

## بررسی و مقایسه مقاومت مکانیکی در سه رقم پسته (۱۴۷)

معصومه علی بابا<sup>۱</sup>، دکتر احمد غضنفری<sup>۲</sup>، دکتر علی رجیبی پور<sup>۳</sup>

### چکیده

با توجه به افزایش سطح زیر کشت محصول استراتژیک پسته در ایران، ضرورت توجه به امر صادرات پسته از اهمیت ویژه ای برخوردار است. با بررسی میزان مقاومت مکانیکی پسته در مقابل صدمات مکانیکی وارده به آن در طول حمل و نقل و انتقال در طول صادرات و کم کردن صدمات وارده تا حد ممکن، کیفیت محصول را مطلوب نگه می داریم. در تحقیق حاضر با استفاده از دستگاه Instron مقاومت فشاری (Pressure resistance test) سه رقم پسته خشک (کله قوچی، اکبری و فندقی) را، در سرعت های (۱،۳،۴ و ۵) میلی متر بر دقیقه دستگاه به دست آوردیم، سپس منحنی های نیرو- جابه جایی و منحنی های استرس- استرین را برای هر نمونه در سرعت های مذکور ثبت کردیم. با مقایسه نمودارها، صدمات مکانیکی حاصل از نیروی فشاری در مغز پسته نوع اکبری در سرعت های مشابه بیشتر از بقیه بود که نشان دهنده مقاومت مکانیکی کمتر این رقم در برابر فشار بود. اما در مغز پسته رقم فندقی صدمات مکانیکی کمتر و در نتیجه مقاومت مکانیکی این رقم بیشتر از بقیه بود. مغز پسته نوع کله قوچی از نظر صدمات مکانیکی و مقاومت مکانیکی بین این دو رقم اکبری و فندقی بود. با توجه به جداول نیرو و جابه جایی در سرعت های کمتر مدت زمان رسیدن به نقطه شکست بیشتر بود. با افزایش سرعت فشار، زمان رسیدن به نقطه شکست سیر نزولی داشت، که در طول صادرات و حمل و نقل باید به این نکات توجه داشت. با توجه به اینکه مغز پسته ی اکبری جزء رقم های مطلوب مخصوصا برای صادرات می باشد در نتیجه تدابیر بیشتری برای حفظ آن از صدمات مکانیکی اندیشید. از جمله تدابیر کاهش مدت زمان نیروی فشاری وارده و همچنین کاهش سرعت نیروی فشاری وارد می باشد.

**کلیدواژه :** پسته، آزمون مقاومت فشاری، خواص مکانیکی، صادرات، سرعت فشار

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه شهید باهنر کرمان، پست الکترونیک: [www.massome\\_alibaba@yahoo.com](mailto:www.massome_alibaba@yahoo.com)

۲- دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان

۳- دانشیار دانشکده بیو سیستم دانشگاه تهران



## مقدمه

یکی از مهمترین محصولات صادراتی و استراتژیک کشورمان ایران پسته می باشد که بخش عمده ای از صادرات غیر نفتی را تشکیل می دهد. در حال حاضر بیش از ۳۰۰ هزار هکتار باغ پسته با تولید سالانه ۲۴۰ هزار تن پسته خشک در ایران وجود دارد و بیش از ۶۰ درصد از صادرات جهانی پسته (سالانه بیش از ۱۰۰ هزار تن پسته) در اختیار ایران بوده و از این طریق درآمد ارزی بیش از ۴۰۰ میلیون دلار نصیب ایران می شود. به دلیل شرایط مناسب اقلیمی کشور، پسته ایران دارای مرغوبیت بالایی بوده و از نظر کیفیت نیز در بین رقبای خارجی خود کم نظیر می باشد [۳]. استان کرمان ۷۷ درصد تولید کل کشور را داشته و مهمترین منطقه پسته کاری ایران و دنیا محسوب می شود. مرغوبیت پسته به زمان برداشت، رقم پسته، نحوه فرآوری، چگونگی انبارداری، حمل و نقل و بسته بندی آن بستگی دارد. در ایران موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی، این مسوولیت سنگین را عهده دار است [۱].

