تعیین مدول الاستیسیته سیب در دوره ی انبارداری

روح‌انگیز رحیمی [1] ، علی ملکی [2] ، شاهین بشارتی [3]

1- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشین کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

2 و 3- عضو هیئت علمی گروه مکانیک ماشین کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

r.rahimy2005@gmail.com

چکیده

مدول الاستیسیته یکی از مهمترین خواص مکانیکی میوه‌ها است که تغییرات آن می‌تواند مشخص کننده میزان صدمه وارده به محصول در حین انبارداری و حمل‌ونقل باشد. دمای محیط و مدت زمان انبارداری دو عاملی هستند که موجب تغییر مدول الاستیسیته میوه‌ها می‌شوند. در این مقاله به منظور بررسی تاثیرات دما و مدت زمان انباردار ی در مدول الاستیسیته سیب، سه رقم سیب سمیرم در دو محیط متفاوت به مدت شش هفته نگهداری و هر هفته مدول سیب‌ها تعیین گردید. از بافت هر سیب نمونه هایی به شکل استوانه و به صورت شعاعی و محوری تهیه و توسط دستگاه تست کشش و ف شار تحت بارگذاری فشاری تک محوری قرار گرفتند و مدول الاستیسیته برای هر نمونه از طریق نمودار رویو ـ تغییر شکل محاسبه گردید. نتایج نشان داد که عامل‌های رقم، زمان و نوع نمونه در سطح 99 درصد و عامل دمای محیط در سطح 95 درصد تاثیر معنی‌داری بر روی تغییرات مدول الاستیسیته داشت.

کلمات کلیدی: بارگذاری فشاری، سیب، مدول الاستیسیته

مقدمه

سیب از مهمترین محصولات باغی ایران است که هر ساله سهم زیادی از صادرات محصولات کشاورزی را به خود اختصاص می‌دهد. طبق آخرین آمار سازمان خوار و بار جهانی[1]، ایران رتبه هشتم تولید سیب در جهان را دارا می‌باشد بنابراین توجه به کیفیت سیب تولیدی از اهمیت زیادی برخودار می‌باشد. کیفیت سیب همانند سایر میوه‌ها به فاکتورهای زیادی از جمله واریته، شرایط آب و هوایی طی رشد، میزان رسیدگی هنگام برداشت و شرایط انبارداری بستگی دارد[varela et al., 2007]. مدول الاستیسیته یکی از مهمترین خواص مکانیکی میوه‌ها است که تغییرات آن می‌تواند مشخص کننده میزان صدمه وارده به محصول در حین انبارداری و حمل‌ونقل باشد. این خاصیت به همراه نسبت پواسون امکان پیشگویی رفتار رویوـتغییر شکل محصولات کشاورزی را فراهم کرده و در طراحی تجهیزات فرآوری این محصولات زمین نقش مهمی را ایفا می‌کند[Kang et al., 1995]. مدول الاستیسیته، شیب نمودار رویو-تغییر شکل در محدوده الاستیک است[Mohsenin, 1986].

تا کنون تحقیقات زیادی در مورد خواص مکانیکی محصولات کشاورزی به‌ویژه مدول الاستیسیته صورت گرفته است. در راستای بررسی فاکتورهای بافتی در میوه‌ها و سبزیجات با رویکرد مهندسی مدول الاستیسیته سیب با استفاده از آزمایش فشاری تک محوری تعیین گردیده که نتایج نشان دهنده دامنه تغییرات زیاد مدول الاستیسیته سیب بوده و قبل و یادر زمان برداشت به ماکزیمم مقدار خود می‌رسد[Mohsenin et al., 1963].

