تاثیر اندازه میوه بر برخی خواص مکانیکی میوه پرتقال رقم والنسیا

علی اکبر دادور[۱]، مهدی خجسته پور[۲]، حسن صدرنیا[۳]
۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- استادیار گروه مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- استادیار گروه مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
عنوان و آدرس کوتاه مؤلف دوم

(aliakbardadvar@yahoo.com)

چکیده

طراحی مخازن و ماشین‌های مختلف و بهبود خطوط فرآوری در راستای کاهش ضایعات و افزایش کیفیت مستلزم تعیین خواص مکانیکی محصولات کشاورزی می باشد. در این تحقیق سه اندازه پرتقال والنسیا تولید منطقه شمال کشور پس از برداشت در دمای پنج تا شش درجه سانتی گراد در یخچال نگهداری شده و برای تعیین خواص مکانیکی آنها طرح آزمایشی فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی در هشت تکرار با پارامتر مستقل شامل سه اندازه پرتقال و متغیرهای وابسته شامل نیروی شکست، تغییرشکل شکست و انرژی شکست انجام گردید. میانگین خواص مکانیکی پرتقالهای کوچک، متوسط و بزرگ در بارگذاری شبه استاتیکی در جهت عرضی به ترتیب برابر بودند با نیروی شکست، ۱۷۲/۶ ، ۲۱۰/۷۶ و ۲۴۵/۳۹ نیوتن، تغییرشکل شکست، ۲۱/۸۹ ، ۲۷/۱۰ و ۲۹/۵۰ میلیمتر و انرژی شکست، ۱/۷۱ ، ۲/۷۴ و ۳/۳۹ نیوتن متر. تاثیر فاکتور اندازه بر تمامی خواص مکانیکی مذکور در سطح ۱% معنی دار بود. اندازه کوچک و بزرگ در نیروی شکست اختلاف معنی داری داشتند در صورتیکه اندازه متوسط در این خصوص با دو اندازه دیگر اختلاف معنی داری در سطح ۰/۱ نداشت.

کلمات کلیدی: انرژی شکست، تغییرشکل شکست، پرتقال، خواص مکانیکی، نیروی شکست.

مقدمه

مرکبات امروزه از اهمیت بالایی در کشاورزی برخوردار بوده و منبع مهم درآمد برای کشورهای تولید کننده آنها می‌باشد. از میان مرکبات پرتقال از اهمیت ویژه‌ای به لحاظ اقتصادی و صنعتی برخوردار است و به طرق مختلف از جمله تازه خوری و آب میوه مصرف می‌شود. اسانس آن با کاربردهای دارویی از پوسته و دانه آن قابل استخراج است.

پرتقال حدود ۶۰۰ سال پیش به ایران وارد شده و ابتدا در سواحل جنوبی و سپس در دیگر نقاط کشور کشت شده است. ایران هم اکنون رتبه هفتم در میان کشورهای تولید کننده پرتقال در جهان را دارا می‌باشد (ASB, 2005). صادرات پرتقال ایران در سال ۲۰۰۴ بالغ بر ۳۱۷۱۰ تن بوده است. بیشترین صادرات ایران اغلب به کشورهای شمالی دریای خزر، ترکیه و امارات متحده عربی بوده است (FTSY, 2003). علی رغم اینکه ایران در میان قدیمی ترین