با توجه به افزایش سطح زیر کشت از طریق احداث باغهای جدید پسته در استانهای کشور و مصرف داخلی کم آن در مقایسه با مقدار تولید، ضرورت توجه به امر صادرات پسته، از اهمیت ویژه ای برخوردار است. میزان مقاومت پسته در مقابل صدمات مکانیکی وارد شده به آن ( صدمات مکانیکی در مواردی چون افتادن، ضربه خوردن، تکان های وارده، فشار وارد به محصول، ... ایجاد و باعث نتایج نامناسبی روی آن می شود)، در طول صادرات یکی از مهمترین فاکتورهائی است که روی کیفیت پسته ای که به دست خریداران خارجی می رسد اثر می گذارد. در تحقیقی اثر ضربه روی خرزبه توسط (Nourain et al, 2005) اندازه گیری شد و شاخص کیفیت میوه تعیین شد [۶]. با برش سه قطعه استوانه ای (طول ۱۰ میلیمتر و قطر ۱۴ میلیمتر) از لایه های خارجی، میانی و داخلی مغز خرزبه توسط سوراخ کن سیلندری شکل و قرار دادن در ماشین تست اینسترون اندازه گیری شد. سرعت فشار وارد شده  $25 \text{ mm/s}$  بود و سپس با استفاده از منحنی جابجائی - نیروی بدست آمده نیروی تغییر شکل در لایه های مختلف بدست آمد.

با بررسی میزان مقاومت مکانیکی پسته در مقابل صدمات مکانیکی وارده به آن در حین حمل و نقل و انتقال در طول صادرات و کم کردن صدمات وارده تا حد ممکن، خریداران خارجی در مقابل پرداخت بهاء کالا، محصولی را خریداری می کنند که از کیفیت عالی برخوردار است. برای کاهش صدمات مکانیکی باید بارمجاز و در نتیجه مقاومت مکانیکی (هریک از محصولات کشاورزی) تعیین شود.

## مواد و روشها

در تحقیق حاضر مقاومت فشاری سه رقم پسته خشک (کله قوچی، اکبری و فندقی) را با انجام آزمون مقاومت فشاری (Pressure resistance test) و با استفاده از دیاگرام مقاومت فشاری - جابجائی، بدست آورده و با هم مقایسه کردیم. این تست با استفاده از دستگاه Instron انجام شد.

پسته ها از یکی از شهرستانهای استان کرمان به نام دثفه تهیه شد. نمونه های مکعبی شکل برای این آزمایش تهیه گردید [۲]. مغز پسته ها را که دو لپه ای مانند بودند به شکل تک لپه ای از وسط به دو نیم کردیم. نمونه ها از سه رقم مغز پسته، با طول و عرض یکسان (به طول ۸ میلیمتر و عرض ۵ میلیمتر) تهیه شدند. میانگین ضخامت اندازه گیری شده در هر رقم متفاوت بود. برای مغز پسته رقم اکبری و مغز پسته رقم کله قوچی ضخامت میانگین ۲,۵ میلیمتر برای مغز پسته رقم فندقی با ضخامت میانگین ۳ میلیمتر بدست آمد.

برای بالا بردن اطمینان از نتایج حاصله، شرایطی در انجام این آزمایشها در نظر گرفته شد [۲]:

۱. نیروی فشاری وارده کاملا محوری بود تا حدالامکان خمشی را ایجاد نکند.
۲. برش نمونه مخصوصا سطح مقطع با تیغ تیز و با دقت فراوان انجام گرفت، تا اصطکاک بین دو انتهای نمونه و صفحه فشار به کمترین مقدار ممکن برسد.
۳. نسبت طول به عرض نمونه (طول ۸ میلیمتر و عرض ۵ میلیمتر) طوری انتخاب شد که خطر خمیدگی وجود نداشته باشد.

