برخی خواص مکانیکی سیر

منصور راسخ[۱*]، روح‌اله مجدی[۲]

۱- استادیار گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی
۲- دانشجوی کارشناسی‌ارشد مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی
(تاریخ دریافت: ۸۸/۲/۱۲ تاریخ پذیرش: ۸۸/۸/۲۳)

چکیده

به منظور تعیین برخی خواص مکانیکی پیازسیر و سیرچه‌ی سیر رقم محلی تالش، در سه دوره زمانی انبارداری با فواصل زمانی ۷۰ روزه آزمون فشاری انجام شد. آزمون فشاری روی پیاز کامل سیر، سیرچه‌ها و نمونه‌های استوانه‌ای تهیه شده از بافت سیر در سه سرعت بارگذاری ۱۰، ۶۰ و ۱۱۰ میلی‌متر در دقیقه انجام شد. در این آزمون‌ها مقدار میانگین بیشینه نیروی لازم برای گسیختگی سیرچه، بیشینه نیروی لازم سست کردن پیازسیر و نیز بیشینه نیروی لازم برای گسیختگی نمونه‌های استوانه‌ای تهیه شده از بافت سیر و همچنین مقدار ضریب کشسانی ظاهری و حقیقی و چغرمگی برای سیرچه‌ها و نمونه‌های استوانه‌ای در سه دوره انبارداری، سه سرعت بارگذاری و در دو جهت بارگذاری اندازه‌گیری شد. بنابر نتایج به دست آمده مقدار ضریب کشسانی ظاهری، بیشینه نیروی لازم برای گسیختگی و چغرمگی سیرچه به ترتیب ۲/۷۶۲ MPa تا ۷/۰۹۱ MPa، ۱۰۵/۰۴۳ N تا ۱۶۷/۲۷ N و ۶۲/۳۵۸ mJ/mm^3 تا ۱۰۱/۴۴ mJ/mm^3 اندازه‌گیری شد. همچنین مقدار ضریب کشسانی حقیقی، بیشینه نیروی لازم برای گسیختگی و چغرمگی نمونه استوانه‌ای تهیه شده از بافت سیر به ترتیب ۳/۳۶۸ MPa تا ۶/۹۸۱ MPa، ۱۲/۶۰۶ N تا ۲۵/۷۶۲ N و ۰/۱۷۳ mJ/mm^3 تا ۰/۳۳ mJ/mm^3 اندازه‌گیری شد. مقدار نیروی لازم برای سست کردن پیاز سیر هنگام بارگذاری در راستای ارتفاع و در راستای عرضی به ترتیب ۱۲۷/۰۲۳ N تا ۲۲۸/۰۰۱N و ۴۵/۵۲ N تا ۱۰۶/۹۷ N اندازه‌گیری شد. بر اساس نتایج تجزیه واریانس عامل‌های دوره انبارداری، جهت بارگذاری و سرعت بارگذاری اثر معنی‌داری روی مقدار ضریب کشسانی ظاهری، چغرمگی و بیشینه نیروی لازم برای گسیختگی سیرچه کامل داشتند.

کلید واژه‌گان: سیر، ضریب کشسانی، دوره انبارداری، سرعت بارگذاری

۱- مقدمه

سیر یکی از مهمترین و پرمصرف‌ترین سبزیجات ادویه‌ای است که با توجه به خواص دارویی آن استفاده‌های متنوع و روزافزونی در صنایع آرایشی و بهداشتی نیز پیدا کرده است. سیر از محصولات مهم زراعی در دنیا و ایران به شمار می‌رود. میزان تولید این محصول در جهان ۱۰ میلیون تن و متوسط عملکرد آن ۱۰ تن در هکتار می‌باشد. در میان کشورهای تولید کننده این محصول ایران با تولید ۳۰۰۰۰ تن در سال در رتبه دوازدهم جای دارد [۱]. محصول سیر با دارا بودن سطح زیر کشت سالیانه بیش از ۱۰ تا ۱۲ هزار هکتار در کشور، در استان‌های همدان، مرکزی، خراسان، زنجان، مناطق شمالی، خوزستان و آذربایجان کشت می‌شود [۲]. بخشی از ضایعات ایجاد شده در محصولات کشاورزی در مراحل مختلف برداشت، جابجایی، حمل و نقل و فرآوری از اعمال بارها و تنش‌های ناخواسته بر آن‌ها بوجود می‌آید. همچنین برای

* مسئول مکاتبات: ma_rasekh1349@yahoo.com.au

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-24]