[1] - FAO

همچنین رفتار سه وار یته سریب در برداشت با استفاده از یک تنش ثابت بررسی و مدول الاستیسیته و ضر یب پوآسون سه وار یته مختلف تعیین گرد یه و نتا یج نشان داد که مدول الاست یسیته برا ی هر وار یته وابستگی معنی‌داری به تنش دارد [Chappell and Hamann, 1968]. آزمایشاتی برای تعیین تاثیر رسیدگی، جهت و موقعیت نمونه‌گیری داخل سریب بر روی تنش گسیختگی، کرنش گسیختگی، انرژی گسیختگی و مدول الاستیسیته سه رقم سریب رد دلیشز، گلدن دلیشز و رم بیوتی با استفاده از دستگاه تست یونیورسال انجام گرفت و نتا یج نشان داد که مدول ا لاستیسیته در نمونه های شعاعی به‌طور قابل ملاح ظه‌ای نسبت به نمونه های عمودی بیشتر است و همچنین بزرگترین مقادیر مدول الاستیسیته مربوط به قسمت ته سریب و کمترین مقدار مدول الاستیسیته مربوط به قسمت بالای سریب است[Abbott and .Lu, 1996].

با توجه به ا ینکه سریب یک مح صول فصلی است بنابرا ین برا ی مصرف در فصول د یگر سال در سردخانه نگهداری می‌شود در طی نگهداری سریب بافت سریب تما یل به نرم شدن دارد بنابرا ین به نظر م ی‌رسد که با گذشت زمان خواص مکانیکی آن تغییر م ی‌کند. از ای رو تع یین خواص مکانیکی سریب در زمان نگهدار ی در سردخانه ضروری است. زمان و شرا یط نگهدار ی سریب تا کنون موضوع بس یاری از مطالعات بوده است . خواص مکانیکی دو رقم سریب گلدن دلیشز استارکس پور و استارکینگ در زمان انبردار ی بررسی شد و نتا یج تجزیه و تحلیل وار یانسی نشان داد که رقم و مدت زمان انبرداری اثر معنی‌داری بر مدول الاستیسیته دارند و با افزایش زمان انبرداری مدول الاستیسیته‌ی دو رقم روند کاهش مشابه ای دارند[Yurtlu and Erdogan, 2005]. ویژگی‌های مکانیکی دو رقم سریب گلدن دلیشز و گرانی اسمیت بعد از انبردار ی به مدت 14 روز در دمای 20 درجه سانتی‌گراد با استفاده از نفوذ و تست فشا ر محوری بررسی شد[varela et al., 2007]. در تحقیقی دیگر عمر انبردار ی سریب وار یته‌ی فوجی در دمای محیط تخمین زده شد و نتا یج نشان داد که مدول الاستیسیته در مدت انبردار ی کاهش می‌یابد [Varela et al., 2008]. با توجه به تحقیقات صورت گرفته در ا یران، خواص مکانیکی سه وار یته سریب گلدن دلیشز، رد دلیشز و گرانی اسمیت طی شش ماه نگهداری در دمای 4-5 درجه سانتی‌گراد با تست فشار تک محوری بررسی گردید و نتا یج نشان دا د که دوره ی انبرداری تاثیر معنی‌داری بر خواص مکانیکی دارد و با گذشت زمان تمام مقادیر تنش گسیختگی، کرنش گسیختگی، انرژی گسیختگی و مدول الاستیسیته کاهش می‌یابند [مسعودی و همکاران،2007]. همچنین تغ ییرات بافت س یب وار یته‌ی زرد لبنانی در ط ی نگهداری به مدت سه ماه در سردخانه‌ای با دمای صفر درجه سانتی‌گراد بررسی شد و تاثیر زمان برداشت در کیفیت سریب رین بررسی گردید و نتایج حاکی از ای بود که مدول الاستیسیته سریب تا مرحله رسیدن کامل افزا یش و بعد از آن کاهش م ی‌یابد و به منظور حفظ بافت س یب در سردخانه با ید سریب ر ا قبل از رس یدن کامل برداشت نمود [نبی زاده و اسمع یلی، 1389].