منحنی های میانگین (حاصل از تکرار آزمایش در هر سرعت برای افزایش دقت) برای سه رقم پسته، در پنج سرعت نیروی فشاری دستگاه اینسترون (۱، ۲، ۳، ۴، ۵، میلیمتر بر دقیقه) بدست آمد. با داشتن منحنی نیرو- جابجائی در پنج سرعت ذکر شده برای سه رقم مغز پسته و با استفاده از فرمول های زیر منحنی های تنش - کرنش را برای نمونه های آزمایش شده بدست آورده و بررسی کردیم [۵].

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad \text{و} \quad \varepsilon = \frac{\delta}{L}$$

که در فرمول بالا:

$\delta$  = تغییر طول پسته در اثر نیروی فشاری وارده بر حسب میلیمتر

$\varepsilon$  = کرنش

$\sigma$  = تنش بر حسب نیوتن بر میلیمتر مربع

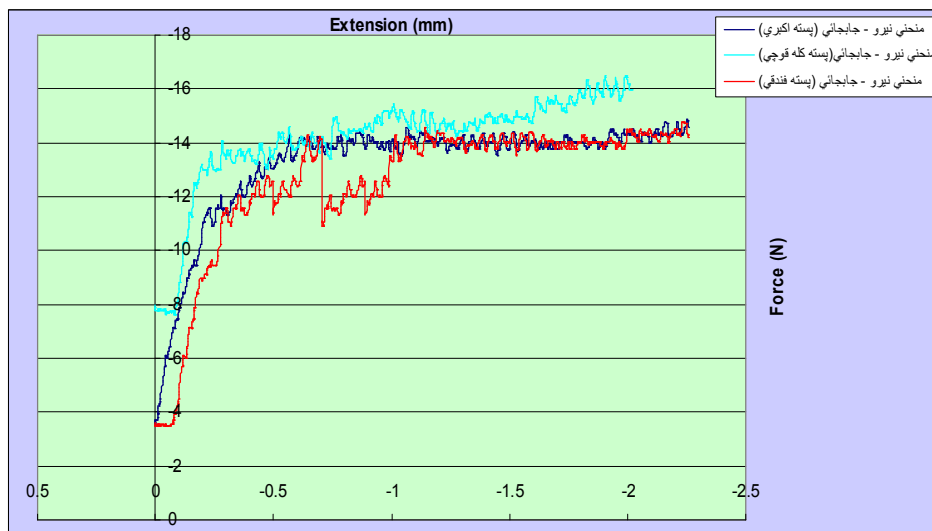
$A$  = سطح مقطع نمونه ها بر حسب میلیمتر مربع

## نتایج و بحث

### □ منحنی های جابجائی - نیروی

منحنی جابجائی - نیروی میانگین در سرعت ۱ میلیمتر بر دقیقه برای سه رقم پسته در زیر آورده شده است. منحنی های نیرو- جابجائی بدست آمده برای سه رقم پسته نشان می دهد که مقدار جابجائی در نقطه شکست با افزایش سرعت از یک تا پنج ( میلیمتر در دقیقه) کاهش می یابد. به طور میانگین در پنج سرعت مختلف حرکت میله فشار دهنده دستگاه اینسترون میزان جابجائی برای مغز پسته نوع اکبری بیشترین و برای مغز پسته نوع فندقی کمترین مقدار خود را داشت.

#### ۱- منحنی نیرو- جابجائی سه رقم پسته در سرعت (1 mm/min)



نمودار ۱- نقطه شکست در پنج سرعت ذکر شده برای مغز پسته رقم کله قوچی

سرعت (mm/min)	1	2	3	4	5
نیروی مقاومت شکست (N)	-15.99	-28.64	-26.78	-20.85	-36.2
جابجائی در نقطه شکست (mm)	-1.95	-1.93	-1.89	-1.34	-1.27
مدت زمان رسیدن به نقطه شکست (sec)	121.14	59.42	45.44	21.11	15.76