فرآوری محصولات کشاورزی نیاز است تا برخی بارگذاری‌ها به صورت برشی یا فشاری روی محصول اعمال شود. لذا برای جلوگیری از آسیب‌های مکانیکی و ایجاد ضایعات طی فرآیندهای برداشت و مراحل پس از آن و نیز بهینه‌سازی دستگاه‌های فرآوری، اندازه‌گیری و مطالعه خواص مکانیکی محصولات کشاورزی الزامی است. عادل (۲۰۰۷) در آزمایشاتی برخی خصوصیات فیزیکی و مکانیکی پیاز سیر و سیرچه آن را اندازه‌گیری کرد. در این آزمایشات نیروی لهیدگی سیرچه‌ها بسته به اندازه آن‌ها از ۵۵/۶ تا ۱۵۵ نیوتن و نیز نیروی مورد نیاز برای سست کردن مجموعه پیاز سیر از ۱۱۰ تا ۲۷۲ نیوتن و ۱۰۱ تا ۳۲۰ نیوتن به ترتیب در دو وضعیت افقی و عمودی اندازه‌گیری شد. معصومی و همکاران (۲۰۰۶) سطح و ابعاد اصلی سیرچه‌ها را به روش ماشین بینایی در دو رقم سفید و صورتی در محتوای رطوبتی ۴۲/۲ درصد (بر پایه تر) و نیز چگالی دانه، چگالی توده و تخلخل آن را در رطوبت ۵۶/۷ درصد و ۳۴/۹ درصد(بر پایه تر) اندازه‌گیری کرده و نشان دادند که محتوای رطوبتی سیر اثر معنی‌داری ($P <$ ۰/۰۱) بر چگالی دانه، چگالی توده و تخلخل دارد. در پژوهشی دیگر برخی خواص فیزیکی، مکانیکی و غذایی سیر بررسی شد،، در این آزمایشات پارامترهای ضریب اصطکاک دینامیکی و استاتیکی برای سیرچه‌ها روی صفحاتی از جنس فولاد گالوانیزه، آهن و تخته چوبی چندلایی به ترتیب برابر ۰/۴۱۶ – ۰/۳۵۲، ۰/۴۷۲ – ۰/۴۰۶ و ۰/۵۴۱ – ۰/۴۸۱ به دست آمد [۵]. کیلیچکان[1] و گونر[2] (۲۰۰۸) خصوصیات فیزیکی و رفتار مکانیکی میوه زیتون را تحت بارگذاری فشاری توسط دو صفحه تخت مورد بررسی قرار دادند. در این آزمایش مقادیر میانگین ابعاد اصلی، قطر میانگین هندسی و حسابی، ضریب کرویت، حجم، چگالی توده و دانه، تخلخل، سرعت حد، ضریب کشش، سطح تصویر شده محصول، تغییرشکل ویژه و نیز نیرو و انرژی گسیختگی برای میوه و هسته زیتون محاسبه شد. آنها نشان دادند که تغییرشکل ویژه و نیز نیرو و انرژی گسیختگی با افزایش اندازه و افزایش نرخ تغییرشکل بطور معناداری افزایش می‌یابد و نیز بیشترین مقادیر آن بجز در مورد تغییر شکل ویژه میوه زیتون در راستای بعد طولی رخ می‌دهند. مسعودی و همکاران در سال ۲۰۰۵ با تهیه نمونه‌های استوانه‌ای از سه رقم سیب در ۶ دوره انبارداری یک‌ماهه و بارگذاری فشاری مدول کشسانی، تنش و کرنش و انرژی گسیختگی و چغرمگی سیب را اندازه‌گیری کردند و نشان دادند که دوره انبارداری تاثیر معناداری بر خواص مکانیکی اندازه‌گیری شده دارد. با توجه به اینکه تحقیقات انجام شده در ایران در خصوص خواص مکانیکی سیر معدود می‌باشد و رقم مورد بررسی در این تحقیق بومی بوده و مطالعه رفتار مکانیکی این محصول بطور جامع مورد بررسی قرار نگرفته است و بخصوص در تحقیقات انجام شده توسط عادل (۲۰۰۷)، معصومی و همکاران (۲۰۰۶) و هاچی‌صفرگولاری[3] و همکاران (۲۰۰۵) عامل دوره انبارداری و سرعت بارگذاری در نظر گرفته نشده است، لذا انجام این تحقیق ضروری می‌باشد. هدف از این تحقیق تعیین خواص مکانیکی سیر(ضریب کشسانی ظاهری، بیشینه نیروی لازم برای گسیختگی، چغرمگی سیرچه‌ها و بیشینه نیروی لازم برای سست کردن پیاز سیر) و تأثیر ۳ عامل دوره انبارداری، جهت بارگذاری و سرعت بارگذاری بر این خواص می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

