال بوده که نشان‌دهنده کم بودن میزان کرنش محصول نسبت به تنش فشاری می‌باشد. محصولات کشاورزی پس از بسته‌بندی‌ها در طول زمان جابه‌جایی و حمل، روی هم قرار گرفته، بنابراین جهت حفظ محصول در برابر صدمات مکانیکی و کاهش ضایعات، اندازه‌گیری و دانستن خواص مکانیکی امری کاملاً ضروری می‌باشد. علاوه بر اهمیت مطالعه‌ی خواص مکانیکی در رابطه با کمینه سازی صدمات مکانیکی، این ویژگی‌ها در طراحی ماشین‌آلات و تجهیزات حین برداشت و پس از برداشت جزو اطلاعات پایه محسوب می‌شود.

جدول ۳- خواص مکانیکی کنگر حین بارگذاری شبه استاتیکی در تست خم

Table 3. Scolymus mechanical properties during static load in bending test

ضریب تغییرات CV%	انحراف معیار Standard deviation	کمترین Min	بیشترین Max	میانگین Average	خواص مکانیکی کنگر در تست خم Scolymus mechanical properties in bending test
9.97	0.00034	0.00291	0.00386	0.00341	مدول الاستیسیته (Gpa) (Modulus of elasticity)
18.69	7.76	28.12	52.04	41.5	حداکثر نیروی لازم برای خمش کنگر (N) (maximum force necessary to of bending Scolymus)
15.52	68.96	311.23	520.13	444.29	کار انجام شده برای رسیدن به حداکثر نیروی لازم برای خمش (N.mm) (Work done to achieve maximum force necessary to of bending)
22.10	4.18	13.07	26.13	18.91	تغییر شکل کنگر هنگام اعمال حداکثر نیرو (mm) (Scolymus deformation when applying maximum force)

خواص مکانیکی کنگر حین بارگذاری شبه استاتیکی در تست برش در جدول ۴ آورده شده است. میانگین حداکثر نیروی لازم برای برش کنگر ۸۲/۹ نیوتن بوده که نشان‌دهنده زیاد بودن مقاومت کنگر به برش می‌باشد و این مقاومت به دلیل وجود الیاف‌های طولی در ساقه و دمبرگ‌های این گیاه است. تغییر شکل در هنگام برش همانند خمش بوده و بسیار اندک است و این بیانگر مقاومت کنگر نسبت به تغییر شکل از سوی نیروی برشی است.

مدول برشی نیز بسیار کم بوده و نشان‌دهنده نرم بودن و مقاومت کم محصول نسبت به کرنش برشی می‌باشد. اطلاعات به‌دست آمده از خواص مکانیکی کنگر در تست برش می‌تواند مورد استفاده کارخانه‌های فرآوری محصول قرار گیرد.

جدول ۴- خواص مکانیکی کنگر حین بارگذاری شبه استاتیکی در تست برش

ضریب تغییرات CV(%)	انحراف معیار Standard deviation	کمترین Min	بیشترین Max	میانگین Average	خواص مکانیکی کنگر در تست برش Scolymus Mechanical properties of in shear test
29	0.00058	0.0016	0.0025	0.002	مدول برشی ( $N/mm^2$ ) (Shear modulus)
9.49	7.88	59.87	91.34	82.90	حداکثر نیروی لازم برای برش کنگر (N) (maximum force necessary to Shearing Scolymus)
12.07	0.0025	0.0008	0.0081	0.0207	مقاومت برشی ( $N/mm^2$ ) (Shear strength)
23.01	4.408	10.09	24.15	19.15	تغییر شکل برشی در هنگام اعمال حداکثر نیرو (mm) (Shear deformation during the application of maximum force)