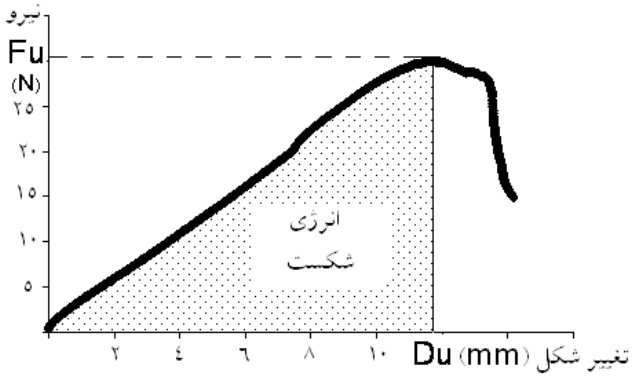
تولیدکنندگان مرکبات در جهان است اما متاسفانه در کیفیت صادرات و فرآوری صنعتی آن پیشرفت چندانی صورت نگرفته است و به همین دلیل در بازار جهانی جایگاه قابل توجهی ندارد.
صنایع بسته بندی میوه در پنج شهر شمالی رامسر، شهسوار، نوشهر، چالوس و آمل برای بسته بندی میوه به روش پیشرفته موجود است، اما بسته بندی به روش مناسب هنوز بدست نیامده است. پرتقال اغلب در مخازن توده‌ای جابجا و نگهداری می‌شود. ارتفاع مخزن میوه بر فشار وارد به لایه‌های پایینی موثر است که باید در محاسبات طراحی اینگونه مخازن لحاظ گردد . با تعیین و بررسی روابط بین نیرو و تغییرشکل میوه تا نقطه تسلیم و شکست می‌توان عمق مناسب مخزن را به گونه‌ای تعیین نمود که به میوه‌های لایه پایین آسیب کمتری وارد شود.
ویتز (Witz,۱۹۵۴) مقاومت به ضربه سیب زمینی بوسیله پلانجر را گزارش نمود. کافمن(Kaufmann,۱۹۷۰) تاثیر آب و دما بر روی تورم پوسته مرکبات را اندازه‌گیری نموده است. غیاثی و همکاران (Gyasi etal ,۱۹۸۱) نسبت پوآسون پوسته و مغز میوه مرکبات را تعیین نمودند. فیدلباس و همکاران (Fidelibus, etal ,۲۰۰۲) تاثیر تیمار اسید جبرلیک را بر روی خواص مکانیکی پوسته و مغز میوه پرتقال تعیین نمودند. ساریج و ناهیر و (Sarig and Nahir ,۱۹۷۳) تغییر شکل ابتدایی و دائمی آزمون خزش میوه مرکبات برای نشان دادن مقدار سفتی آن را گزارش نمودند. سینق و همکاران (Singh etal ,۲۰۰۶) خواص فیزیکی و مکانیکی پرتقال را در دو حالت قرارگیری میوه در یخچال و انبار را تعیین و گزارش نمودند.
با توجه به کمبود اطلاعات در خصوص خواص فیزیکی و مکانیکی پرتقالهای تولید داخل هدف از تحقیق حاضر بررسی و مقایسه برخی خواص مکانیکی میوه پرتقال در بارگذاری شبه استاتیکی بود.

مواد و روشها

در این تحقیق رقم والنسیا که از ارقام دیررس پرتقالهای تولیدی در کشور می‌باشد در خردادماه سال ۱۳۸۸ از مزرعه ای در شهرستان تنکابن واقع در شمال کشور ایران نمونه گیری شده و پس از انتقال به گروه ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد در یخچال در دمای ۵-۶ درجه سانتی گراد به مدت سه روز نگهداری شدند. پس از طی این دوره پرتقالها از یخچال خارج و به آزمایشگاه منتقل شدند و در دمای محیط آزمایشگاه (۲۰ درجه سانتی گراد) یک سری آزمایش برای تعیین خواص مکانیکی آنها انجام شد.

برای تعیین خواص مکانیکی پرتقال آزمون فشاری با دستگاه کشش فشار بر روی سه اندازه پرتقال رقم والنسیا بوسیله دو فک تخت و در دو جهت بارگذاری بر روی میوه کامل پرتقال با سرعت شبه استاتیک ۱۰ میلیمتر بر دقیقه مطابق استاندارد انجمن مهندسی کشاورزی آمریکا (ASAE , 2006) با ۸ تکرار انجام گرفت. منظور از بارگذاری در جهت طولی هم راستا بودن بردار نیروی اعمالی با امتداد خطی است که طوقه (سر) میوه را به دم میوه متصل می‌کند و منظور از بارگذاری در جهت عرضی بارگذاری در جهت عمود بر جهت طولی می باشد.

نمودار نیرو- تغییر مکان در طی فشردگی پرتقال مانند شکل (۱) رسم و اطلاعات مربوط به استحکام آن استخراج گردید. برای محاسبه انرژی از سطح زیر نمودار تا نقطه شکست بافت استفاده شد. لازم به ذکر است که دستگاه کشش فشار مقادیر نیروی شکست (F_u)، تغییر شکل شکست (D_u) و انرژی شکست (W_u) پرتقال را بطور جداگانه در فایلی در نرم افزار ماکروسافت اکسل در اختیار قرار می‌دهد.