نمودار ۲- نقطه شکست در پنج سرعت ذکر شده برای مغز پسته رقم اکبری

سرعت (mm/min)	1	2	3	4	5
نیروی مقاومت شکست (N)	-14.57	-21.04	-25.65	-27.47	-28.11
جابجائی در نقطه شکست (mm)	-2.26	-2.02	-1.90	-1.77	-1.68
مدت زمان رسیدن به نقطه شکست (sec)	145.55	60.95	43.48	38.59	21.1

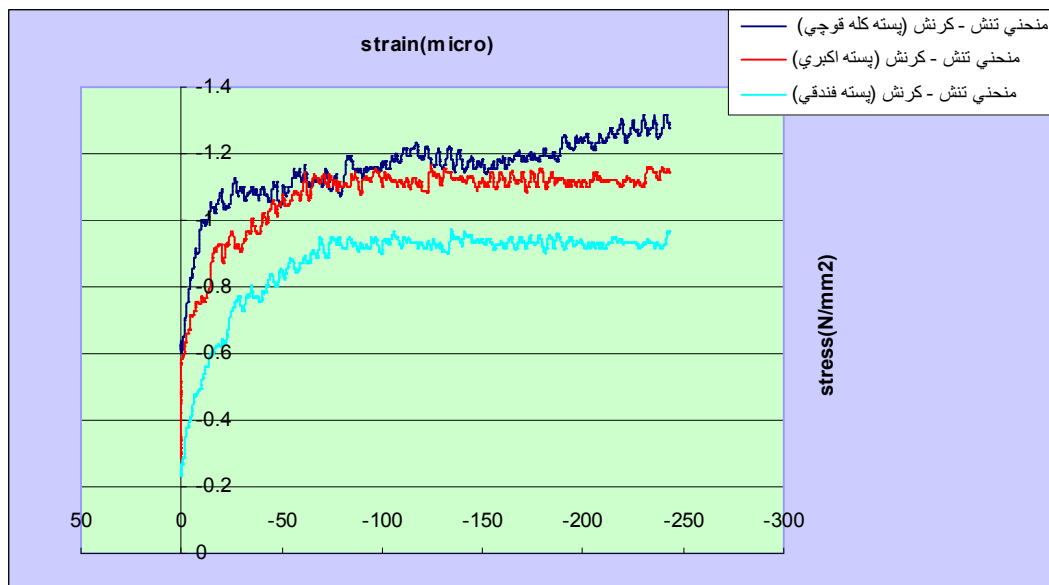
نمودار ۳- نقطه شکست در پنج سرعت ذکر شده برای مغز پسته رقم فندق

سرعت (mm/min)	1	2	3	4	5
نیروی مقاومت شکست (N)	-14.42	-28.25	-26.93	-24.03	-24.2
جابجائی در نقطه شکست (mm)	-2.35	-1.89	-1.38	-0.92	-0.89
مدت زمان رسیدن به نقطه شکست (sec)	134.33	59.74	28.83	19.64	17.76

### □ منحنی های تنش - کرنش

منحنی تنش - کرنش میانگین در سرعت ۱ میلیمتر بر دقیقه برای سه رقم پسته در زیر آورده شده است. با بررسی منحنی های تنش - کرنش بدست آمده برای سه رقم پسته نشان می دهند که میزان کرنش برای مغز پسته نوع اکبری بیشترین و برای مغز پسته نوع فندقی کمترین مقدار خود را داشت. تغییرات نیرو در منحنی های نیرو جابجائی به شکل منظم نبود. قاعدتا با افزایش سرعت میله فشار دهنده نیروی مورد نیاز برای شکست افزایش می یابد، اما به دلیل خطاهای آزمایش مخصوصا در مورد محصولات کشاورزی که تغییرات کاملا منظم نیستند این اتفاق نیافتاد. با توجه به جداول نیرو و جابجائی در سرعت های کمتر مدت زمان رسیدن به نقطه شکست بیشتر بود. با افزایش سرعت میله فشار دهنده زمان رسیدن به نقطه شکست سیر نزولی داشت.

