بررسی اثر رطوبت بر برخی خواص مکانیکی سه رقم پسته

پوریا صبوری[1]، عبدالله گل محمدی[2]، ترحم مصری گندشمین[3]

1- دانشجوی دوره کارشناسی ارشد، گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی.

2- استادیار گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی.

3- استادیار گروه مکانیک ماشین های کشاورزی.

pouria_pm1366@yahoo.com

چکیده

مشخصات مکانیکی محصولات کشاورزی به منظور طراحی بهینه ماشین‌های فراوری، کاشت و برداشت و همچنین به منظور کاهش تلفات و حفظ کیفیت محصولات طی عملیات برداشت از اهمیت فراوانی برخوردار می‌باشد. در این تحقیق خواص مکانیکی پسته، (شامل: نیروی شکست، تغییر شکل نقطه شکست، انرژی شکست و چغرمگی) در شهریور ماه سال 90 در آزمایشگاه خواص دانشگاه محقق اردبیلی مورد بررسی قرار گرفت. پارامترهای خواص مکانیکی با انجام آزمایش بارگذاری شبه استاتیک به وسیله دستگاه آزمون بارگذاری مواد تعی ین شد . طی آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی، تأثیر پارامترهای رطوبت (در 5 سطح: 35، 30، 25، 20 و 15٪ بر پایه‌تر)، سرعت بارگذاری (در 3 سطح: 10، 20 و 30 $mm\ min^{-1}$) و رقم (در 3 سطح: فندقی، بادامی و اکبری) بر روی خواص مکانیکی پسته مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که هر 3 فاکتور مورد مطالعه (رقم، رطوبت و سرعت) تأثیر معنی‌داری بر نیروی شکست پسته داشتند، به طوری که با کاهش رطوبت مقدار نیروی شکست افزایش یافت. همچنین با افزایش سرعت بارگذاری از 10 به 30 $mm\ min^{-1}$، نیروی شکست افزایش یافت. بررسی اثر رقم، رطوبت و سرعت بارگذاری روی تغییر شکل، انرژی شکست و چغرمگی حاکی از تأثیر معنی دار این عوامل بر پارامترهای مذکور می‌باشد.

کلمات کلیدی: پسته، خواص مکانیکی، سرعت بارگذاری، محتوای رطوبتی

مقدمه

گیاه پسته اهلی (Pistacia Vera.L) متعلق به خانواده‌ی آناکاردیاسه می‌باشد که بادام هندی، بلوط سمی و مانگو نیز به این خانواده تعلق دارند. پسته بخش عمده‌ای از صادرات غیر نفتی را تشکیل می‌دهد [ابریشمی، 1373].

بر اساس آمار رسمی منتشر شده از سایت گمرک جمهوری اسلامی ایران در سال 1389، حدود ۵۵ درصد از تولید و بیش از ۶۰ درصد از صادرات جهانی پسته در اختیار ایران است و درآمد ارزی حاصل از صادرات پسته به بیش از ۴۰۰ میلیون دلار می رسد. استان کرمان با مجموع بیش از ۲۷۰,۰۰۰ هکتار باغ های بارور و غیر بارور، ۷۷ درصد محصول کل کشور را تولید و به عنوان مهم‌ترین منطقه پسته کاری ایران و دنیا محسوب می‌شود [بی نام، 1389].

دانش امروز برتری‌های پسته را از پاره ای جهات بر بسیاری از خوراکی‌های مقوی و مغذی به اثبات رسانده است ، مغز پسته منبع خوبی از چربی (50 تا 60٪) و اسیدهای چرب اشباع نشده است که برای برنامه غذایی انسان بسیار مفید است [Maskan & Karatas, 1998].