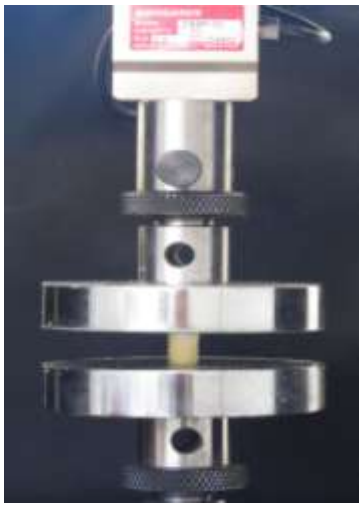
بنابرای با توجه به مطالب ذکر شده، هدف از تحقیق حاضر بررسی تغییرات مدول الاستیسیته سه رقم سریب گلدن دلیشز، رد دلیشز و گالا تحت تاثیر مدت زمان انبرداری و دمای محیط انبرداری می‌باشد.

مواد و روشها

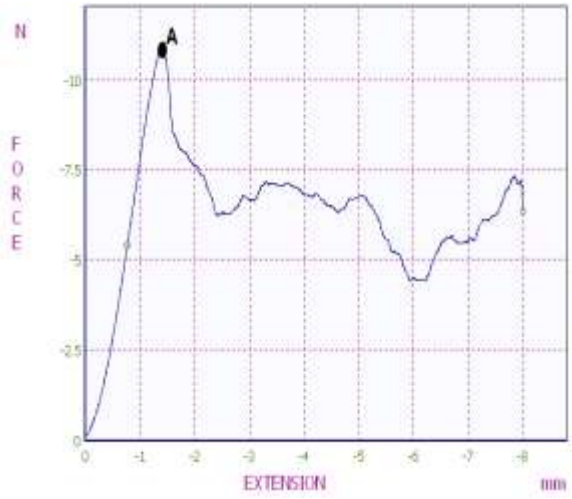
در ای تحقیق سه رقم سریب رد دلیشز، گلدن دلیشز و گالا در مهر سال 90 از باغات شهرستان سمیرم نمونه برداری شد. به منظور تعیین مدول الاستیسیته از دستگاه تست کشش و فشار ساخت شرکت سنتام ایران استفاده شد. از بافت هر سریب سه نمونه به‌صورت محوری و سه نمونه به‌صورت شعاعی ته یه گردید. نمونه‌ها به شکل استوانه با میانگین قطر 10میلی‌متر و میانگین ارتفاع 15میلی‌متر بودند.

نمونه‌های تهیه شده مطابق شکل 1 توسط دستگاه کشش و فشار در بین دو صفحه تخت فولادی تحت بارگذاری فشاری تک محوری قرار گرفتند و همزمان با انجام آزمایش، نمودار نیرو ـ تغییر شکل برای هر نمونه در نرم‌افزار رایانه‌ای مربوطه ترسیم شد. سرعت بارگذاری تمام نمونه‌ها براساس استاندارد تعیین خواص مکانیکی بافت مواد غذایی انجمن مهندسان کشاورزی آمریکا، 25/4 میلی‌متر در دقیقه (ASAE S368.4) و حداکثر جابجایی 8 میلی‌متر انتخاب گردید.

نقطه تسلیم در محصولات کشاورزی نقطه‌ای از نمودار نیرو - تغییر شکل است که در آن با افزایش جابجایی، مقدار نیرو تغییر نمی‌کند یا کاهش می‌یابد. نقطه تسلیم در شکل 2 نشان داده شده است. مدول الاستیسیته در 30 تا 70 درصد نقطه تسلیم محاسبه شده است.