خواص هیدرودینامیکی اندازه‌گیری شده در جدول ۵ آورده شده است. خواص هیدرودینامیکی محصولات کشاورزی برای انتقال جداسازی و درجه‌بندی آنها توسط آب ضروری می‌باشد. دانسیته کنگر کمتر از آب بوده در نتیجه کنگر به سمت بالا حرکت کرده و سرعت حد آن بالا می‌رود و لذا روی آب شناور می‌ماند، به دلیل نزدیک بودن چگالی کنگر نسبت به آب سرعت بالا آمدن کنگر کم می‌باشد. سرعت حد می‌تواند معیاری برای درجه‌بندی کنگر بر اساس اندازه باشد و کنگر را می‌توان به صورت هیدرولیکی و بدون هیچ‌گونه آسیبی درجه‌بندی، شست و شو، انتقال و یا حتی از ناخالصی‌هایی مانند شن و غیره جداسازی نمود. در رابطه با سایر پارامترها مشاهده گردید که سرعت حد هر کنگر بیشتر تحت تأثیر دانسیته می‌باشد، به گونه‌ای که با افزایش دانسیته، سرعت حد نیز کاهش یافت. در تحقیق مشابهی طاهری گراوند و همکاران (۲۰۱۰)، طی مطالعه‌ای بر روی خواص هیدرودینامیکی گوجه‌فرنگی به این نتیجه رسیدند، که عامل مؤثر بر سرعت حد تفاوت چگالی آب و گوجه‌فرنگی می‌باشد (۲۴). در تحقیق‌های مشابه دیگری خیرعلی پور و همکاران (۲۰۰۸)، سرعت حد و زمان بالا آمدن دو رقم سیب رندسپار و دلبراستیوال و همچنین مدل‌سازی سرعت حد میوه کیوی در آب را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج آن‌ها حاکی از آن بود که با کاهش دانسیته واقعی، سرعت حد افزایش یافت (۱۱ و ۱۲).

Table 5. Hydrodynamic properties of Scolymus

ضریب تغییرات CV(%)	انحراف معیار Standard deviation	کمترین Min	بیشترین Max	میانگین Average	خواص هیدرودینامیکی کنگر Hydrodynamic properties of Scolymus
12.84	0.6	3.65	5.21	4.67	زمان بالا آمدن کنگر در ستون آب (S) (rise time Scolymus in the water column)
13.5	0.0027	0.018	0.024	0.02	سرعت حد (m.s <sup>-1</sup> ) (limit Speed)
11.82	0.11	0.82	1.1	0.93	نیروی شناوری (N) (Flotation force)

### نتیجه گیری

نتایج به دست آمده از خواص فیزیکی می تواند برای طراحی ادوات مربوطه در زمینه بسته بندی و درجه بندی کنگر استفاده گردد. طول، عرض، ضخامت، جرم، حجم و قطر میانگین هندسی رابطه مستقیم و جرم حجمی (چگالی) رابطه معکوس با اندازه کنگر داشت. کنگر دارای کرویت پایین (۰/۲۸) می باشد، که این ویژگی باید در طراحی سیستم های انتقال، جابه جایی و درجه بندی در نظر گرفته شود. چگالی کنگر کمتر از چگالی آب بوده در نتیجه کنگر را می توان به صورت هیدرولیکی و بدون هیچ گونه آسیبی طبقه بندی و انتقال داد. نتایج به دست آمده از خواص مکانیکی در تست خمش می تواند در طراحی ماشین های بسته بندی، شست و شو، جداسازی و جلوگیری از لهیدگی در زمان انبارداری برای این محصول مفید واقع شود. نتایج به دست آمده از خواص مکانیکی در تست برش می تواند در طراحی ماشین های برداشت و فرآوری پس از برداشت مؤثر باشد. با توجه به دست رس نبودن امکانات جهت اندازه گیری خواص اصطکاکی برای طبقه بندی و انتقال کنگر در این مقاله خواص هیدرودینامیکی مورد بررسی قرار گرفت در نتیجه اندازه گیری خواص اصطکاکی به صورت یک پیشنهاد گزارش می شود.

### تقدیر و تشکر

از گروه مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی و آقای مهندس احمد قیطاسی مسئول محترم کارگاه دانشگاه جهت فراهم نمودن وسایل مورد نیاز در این تحقیق قدردانی می شود.