تحقیقاتی در زمینه خواص مکانیکی محصولات مختلف، نظیر دانه فندق [Aydin, 2002]، بادام [Aydin, 2003]، بنه [Aydin & Ozcan, 2002]، پسته جنگلی [Heidarbeigi et al., 2009]، هسته زردآلو [Kubilary &

[Faruk, 2004]، زیتون [Kilickan & Guner, 2008] و دانه سویا [عالمی و همکاران، 1388] انجام شده است. اما بررسی‌های اولیه نشان داد که بر روی خواص مکانیکی پسته‌های منطقه رفسنجان تحقیقی صورت نگرفته است؛ لذا در این تحقیق برخی از خواص مکانیکی پسته مورد بررسی قرار گرفت که هدف از آن بررسی نحوه تأثیر رطوبت و سرعت بارگذاری شبه استاتیک بر خواص مکانیکی سه رقم پسته تجاری منطقه رفسنجان بود.

مواد و روش‌ها

2-1- تهیه، نگهداری و آماده سازی نمونه‌ها

سه رقم از ارقام متداول پسته شامل: فندقی، بادامی و اکبری هر کدام به مقدار 10 کیلوگرم در شهریور ماه سال 1390 از باغ‌های منطقه رفسنجان تهیه شد. پسته‌ها به صورت دستی پوست گیری شد. برای تعیین رطوبت اولیه پسته‌ها از روش استاندارد وزنی استفاده شد [ASAE, 2001]. سطوح مختلف رطوبتی از طریق خشک کردن در آون و توزین‌های متوالی و محاسبه‌ی کاهش وزن تا رسیدن به سطح رطوبت مطلوب بدست آمد.

2-2- بارگذاری شبه استاتیک

برای انجام آزمون مکانیکی پسته از دستگاه آزمون کشش و فشار سنتام مدل STM-20 با لودسل 100 N استفاده گردید. با توجه به اثر سرعت بارگذاری بر بازده و کارایی مطلوب دستگاه‌های فراوری، 3 سرعت بارگذاری 10، 20 و 30 میلی متر بر دقیقه در نظر گرفته شد. جهت بارگذاری از پهلو و روی شیار پسته‌ها در نظر گرفته شد. در هر آزمایش پسته‌ها بین فک‌های ثابت و متحرک دستگاه کشش و فشار قرار می‌گرفت و نمودار نیرو-تغییر شکل آن به طور پیوسته توسط نرم‌افزار STM-Controller ترسیم می‌شد و بارگذاری تا رسیدن نیرو به بیش‌ترین مقدار خود و شکسته شدن پسته، ادامه می‌یافت.

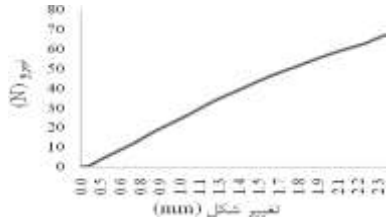
2-3- طرح آزمایشی

اندازه گیری خواص مکانیکی هر تیمار در 5 تکرار انجام شد. از آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی به منظور بررسی اثرات اصلی و متقابل رقم (در 3 سطح)، محتوای رطوبتی (در 5 سطح) و سرعت بارگذاری (در 3 سطح) بر خواص مکانیکی استفاده شد. برای مقایسه‌ی میانگین‌ها از تست چند دامنه ای دانکن استفاده شد و نرم افزارهای آماری SPSS-19 و MSTAT-C برای تجزیه‌ی و تحلیل داده‌ها مورد استفاده قرار گرفتند.

نتایج و بحث

1- رفتار دانه پسته تحت بارگذاری شبه استاتیک

بخش اولیه منحنی نیرو- تغییر شکل پسته را می‌توان در اغلب موارد به صورت خطی در نظر گرفت. نمونه‌ای از منحنی نیرو- تغییر شکل برای رقم فندقی در شکل 2 ارائه شده است.



شکل 2- نمونه‌ای از نمودار نیرو-تغییر شکل (پسته فندقی در رطوبت 20٪ و سرعت بارگذاری $20\ mm\ min^{-1}$)

2- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) خواص مکانیکی پسته

نتایج تجزیه واریانس مربوط به اثرات رقم، رطوبت و سرعت بر خواص مکانیکی در جدول 1 ارائه شده است.