شکل 1: نمونه سیب تحت بارگذاری فشاری



شکل 2: نمودار نیرو - تغییر شکل برای سیب گالا

در روز اول برداشت سیب‌ها، مدول الاستیسیته‌ی سه رقم سیب تعیین گردید و بقیه سیب‌ها در دو جعبه قرار گرفتند، یک جعبه به سردخانه با دمای 4-2 درجه سانتی‌گراد و جعبه‌ی دیگر به یک انبار در دمای 25-23 درجه سانتی‌گراد منتقل گردید. سه رقم سیب به مدت شش هفته نگهداری شدند و هر هفته مدول الاستیسیته نمونه‌ها تعیین گردید. نمونه‌ها به صورت آزمایش فاکتوریل 6×3×2×2 در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار آزمایش شدند که عامل مدت زمان انبارداری با شش سطح، رقم سیب با سه سطح، نوع نمونه با دو سطح و دما با دو سطح تیمارهای این آزمایش‌ها بودند. مقادیر مدول الاستیسیته اندازه گیری شده نمونه‌ها با استفاده از روش‌های تجزیه و تحلیل آماری و آزمون مقایسه‌های دانکن (5 درصد) توسط نرم افزار SPSS ویرایش 17 مقایسه گردیدند.

نتایج و بحث

در جدول 1 نتایج تجزیه واریانس عامل‌های نوع رقم، مدت زمان انبارداری، نوع نمونه و دمای محیط روی مدول الاستیسیته سه رقم سیب رد دلیشز، گلدن دلیشز و گالا بیان شده است. نتایج نشان می‌دهد که اثر رقم، مدت زمان انبارداری و نوع نمونه بر مدول الاستیسیته در سطح 99 درصد(P= 0/01) معنی‌دار است ولی اثر دمای محیط بر مدول الاستیسیته در سطح 95 درصد (P= 0/05) معنی‌دار شده است. اثر متقابل رقم و مدت زمان انبارداری و همچنین اثر متقابل مدت زمان انبارداری و دمای محیط بر مدول الاستیسیته در سطح 99 درصد

و اثر متقابل رقم و دمای محیط در سطح 95 درصد معنی‌دار می‌باشد. همچنین نتایج جدول نشان می‌دهد که اثر متقابل رقم و نوع نمونه ، مدت زمان انبارداری و نوع نمونه و اثر متقابل نوع نمونه و دمای محیط بر مدول الاستیسیته در سطح 0/95 اختلاف معنی‌داری ندارند.

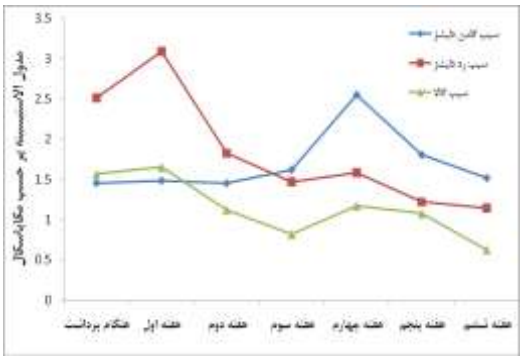
جدول 1. نتایج تجزیه واریانس تیمارهای عامل های نوع رقم، مدت زمان انبارداری، نوع نمونه، دمای محیط و اثرات برهمکنش این عامل‌ها روی مدول الاستیسیته سه رقم سیب درختی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)	F
رقم	2	5/774	44/524**
زمان انبارداری(هفته)	5	3/581	27/617**
نوع نمونه	1	2/165	16/692**
دمای محیط	1	0/617	4/76*
رقم × زمان انبارداری(هفته)	10	2/366	18/244**
رقم × نوع نمونه	2	0/27	2/083 ns
رقم × دمای محیط	2	0/967	7/457*
زمان انبارداری(هفته) × نوع نمونه	5	0/096	0/744ns
زمان انبارداری(هفته) × دمای محیط	5	1/891	14/581**
نوع نمونه × دمای محیط	1	0/001	0/008ns
رقم × زمان انبارداری(هفته) × نوع نمونه	10	0/263	2/026*
رقم × زمان انبارداری(هفته) × دمای محیط	10	0/424	3/271*
رقم × نوع نمونه × دمای محیط	2	0/306	2/36ns
زمان انبارداری(هفته) × نوع نمونه × دمای محیط	5	0/316	2/437*
رقم × زمان انبارداری(هفته) × نوع نمونه	10	0/289	2/229*
خطا	125	0/13	
کل	203		