منابع

1. Aghbashlo, M., Kianmehr, M.H. and Hassan-Beygi, S.R. 2008. Specific Heat and Thermal Conductivity of Berberis Fruit (*Berberis vulgaris*). American Journal of Agricultural and Biological Sciences, 3: 330-336.
2. Aydin, C. 2003. Physical properties of almond nut and kernel. Journal of Food Engineering, 60: 315- 320.
3. Bahnasawy, A.H., El-Haddad, Z.A., El-Ansary, M.Y. and Sorour, H.M. 2004. Physical and mechanical properties of some Egyptian onion cultivars. Journal of Food Engineering, 62: 255–261.
4. Crowe, C.T., Elger, D.F. and Roberson, J.A. 2001. Engineering Fluid Dynamics. 7th ed. New York, N.Y, John Wiley and Sons.
5. Deshpande, S.D., bal, S. and Ojha, T.P. 1991. Physical properties of soybean. Journal of Agricultural Engineering Research, 56: 89-98.
6. Ghreman, A. 2009. Iran Cormophytes, Tehran University Publications, Volume 3, pp. 622-624. (In Persian).
7. Gorzelany, J. and Puchalski, C. 2000. Mechanical properties of sugar beet roots during harvest and storage. International Agrophysics, 14: 173-179.
8. I nce, A., Ugurluay, S., Guzel, E. and Ozcan, M.T. 2005. Bending and Shearing Characteristics of Sunflower Stalk Residue. Biosystems Engineer ing 92 (2): 175–181.
9. Jordan, R.B. and Clark, C.J. 2004. Sorting of kiwifruit for quality using drop velocity in water. Transactions of the ASABE, 47: 1991-1998.
10. Kashaninejad, M. and Tabil, L.G. 2009. Resistance of bulk pistachio nuts (Ohadi variety) to airflow. Journal of Food Engineering. 90: 104-109.
11. Kheiralipour, K. 2008. Determination of terminal velocities of two apple varieties (cv; Redspar and Delbarstival) using water column. MSc Thesis. University of Tehran, Iran. (In Persian).
12. Kheiralipour, K., Tabatabaeefar, A., Mobli, H., Rafiee, S., Jafari, A., Rajabipour, A. and Mirzaee, E. 2008. Modeling of Terminal Velocity of Kiwi Fruit in Water. Australian Journal of Applied Sciences Research, 4(11): 1574-1580.
13. Krishna, K.S. and Reddy, B.S. 2006. Postharvest physico-mechanical properties of orange peel and fruit. Journal of Food Engineering, 73: 112-120.
14. Masoudi, H., Tabatabai Far, A., Borghei, A.M. and ShahBeg, M.A. 2006. Mechanical Properties of Three Varieties of Apples after Five minths Storage, Journals of Agriculture Engineering Researches, 7(27): pp. 61-74. (In Persian).
15. Masoumi, A.A. and Tabil, L. 2003. Physical properties of chickpea (*C.arietinum*) cultivars. In ASAE Annual International Meeting. Las Vegas, Nevada, USA, PP. 27-30.
16. Masoumi, M. 2001. Kermanshah Province Edible Plants and how to use them, University Publication Center, Razi University of Kermanshah, First Edition,

- Chapter 2, pp. 60-80. (In Persian).
17. Mohsenin, N. 1986. Physical Properties of Plant and Animal Materials, second ed. Gordon and Breach Science Publishers, New York.
  18. Nematpour Malekabad, H., Sheikh Davoodi, M.J., Khorasani Frdvany, I. and Zaki Dizaji, H. 2014. Predicting Moisture Content and The Time Required of Onion Slice with Multiple Regression Method During Drying Process, The Third National Conference Of Sustainable Rural Development, University College of Omran and Toseeh (UCOT), Hamedan. (In Persian).
  19. Nimkar, P.M. and Chattopadhyay, P.K. 2002. Airflow Resistance of Green Gram. Biosystems Engineering, 82: 407–414.
  20. Omobuwajo T.O., Sanmi L.A. and Olajide, J.O. 2000. Physical properties of ackee apple seeds. Journal of Food Engineering, 45: 43–48.
  21. Sahin, S. and Sumnu, S.G. 2006. Physical properties of foods. Springer, pp. 16-19.
  22. Sitkei, G. 1986. Mechanics of Agricultural Materials. Elsevier, Amsterdam. P. 305.
  23. Tabatabaee Kolor, R. and Borgheie, A. 2006. Measuring the static and dynamic cutting force of Stems for Iranian rice varieties. J. Agric. Sci. Techol. 81: 193 -198.
  24. Taheri Garavand, A., Rafiee, S., Keyhani, A. and Mirzaee, E. 2010. Determination of hydrodynamic terminal velocity of tomato. Proceedings of International Conference on Agricultural and Animal Science, 26-28 February, Singapore, pp: 19-23.
  25. USDA. 1970. Official grain standards of the United States. US Department of Agricultural Consumer and Marketing Service Grain Division, Revised.
  26. Yeganeh, R. and Trystram, G. 2013. Intensification of pistachio by deep frying. Quality Assurance and Safety of Crops and Foods, 5 (2): 131-139.