جدول 1- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) خواص مکانیکی پسته

متغیر	درجه آزادی	نیروی شکست (N)	تغییر شکل (mm)	انرژی شکست (mJ)	چغرمگی شکست (mJ/cm^3)
رقم	2	5744/740**	3/830**	32004/281**	1071/417**
سرعت بارگذاری	2	5415/731**	6/246**	12044/407**	726/594**
رطوبت	4	603/989**	3/838**	2672/071**	8259/370**
رقم × سرعت	4	511/945**	0/287**	159/374**	74/992**
رقم × رطوبت	8	10/475 $^{n.s}$	0/069**	422/640**	56/828**
سرعت × رطوبت	8	10/043 $^{n.s}$	0/027 $^{n.s}$	111/692**	31/528**
رقم × سرعت × رطوبت	16	4/605 $^{n.s}$	0/055**	51/086 $^{n.s}$	20/874**
خطا	180	10/029	0/016	32/212	6/947

** معنی‌دار در سطح 1٪، * معنی‌دار در سطح 5٪ و $^{n.s}$ معنی‌دار نیست.

3- نیروی لازم برای شکست پسته

جدول 2 میانگین و انحراف معیار نیروی شکست پسته را بیان می‌کند.

جدول 2- میانگین و انحراف معیار نیروی شکست پسته (N) در رطوبت و سرعت‌های مختلف

رطوبت (%w.b)	سرعت (mm/min)	فندقی	بادامی	اکبری
35	10	43/7187±2/3609^{i}	69/3191±2/6958^{i}	71/7937±2/7167^{f}
30	10	46/4871±2/6576^{hi}	70/3436±2/7357^{hi}	73/0053±2/7625^{f}
25	10	50/0520±3/7733^{gh}	72/3236±2/8127^{ghi}	73/4403±2/7790^{ef}
20	10	53/0524±4/3469^{fg}	73/6262±2/8633^{fgh}	75/2728±2/8483^{ef}
15	10	55/7757±5/3151^{f}	74/6944±2/9049^{efg}	76/2436±2/8851^{ef}
35	20	61/8712±2/4113^{e}	76/4539±2/9733^{efg}	75/2682±2/8482^{ef}
30	20	62/8163±2/6344^{e}	78/3154±3/0457^{cde}	77/5089±2/9330^{e}
25	20	67/8351±2/6564^{d}	81/7172±3/1780^{bcd}	81/8395±3/0968^{d}
20	20	70/2840±2/9452^{cd}	82/5098±3/2088^{bc}	83/6483±3/1653^{cd}
15	20	71/7332±3/6957^{bcd}	84/8799±3/3010^{ab}	86/4346±3/2707^{bc}
35	30	71/8648±2/3464^{bcd}	77/5830±3/0172^{def}	82/7769±3/1324^{cd}
30	30	73/3361±2/5096^{bc}	80/8598±3/1941^{bcd}	84/0212±3/1794^{cd}
25	30	75/2217±3/0023^{b}	82/1311±3/1941^{bc}	85/8453±3/2484^{bcd}
20	30	80/2126±3/7025^{a}	84/9203±3/3026^{ab}	89/7179±3/3950^{ab}
15	30	82/6936±4/4758^{a}	87/5636±3/4054^{a}	91/4305±3/4598^{a}

میانگین‌های با حروف یکسان در هر ستون در سطح $P < 0/05$ تفاوت معنی داری ندارند (آزمون چند دامنه‌ای دانکن).