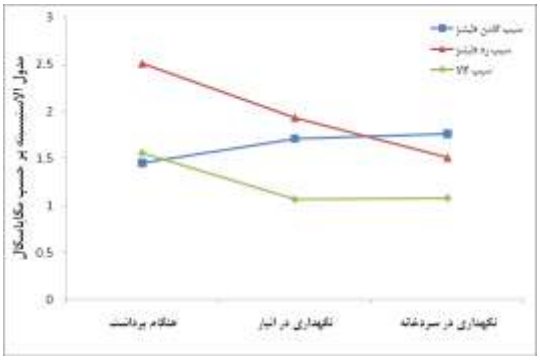
**** نشانگر تفاوت معنی دار در سطح 99 درصد، * نشانگر تفاوت معنی دار در سطح 95 درصد و ns نشانگر عدم تفاوت معنی دار در سطح 95 درصد می‌باشد.**

تغییرات مدول الاستیسیته برای هر سه رقم در شکل 3 نشان داده شده است . روند تغییرات مدول الاستیسیته برای سریع رد دادن و گالا تقریبا مشابه است، در هفته اول انبارداری مدول الاستیسیته‌ی این دو رقم افزایش می‌یابد ولی مقدار افزایش مدول برای رد دادن بیشتر است و از هفته اول به بعد مدول الاستیسیته روند کاهشی دارد فقط در هفته‌ی چهارم افزایش ناچیزی در مدول الاستیسیته ایجاد شده است. مدول الاستیسیته برای سریع گلدن دلیشز از روز اول تا هفته ی دوم تقریبا ثابت است و از هفته‌ی دوم تا هفته چهارم روند افزایشی دارد و از هفته‌ی چهارم به بعد روند کاهشی دارد ولی در کل تفاوتی بین مدول الاستیسیته روز اول برداشت و هفته ی ششم وجود ندارد. افزایش مدول الاستیسیته در هفته‌ی اول برای سریع رد دلیشز و در هفته ی چهارم برای سریع

گلدن دلیشز ممکن است به دلیل رسیدن کامل سیب و تغییر در بافت سیب باشد. روند کاهش مدول الاستیسیته برای رد دلیشز با تحقیقات انجام شده توسط مسعودی و همکاران (2007) مطابقت دارد.
با توجه به شکل 4 واضح است که دما ی محیط انبار تاثیری بر مدول الاستیسیته سیب گلدن دلیشز وسیب گالا ندارد ولی کاهش دمای محیط انبار باعث کاهش مدول الاستیسته‌ی سیب رد دلیشز می‌شود.