شکل (۱). نمودار نیرو تغییرشکل برای میوه کامل پرتقال در بارگذاری شبه استاتیکی

با توجه به اینکه عوامل متعددی از قبیل رطوبت، رسیدگی و انبارمانی بر خواص مکانیکی محصولات کشاورزی تاثیر می‌گذارند لذا باید در طی مراحل آزمایش جهت بررسی فاکتورهای مورد نظر سایر عوامل را ثابت نگه داشت.

نتایج و بحث

جدول شماره (۱) مقادیر خواص مکانیکی سه اندازه پرتقال شامل نیروی شکست، تغییرشکل شکست و انرژی شکست را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می شود کمترین مقدار نیروی شکست برای اندازه کوچک و در بارگذاری در جهت عرضی با میانگین ۱۷۲/۵۹ نیوتن و بیشترین مقدار آن برای اندازه بزرگ و در بارگذاری در جهت عرضی با میانگین ۲۴۵/۳۹ نیوتن می باشد. کمترین مقدار تغییرشکل شکست برای اندازه کوچک و در بارگذاری در جهت عرضی با میانگین ۲۱/۸۹ میلیمتر و بیشترین مقدار تغییرشکل شکست برای اندازه بزرگ و در بارگذاری در جهت عرضی با میانگین ۲۹/۵۰ میلیمتر می باشد. کمترین مقدار انرژی شکست برای اندازه کوچک و در بارگذاری در جهت عرضی با میانگین ۱/۷۱ نیوتن متر و بیشترین مقدار انرژی شکست برای اندازه بزرگ و در بارگذاری در جهت عرضی با میانگین ۴/۴۳ نیوتن متر می‌باشد.
جدول شماره (۲) نتایج تجزیه واریانس خواص مکانیکی مذکور را برای هرسه اندازه پرتقال نشان می‌دهد. همانطور که دیده می‌شود تاثیر اندازه بر میانگین تمام خواص مکانیکی اندازه گیری شده در سطح ۱% معنی دار است. یعنی مقادیر خواص مکانیکی مورد

بررسی در اندازه های مختلف با یکدیگر متفاوتند. مقادیر ضریب تغییرات (C.V.) خواص مختلف نیز در این جدول نشان داده شده است.

جدول شماره (۱). مقادیرخواص مکانیکی برای هرسه اندازه پرتقال رقم والنسیا

خواص مکانیکی	جهت بارگذاری	اندازه	میانگین	حداکثر	حداقل	انحراف معیار
نیروی شکست (N)	طولی	کوچک	۱۸۲/۱۹	۲۶۶/۳۴۱	۱۳۵/۰۷۲	۴۲/۰۵
		متوسط	۲۰۸/۵۲	۲۶۱/۷۵	۱۷۳/۸۸	۳۲/۷۸
		بزرگ	۲۱۶/۸۳	۲۵۵/۳۶	۱۵۸/۳۲	۳۳/۶۰
	عرضی	کوچک	۱۷۲/۵۹	۲۲۶/۶۶	۱۳۲/۲۳۸	۲۸/۵۱
		متوسط	۲۱۰/۷۶	۲۴۰/۹۴	۱۸۰/۰۵	۲۰/۱۹
		بزرگ	۲۴۵/۳۹	۳۱۸/۴۰	۱۴۵/۲۱۷	۶۲/۶۸
تغییرشکل شکست (mm)	طولی	کوچک	۲۱/۹۶	۲۶/۳۶	۱۶/۳۳	۲/۹۷
		متوسط	۲۵/۶۷	۲۹/۷۶	۲۰/۹۱	۲/۷۵
		بزرگ	۲۷/۸۳	۳۲/۹۸	۲۱/۷۴	۳/۸۵
	عرضی	کوچک	۲۱/۸۹	۲۵/۳۵	۱۷/۹۴	۲/۷۴
		متوسط	۲۷/۰۹۹	۳۲/۹۵	۲۱/۳۰	۴/۳۶
		بزرگ	۲۹/۵۰	۳۲/۱۹۷	۲۶/۰۴	۲/۱۷
انرژی شکست (N.m)	طولی	کوچک	۱/۹۹	۲/۷۵	۱/۴۳	۰/۴۵۶
		متوسط	۲/۷۶	۳/۶۱	۲/۱۷	۰/۵۹
		بزرگ	۳/۱۴	۴/۰۲	۱/۹۱	۰/۷۲
	عرضی	کوچک	۱/۷۱	۲/۶۹۶	۱/۱۶	۰/۴۸۴
		متوسط	۲/۷۴	۳/۵۷	۱/۸۱	۰/۵۶۴
		بزرگ	۳/۳۹	۴/۳۴	۲/۰۳	۰/۸۶