نتایج آزمون چند دامنه‌ای دانکن نشان داد که نیروی لازم برای شکست پسته در رقم فندقی کم‌ترین مقدار و در رقم اکبری بیش‌ترین مقدار بوده است. با کاهش رطوبت مقدار نیروی شکست به طور معنی داری افزایش می‌یابد که می‌توان دلیل آن را سخت و خشبی شدن پوست پسته در رطوبت کمتر دانست ؛ لذا با افزایش میزان رطوبت محصول در دستگاه‌های فراوری می‌توان نیروی مورد نیاز را به مقدار نسبتاً زیادی کاهش داد . آیدین در تحقیقاتی مشابه بر روی دانه فندق [Aydin, 2002] و بادام [Aydin, 2003] نشان داد که با کاهش رطوبت، مقدار نیروی لازم برای شکست پوست این محصولات افزایش پیدا می کند. با افزایش سرعت بارگذاری نیز، نیروی مورد نیاز به منظور شکستن پسته افزایش می‌یابد. این رفتار به دلیل کمتر بودن زمان واکنش در سرعت‌های بارگذاری بالا و در نتیجه بیشتر شدن مقاومت پوست قابل توجیه است. در تحقیقی که بر روی دانه زیتون انجام شده است، نتایج نشان داد که با افزایش سرعت بارگذاری، مقدار نیروی شکست افزایش می‌یابد [Kilickan & Guner, 2008].

4- تغییر شکل نقطه شکست پسته

میانگین و انحراف معیار تغییر شکل نقطه شکست پسته در جدول 3 ارائه شده است.

جدول 3- میانگین و انحراف معیار تغییر شکل (mm) نقطه شکست پسته در رطوبت و سرعت‌های مختلف

رطوبت (%w.b)	سرعت (mm/min)	فندقی	بادامی	اکبری
35	10	2/7564±0/0665^{cd}	2/7763±0/1142^{ef}	2/9566±0/1439^{fg}
30	10	2/8645±0/0859^{c}	2/8072±0/1155^{ef}	3/0736±0/1496^{ef}
25	10	3/0623±0/0944^{b}	3/3046±0/1359^{bc}	3/1899±0/1552^{cde}
20	10	3/1730±0/1062^{ab}	3/4405±0/1415^{ab}	3/4575±0/1683^{b}
15	10	3/3089±0/1321^{a}	3/5054±0/1442^{a}	3/6284±0/1766^{a}
35	20	2/1705±0/0622^{g}	2/5110±0/1033^{gh}	2/7354±0/1331^{i}
30	20	2/2517±0/0674^{g}	2/5682±0/1056^{gh}	2/8120±0/1368^{ghi}
25	20	2/4421±0/0646^{ef}	2/7513±0/1132^{ef}	2/9391±0/1430^{fgh}
20	20	2/5677±0/1719^{ef}	3/2088±0/1320^{c}	3/2610±0/1587^{cd}
15	20	2/7584±0/1865^{cd}	3/2308±0/1329^{c}	3/4564±0/1682^{b}
35	30	1/9836±0/0608^{h}	2/4835±0/1022^{h}	2/1004±0/1022^{k}
30	30	2/1582±0/0664^{g}	2/5557±0/1051^{gh}	2/5158±0/1224^{j}
25	30	2/2578±0/0659^{g}	2/6644±0/1096^{fg}	2/7776±0/1352^{hi}
20	30	2/4292±0/0653^{f}	2/8514±0/1173^{e}	3/1022±0/1510^{def}
15	30	2/6053±0/1565de	3/0143±0/1240^{d}	3/2973±0/1605^{bc}

میانگین‌های با حروف یکسان در هر ستون در سطح $P < 0/05$ تفاوت معنی داری ندارند (آزمون چند دامنه‌ای دانکن).

نتایج آزمون چند دامنه‌ای دانکن نشان داد که تغییر شکل نقطه شکست پسته در رقم فندقی کم‌ترین مقدار و در رقم اکبری بیش‌ترین مقدار بوده است. همچنین نتایج نشان داد که با کاهش رطوبت و افزایش سرعت بارگذاری به ترتیب مقدار تغییر شکل نقطه شکست پسته به طور معنی‌داری افزایش و کاهش می‌یابد.

5- انرژی و چغرمگی لازم برای شکست پسته

جداول 4 و 5 به ترتیب میانگین و انحراف معیار انرژی و چغرمگی شکست پسته را بیان می کنند.