#### ۲- منحنی تنش - کرنش سه رقم پسته در سرعت (1 mm/min)



نمودار ۴- نقطه شکست در پنج سرعت ذکر شده برای مغز پسته رقم کله قوچی با ضخامت میانگین ۲,۵ میلیمتر و سطح مقطع ۱۲,۵ میلیمتر مربع

سرعت (mm/min)	1	2	3	4	5
استرس (N/mm <sup>2</sup> )	1.28	-2.30	-2.15	-2.26	-2.88
استرین (mm/mm)	-0.24	-0.24	-0.23	-0.17	-0.16

نمودار ۵- نقطه شکست در پنج سرعت ذکر شده برای مغز پسته رقم اکبری با ضخامت میانگین ۲,۵ میلیمتر و سطح مقطع ۱۲,۵ میلیمتر مربع

سرعت (mm/min)	1	2	3	4	5
استرس (N/mm <sup>2</sup> )	-1.17	-1.68	-2.04	-2.19	-2.25
استرین (mm/mm)	-0.28	-0.25	-0.24	-0.22	-0.21

نمودار ۶- نقطه شکست در پنج سرعت ذکر شده برای مغز پسته رقم فندقی با ضخامت میانگین ۳ میلیمتر و سطح مقطع ۱۵ میلیمتر مربع

سرعت (mm/min)	1	2	3	4	5
استرس (N/mm <sup>2</sup> )	-1.20	-2.35	-2.24	-2.00	-2.00
استرین (mm/mm)	-0.28	-0.24	-0.17	-0.12	-0.11

## نتیجه گیری و پیشنهادها

صدمات مکانیکی حاصل از فشار در مغز پسته نوع اکبری در سرعت های مشابه بیشتر از بقیه بود که نشان دهنده مقاومت مکانیکی کم این رقم در برابر فشار بود. اما در مغز پسته رقم فندق صدمات مکانیکی کمتر و در نتیجه مقاومت مکانیکی این رقم بیشتر از بقیه بود، که صرف نظر از خطاهای احتمالی آزمایش و با توجه به شرایط یکسان هر نمونه آزمایش شده احتمالاً این تفاوتها به جنس بافت آن رقم بر می گشت. مغز پسته نوع کله قوچی از نظر صدمات مکانیکی و مقاومت مکانیکی بین این دو رقم اکبری و فندق بود و در طول صادرات و حمل و نقل به این نکته باید توجه داشت، با توجه به اینکه مغز پسته اکبری جزء رقم های مطلوب مخصوصاً برای صادرات می باشد و در نتیجه تدابیر بیشتری برای حفظ آن از صدمات مکانیکی اندیشید. از جمله تدابیر کاهش مدت زمان نیروی فشاری وارده و همچنین کاهش نیروی فشاری وارد می باشد.

## منابع

1. بهشتی، بابک، ۱۳۷۹، طراحی، ساخت و ارزیابی خشک کن پسته به روش توده ای متراکم، دانشگاه شیراز.
2. توکلی هاشمیان مور. ۱۳۸۲. مکانیک محصولات کشاورزی، چاپ اول، زنجان، انتشارات دانشگاه زنجان.
3. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ۱۳۷۹. آفات و کوسین پسته، چاپ اول، تهران، دفتر تولید برنامه های ترویجی و انتشارات فنی معاونت ترویج سازمان تات.
4. فاطمی، سن. ۱۳۸۵. اصول تکنولوژی نگهداری مواد غذایی، چاپ دوم، تهران، شرکت سهامی انتشار.
5. عسگری اصلی ارده، عزت ا. .... ۱۳۸۴. تکنولوژی بعد از برداشت غلات، حبوبات، میوه جات، سبزیجات، چاپ اول، اردبیل، ناشر موسسه فرهنگی انتشاراتی یاوران.

6. Mohsenin, N. 1968. Physical Properties of Plant and Animal Materials. Pennsylvania State University: 410-411
7. Nourain et al. 2005. Firmness Evaluation of Melon Using its Vibration Characteristic and Finite Element Analysis. Journal of Zhejiang University Science.