جدول شماره (۳) نیز نتایج مقایسه میانگین های خواص مکانیکی هر سه اندازه پرتقال را به روش آزمون دانکن نشان می دهد. میانگین نیروی شکست، تغییرشکل شکست و انرژی شکست با افزایش اندازه همگی افزایش می یابند (شکل ۲). نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان داد تاثیر فاکتور اندازه بر مقدار نیروی شکست میوه پرتقال در سطح ۱% معنی دار بوده است. با توجه به اینکه اثرات متقابل فاکتورها بر نیروی شکست معنی دار نمی باشد بنابراین با مقایسه میانگین نیروی شکست در هر اندازه می توان نتیجه گیری کرد پرتقال اندازه بزرگ در مقابل بارهای خارجی دارای تحمل بیشتری نسبت به دو اندازه دیگر است. بررسی جدول تجزیه واریانس داده ها همچنین حاکی از آن است که اثر اندازه بر تغییرشکل شکست در سطح ۱% معنی دار است، بنابراین با توجه به مقادیر میانگین تغییرشکل شکست می توان نتیجه

جدول شماره (۲). نتایج آنالیز واریانس مقادیر خواص مکانیکی برای سه اندازه پرتقال رقم والنسیا در دوجهت بارگذاری

خواص مکانیکی	منابع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F
نیروی شکست	فاکتور اندازه	۲	۲۳۳۹۷/۹۱۷	۱۱۶۹۸/۹۵۸	۷/۶۹۶**

(N)	فاکتور جهت بارگذاری	۱	۵۹۹/۲۶۰	۵۹۹/۲۶۰	۰/۳۹۴۲^{ns}
	اثر متقابل اندازه*جهت بارگذاری	۲	۳۰۵۲/۵۲۲	۱۵۲۶/۲۶۱	۱/۰۰۴^{ns}
	خطا	۴۲	۶۳۸۴۵/۹۹۱	۱۵۲۰/۱۴۳	
	کل	۴۷	۹۰۸۹۵/۶۹۰		
	C.V.=%۱۸/۹۲				
تغییرشکل شکست (mm)	فاکتور اندازه	۲	۳۷۶/۰۴۴	۱۸۸/۰۲۲	۱۸/۰۷۲۱**
	فاکتور جهت بارگذاری	۱	۱۲/۱۲۶	۱۲/۱۲۶	۱/۱۶۵۵ ^{ns}
	اثر متقابل اندازه*جهت بارگذاری	۲	۷/۱۲۴	۳/۵۶۲	۰/۳۴۲۴ ^{ns}
	خطا	۴۲	۴۳۶/۹۶۹	۱۰/۴۰۴	
	کل	۴۷	۸۳۲/۲۶۳		
	C.V.=%۱۲/۵۷				
انرژی شکست (N.m)	فاکتور اندازه	۲	۱۶/۴۹۵	۸/۲۴۷	۲۰/۹۴۳**
	فاکتور جهت بارگذاری	۱	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۰/۰۰۹۶ ^{ns}
	اثر متقابل اندازه*جهت بارگذاری	۲	۰/۵۶۸	۰/۲۸۴	۰/۷۲۰۹^{ns}
	خطا	۴۲	۱۶/۵۴۰	۰/۳۹۴	
	کل	۴۷	۳۳/۶۰۶		
	C.V.=%۲۳/۹۴				

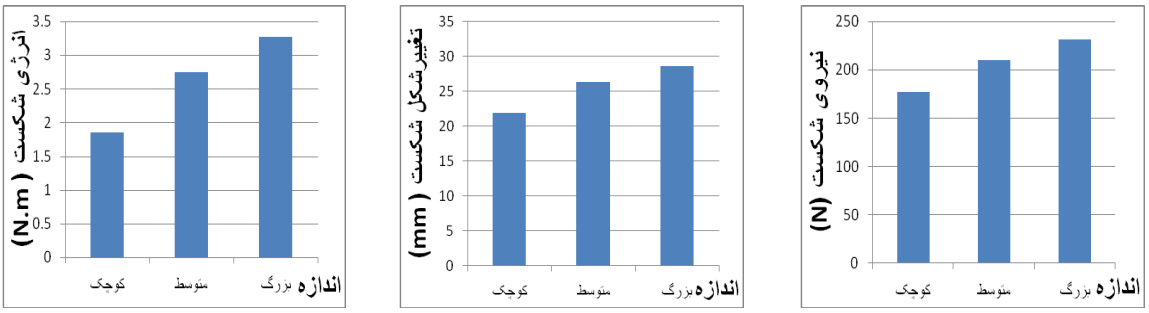
***و** به ترتیب معنی داری در سطح۰/۰۵و۰/۰۱وnsعدم معنی داری را نشان می دهد.**