جدول 4- میانگین و انحراف معیار انرژی شکست پسته (mJ) در رطوبت و سرعت‌های مختلف

رطوبت (%w.b)	سرعت (mm/min)	فندقی	بادامی	اکبری
35	10	56/1405±2/7783^{h}	72/0661±2/9301^{i}	76/3568±3/8637^{h}
30	10	61/4193±3/0488^{gh}	83/4456±3/3928^{h}	91/1907±4/6143^{g}
25	10	67/1601±3/4598^{fg}	105/1008±10/4804^{def}	106/5763±5/3928de
20	10	73/1747±3/1863^{ef}	116/1490±6/1021^{c}	118/6501±6/0038^{c}
15	10	82/3186±3/4042^{bcd}	124/6379±6/2890^{b}	130/7030±6/6136^{b}
35	20	63/3737±3/0391^{gh}	95/4925±3/8826^{g}	98/4663±4/9824^{f}
30	20	65/7983±3/3872^{fg}	99/3627±4/0399^{fg}	103/4938±5/2368^{def}
25	20	73/7978±3/1600^{ef}	107/7862±4/3824de	109/4416±5/5378^{d}
20	20	79/1778±4/3484^{cde}	125/5205±5/1035^{b}	124/3536±6/2923^{bc}
15	20	88/8763±3/6733^{b}	134/7505±5/4787^{a}	141/1519±7/1423^{a}
35	30	67/2546±3/0950^{fg}	95/8487±3/8971^{g}	83/1207±4/2059^{h}
30	30	73/5538±3/1732^{ef}	102/0662±4/1498^{efg}	100/3855±5/0796^{ef}
25	30	75/5299±3/3770de	111/5618±12/8994^{cd}	108/4852±5/4894^{d}
20	30	86/4708±3/4318^{bc}	123/8343±14/2638^{b}	126/8040±6/4163^{b}
15	30	96/5702±3/3770^{a}	134/1211±8/9699^{a}	142/4454±7/2078^{a}

میانگین‌های با حروف یکسان در هر ستون در سطح $P < 0/05$ تفاوت معنی داری ندارند (آزمون چند دامنه‌ای دانکن).

جدول 5- میانگین و انحراف معیار چغرمگی ($mJ\ cm^{-3}$) در نقطه شکست پسته در رطوبت و سرعت‌های مختلف

رطوبت (%w.b)	سرعت (mm/min)	فندقی	بادامی	اکبری
35	10	38/1959±1/8685^{i}	30/8560±1/4496^{g}	38/0346±1/3964^{i}
30	10	44/0952±3/0559^{h}	37/7490±1/7735^{f}	46/1018±1/6925^{g}
25	10	50/7345±2/4526^{g}	54/6097±1/4636^{c}	58/1846±2/1361^{e}
20	10	59/3468±2/1407^{e}	58/8398±2/7643^{b}	66/3385±2/4355^{d}
15	10	67/6600±1/7453^{c}	67/4657±3/1696^{a}	77/3238±2/8388^{b}
35	20	43/0454±2/0313^{h}	40/8863±1/9209^{ef}	49/0477±1/8007^{fg}
30	20	46/4959±2/2221^{h}	44/9496±2/1118^{d}	52/3217±1/9209^{f}
25	20	55/6854±2/1046^{f}	54/6155±4/1016^{c}	59/7489±2/1935^{e}
20	20	63/9666±2/6981^{d}	62/0704±2/7750^{b}	69/5274±2/5525^{cd}
15	20	73/1925±1/9061^{b}	70/6715±3/3202^{a}	83/5053±3/0657^{a}
35	30	45/8942±2/3758^{h}	41/6388±1/9719^{e}	41/4038±1/52000^{h}
30	30	51/9786±2/0588^{g}	46/3726±2/0724^{d}	50/7503±1/8632^{f}
25	30	56/8125±2/0394^{ef}	53/7534±5/6433^{c}	59/2268±2/1744^{e}
20	30	69/9429±2/0638^{bc}	59/8371±6/4564^{b}	70/8974±2/6028^{c}
15	30	79/9201±2/0888^{a}	69/0338±3/2735^{a}	84/2706±3/0938^{a}

میانگین‌های با حروف یکسان در هر ستون در سطح $P < 0/05$ تفاوت معنی داری ندارند (آزمون چند دامنه‌ای دانکن).