## Determination of physical, mechanical and hydrodynamic properties of *Scolymus*

A. Jahanbakhshi<sup>1</sup>, \*R. Yeganeh<sup>2</sup> and A. Akhoundzadeh Yamchi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> M.Sc student, Dept. of Mechanics Agricultural Machinery, University of Ilam, Ilam, Iran

<sup>2</sup> Assistant Prof., Dept. of Mechanics Agricultural Machinery, University of Ilam, Ilam, Iran

Received: 2015/02/04; Accepted: 2016/03/01

### Abstract

**Background and objectives:** *Scolymus* is one of the most abundant plants of mountainous regions of Iran, which has attracted the attention of consumers. In Iran, more than 17 percent of the food produced is lost during various stages of the supply chain. Its prevention requires the knowledge of physical, mechanical and hydrodynamic properties of agricultural products. Information on physical, mechanical and hydrodynamic properties of *Scolymus* can be helpful in designing machines, transferring, separation, hydraulic grading, washing, quality inspection, preservation and processing which in turn reduce crop losses and increase efficiency of operations during processing.

**Materials and methods:** In this study, some physical, mechanical and hydrodynamic properties of *Scolymus* were measured in three replications under standard conditions. The physical properties including length, width, thickness, geometric and arithmetic mean diameter, mass, volume, density, sphericity, surface area, aspect ratio and moisture content on a wet basis were measured. The mechanical properties of the samples during shear and bending (break) of *Scolymus* from the middle of its length were measured by Instron machine Zwick/Roell under required standards. The hydrodynamic properties for *scolymus* transferring, sorting and grading were carried out by water.

**Results:** In terms of physical properties, length, width, thickness, mass, volume and geometric mean diameter had a direct relationship while density had inverse relation with the size of the *Scolymus*. Shape, size, volume, surface and density are important physical properties determining the design of a specific machine or in analysis of obtaining behaviors in transporting materials. For mechanical properties

---

\*Corresponding author; [r.yeganeh@ilam.ac.ir](mailto:r.yeganeh@ilam.ac.ir)



in bending test, elastic modulus, maximum force needed to bending Scolymus, work done to achieve maximum force needed to bending and deformation in order to apply maximum force were 0.00341 GPa, 41.5 N, 444.29 N.mm and 18.91 mm, respectively. In shear test, shear modulus, the maximum force needed to shear Scolymus, shear strength and shear deformation when applying maximum force were calculated as 0.002 N/mm<sup>2</sup>, 82.9 N, 0.0207 N/mm<sup>2</sup>, 19.15 mm, respectively. Information obtained from the mechanical properties of Scolymus in shear and bending tests can be used by Scolymus processing factories. Hydrodynamic properties of Scolymus including the rising time in the water column, average limit speed and average flotation force exerted on Scolymus in the water column was obtained as 4.67 s, 0.02 m/s and 0.93 N, respectively. The density of Scolymus was lower than water and as a result, it can be graded and transmitted hydraulically without any damage.

**Conclusion:** The data obtained from this study can be applied for designing and optimization of process equipments, transport, sorting and packing of Scolymus.

**Keywords:** Scolymus, physical properties, mechanical properties, hydrodynamic properties.