گرفت با افزایش اندازه میوه پرتقال تغییرشکل شکست افزایش می یابد. همچنین اثر اندازه بر انرژی شکست در سطح ۱% معنی دار است بنابراین با توجه به مقادیر میانگین انرژی شکست می توان نتیجه گرفت با افزایش اندازه انرژی شکست افزایش می‌یابد.

جدول شماره (۳). نتایج مقایسه میانگین های پارامترهای مکانیکی هرسه اندازه پرتقال به روش آزمون دانکن

اندازه	نیروی شکست (N)		تغییرشکل شکست (mm)		انرژی شکست (N.m)	
کوچک	۱۷۷/۳۹	B	۲۱/۹۳	B	۱/۸۴۸	B
متوسط	۲۰۹/۶۴	AB	۲۶/۳۸	A	۲/۷۵۱	A
بزرگ	۲۳۱/۱۱	A	۲۸/۶۷	A	۳/۲۶۶	A

حروف مشترک اختلاف معنی داری را نشان نمی دهند.



شکل (۲). اثر اندازه بر نیروی شکست، تغییرشکل شکست و انرژی شکست

نتیجه‌گیری کلی

۱- پرتقال اندازه بزرگتر در مقابل بارهای خارجی دارای تحمل بیشتری نسبت به اندازه های دیگر است.
۲- با افزایش اندازه تغییر شکل شکست افزایش می یابد.
۳- با افزایش اندازه انرژی شکست افزایش می یابد.
۴- منحنی نیرو-تغییر شکل در هر دو جهت بارگذاری استاتیکی میوه کامل پرتقال غیر خطی مشاهده شد.
۵- عدم شکست پوست نمی تواند نشان دهنده پرتقالی بدون آسیب دیدگی باشد چرا که بافت داخلی میوه پرتقال قبل از شکافت پوست ممکن است آسیب دیده باشد. این آسیب دیدگی برای هر سه اندازه پرتقال مشاهده شد.

قدردانی

نویسندگان مقاله وظیفه خود می دانند از جناب آقای مهندس علیان بخاطر در اختیار گذاشتن پرتقالهای مورد استفاده در این تحقیق قدردانی نمایند.

منابع

1- Agricultural Statistical Bulletin (ASB), (2005). Crop year 2004-2005. Ministry of Jihad-e-Agriculture of Iran.
2- American Society of Agricultural Engineering (ASAE). (2006). ASAE standard, Compression Test of Food Material of Convex Shape. ASAE S368.4 DEC2000 (R2006).
3- Fidelibus, M.W., Teixeira, A.A., and Davies, F.S. (2002). Mechanical properties of orange peel and fruit treated pre-harvest with Gibberellic acid. Transactions of the ASAE, 45: 1057–1062.
4- Foreign Trade Statistical Yearbook (FTSY), (2003). Ministry of Commerce of Iran.
5- Gyasi, S.R., Friedly, B., and Chen, P. (1981). Elastic and viscoelastic Poissons ratio determination for selected citrus fruits. Transactions of the ASAE, 24: 747-750.
6- Kaufmann, M. R. (1970). Extensibility of pericarp tissue in growing citrus fruits. Plant Physiology, 46: 778–781.

7- Sarig, Y., and Nahir, D. (1973). Deformation characteristics of Valencia oranges as an indicator of firmness. Horticultural Science, 8: 391–392.
8- Singh K.K., and Reddy B.S. (2006). Post-harvest physico-mechanical properties of orange peel and fruit. J. Food Eng. Res., 73: 112–120.
9- Witz, R.L. (1954). Measuring the resistance of potatoes to bruising. Agricultural Engineering, 34: 241-244.