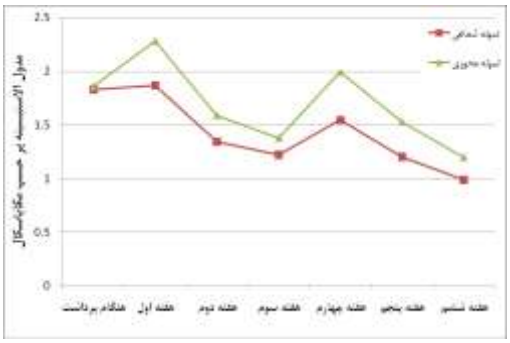


شکل 3: تغییرات مدول الاستیسیته در زمان‌های مختلف انبارداری

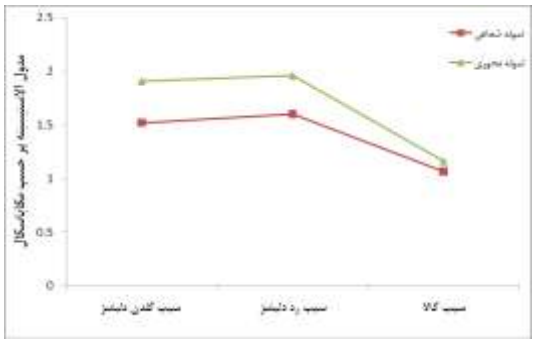


شکل 4: تغییرات مدول الاستیسیته در محیط

با توجه به شکل 5 مشخص است که مدت زمان انبارداری تاثیر یکساری را بر مدول الاستیسیته نمونه‌ای شعاعی و محوری دارد بنابراین در زمان انبارداری تغییرات بافت سیب در راستای شعاعی و محوری یکسان می‌باشد. با ترسیم نمودار میانگین مدول الاستیسیته‌ی نمونه‌های محوری و شعاعی برای سه رقم سیب در شکل 6 به این نتیجه رسیده‌ایم که میانگین مدول الاستیسیته‌ی نمونه‌های محوری و شعاعی برای سیب گالا تفاوت زیادی ندارند در حالیکه میانگین مدول الاستیسیته‌ی نمونه‌های محوری در سیب رد دلیشز و گلدن دلیشز بیشتر از نمونه های شعاعی است. و همچنین مشخص است که کمتری مدول الاستیسیته مربوط به سیب گالا می‌باشد.



شکل 5: مدول الاستیسیته در مدت انبارداری برحسب نوع نمونه



شکل 6: مدول الاستیسیته برای نمونه‌های شعاعی و محوری

به‌صورت کلی می‌توان بیان کرد که رقم، مدت زمان انبارداری، نوع نمونه و دمای محیط تاثیر معناداری بر مدول الاستیسیته سیب دارند و با افزایش مدت زمان انبارداری مدول الاستیسیته سیب رد دلیشز و گالا تقریبا کاهش می‌یابد و همچنین دمای محیط انبار تاثیری بر مدول الاستیسیته سیب گلدن دلیشز و گالا ندارد.

منابع

1. نبی زاده ف، اسمعیلی م، (1389)، تغییرات بافت سیب زرد لبنانی در طی نگهداری در سردخانه تجاری تحت تاثیر تاریخ برداشت، مجله پژوهش‌های صنایع غذایی، جلد 3 شماره 2.
2. Masoudi H, Tabatabaeefar A, and Borghaee A M, (2007), Determination of storage effect on mechanical properties of apples using the uniaxial compression test, Journal Canadian Bio systems Engineering, 49: 3.29-3.33.
3. Mohsenin N N, Cooper H E and Tukey L D, (1963), Engineering approach to evaluating textural factors in fruits and vegetables, Transactions of the ASABE 6(2):85-88.
4. Varela P, Salvador A and Fiszman S, (2007), Changes in apple tissue with storage time: Rheological, textural and microstructural analyses, Journal Food Engineering 78(2): 622-629.
5. Mohsenin N N, (1986), Physical Properties of Plant and Animal Materials: Structure, Physical Characteristics and Mechanical Properties, 2nd ed. Gordon Breach Science Publisher. New York.
6. Kang Y S, Spilman C K, and Chung G D, (1995), Mechanical properties of wheat. Transactions, ASABE., 38: 573–578.
7. Chappell T W, and Hamann D D., (1968), Poisson's ratio and Young's modulus for apple flesh under compressive loading, Transactions of the ASABE 11(5):608-610, 612.
8. Abbott J A, and Lu R, (1996), Anisotropic mechanical properties of apples, Transactions of the ASABE 39(4):1451-1459.
9. FAO.org. Statistical Database/ faostat/collections.Production crop. 2010.
10. Yurtlu Y B, Erdogan D, (2005), Effect of storage time on some mechanical properties and susceptibility of pears and apples, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 29:469-482.
11. Varela P, Salvador A and Fiszman S, (2008), Shelf-life estimation of Fuji apples The behaviour of recently harvested fruit during storage at ambient conditions, Journal Postharvest Biology Technology 50(1): 64-69.
12. American Society of Agricultural Engineering (ASAE), (2008), Compression Test of Food Materials of Convex Shape, ASAE S368.4 DES2000.