نتایج آزمون نشان داد که انرژی شکست پسته در رقم فندقی کم‌ترین و در رقم اکبری بیش‌ترین مقدار بوده است. با کاهش رطوبت و افزایش سرعت بارگذاری انرژی شکست پسته افزایش یافته است. اما نتایج آزمون چند دامنه‌ای دانکن نشان داد که بین سرعت‌های 20 و 30 میلی متر بر دقیقه تفاوت معنی داری از لحاظ انرژی شکست پسته وجود نداشته است.

نتایج آزمون نشان داد که مقدار چغرمگی نقطه شکست پسته در رقم بادامی کم‌ترین مقدار و در رقم اکبری بیش‌ترین مقدار بوده است. همچنین نتایج آزمون نشان داد ، مقدار چغرمگی در نقطه شکست پسته با کاهش رطوبت، افزایش یافته است، می‌توان دلیل این رفتار را افزایش نیروی شکست و کاهش حجم پسته در رطوبت‌های پایین‌تر بیان کرد. در تحقیقی مشابه روی هسته زردآلو نیز مشاهده شده است که چغرمگی هسته با کاهش رطوبت، افزایش می‌یابد [Kubilay & Faruk, 2004]. به طور کلی با افزایش سرعت بارگذاری، مقدار چغرمگی افزایش یافته است اما نتایج آزمون چند دامنه‌ای دانکن نشان داد که بین سرعت‌های 20 و 30 میلی متر بر دقیقه تفاوت معنی داری از لحاظ مقدار چغرمگی وجود نداشته است.

منابع

1- ابریشمی، م. (1373). پسته ایران، شناخت تاریخی، مرکز نشر دانشگاهی، تهران، ص 820-825.

2- بی‌نام. (1389). آمار گمرک جمهوری اسلامی ایران (IRICA). www.irica.gov.ir. آخرین بازدید: 25/ 3/ 1390

3- عالمی، ه.، خوش تقاضا، م .ه.، مینایی، س . (1388). تعیین خواص مکانیکی دانه سویا در بارگذاری شبه استاتیک. مجله علوم و صنایع غذایی، ش 2، ص 113-124.

4- ASAE Standard. (2001). Moisture measurement-unground grain and seeds. American Society of Agricultural Engineering 567-568.

5- ASAE Standard. (2004). compression test of food materials of convex shape. American Society of Agricultural Engineering 585-592.

6- Aydin, C. (2002). Physical properties of Hazel nuts. Biosystems Engineering 82(3): 297-303.

7- Aydin, C. (2003). Physical properties of Almond nut and kernel. Journal of Food Engineering 60: 315-320.

8- Aydin, C., Ozcan, M.M. (2002). Some phisico-mechanic properties of terebinth fruits. Journal of Food Engineering 53: 97-104.

9- Heidarbeigi, K., Ahmadi, H.K., heiralipour, K., Tabatabaeefar, A. (2009). Some Physical and Mechanical Properties of Khinjuk. Journal of Nutrition 8(1): 74-77.

10- Kilickan, A., Guner, M. (2008). Physical properties and mechanical behavior of olive fruits (Olea europaea L.) under compression loading. Journal of Food Engineering 87: 222-228.

11- Kubilay, V., Faruk, O. (2004). Mechanical behavior of apricot pit under compression loading. Journal of Food Engineering 65: 255-261.

12- Maskan, M., Karatas, S. (1998). Fatty acid oxidation of pistachio nuts stored under various atmospheric conditions and different temperatures. Journal of the Science of Food and Agriculture 77: 334-340.