نمونه‌های سیر از یکی از مزارع واقع در توابع شهرستان تالش که در یک شرایط زراعی مشابه کشت شده بودند، تهیه شد و سپس به آزمایشگاه خواص بیوفیزیک دانشگاه محقق اردبیلی منتقل گردید و در یک شرایط ثابت انبارداری قرار گرفت. آزمایش‌ها در سه دوره انبارداری و به فاصله ۷۰ روز بین هر دوره، پس از برداشت محصول انجام شد.

۲-۱- اندازه‌گیری رطوبت نسبی

برای اندازه‌گیری رطوبت سیر در هر دوره انبارداری تعداد ۳ عدد پیازسیر در ۳ تکرار بطور تصادفی از مجموعه سیرها انتخاب شده، سیرچه‌های آن از مجموعه پیاز سیر جدا شده و بعد از پوست‌کنی با ترازوی دیجیتال شیمادزو[4] با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن شد. نمونه‌ها در داخل ظروف شیشه‌ای قرار داده شدند و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۰ درجه سیلسیوس در اجاق آزمایشگاهی[5] خلائی برای خشک شدن قرار گرفت [۴].

1. Kliçkan
2. Guner
3. Haciseferogullari
4. Shimadzu Libror AEU-210
5. Oven

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-24]

درصد رطوبت بر پایه وزن تر از رابطه (۱) و درصد رطوبت بر پایه وزن خشک از رابطه (۲) محاسبه شد [۸].

$$MC_w = \frac{W_w - W_d}{W_w} \times 100 \quad (۱)$$

$$MC_d = \frac{W_w - W_d}{W_d} \times 100 \quad (۲)$$

در روابط فوق

MC_w= درصد رطوبت برپایه وزن تر

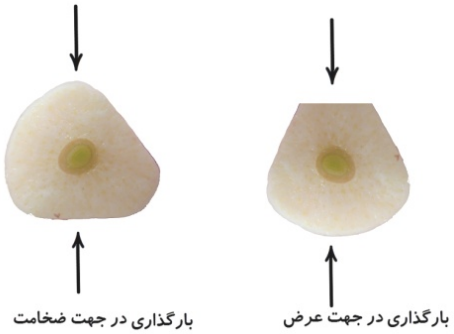
MC_d= درصد رطوبت بر پایه وزن خشک

W_w= وزن نمونه تر

W_d=وزن نمونه خشک

۲-۲- آزمون‌های فشاری

آزمون‌های فشاری روی پیاز سیر، سیرچه‌ها و نمونه‌های استوانه‌ای تهیه شده از بافت سیر توسط دستگاه آزمایش کشش - فشار[1] مدل STM-20 ساخت شرکت طراحی مهندسی سنتام[2] انجام شد. آزمون‌های فشاری در سه سطح سرعت بارگذاری ۱۰، ۶۰ و ۱۱۰ میلی‌متر بر دقیقه انجام شد. برای انجام آزمون فشاری روی سیرچه کامل، سیرچه‌ها در دو جهت ضخامت و عرض (شکل ۱) قرار گرفته و در هر سه سطح دوره انبارداری و در هر دوره در ۱۰ تکرار مورد آزمون قرار گرفتند.



شکل ۱ دو جهت بارگذاری روی سیرچه در آزمون فشاری

در آزمون‌های فشاری در هر دوره انبارداری و برای هر آزمون تعدادی پیاز سیر به تصادف انتخاب شده و بعد از جداسازی سیرچه‌های آن و پوست‌کنی سیرچه‌ها، تعداد ۱۰ عدد سیرچه به تصادف انتخاب شد. سپس ابعاد اصلی و وزن آن اندازه‌گیری و ثبت گردید. بارگذاری تا نقطه گسیختگی انجام شد. پارامترهای مورد بررسی در این آزمون شامل بیشینه نیروی لازم برای گسیختگی، چغرمگی و ضریب کشسانی ظاهری می‌باشند. برای محاسبه انرژی لازم برای گسیختگی سیرچه از اندازه‌گیری مساحت سطح زیر نمودار نیرو – تغییرشکل استفاده گردید. برای اندازه‌گیری چغرمگی سیرچه نیازی به اندازه‌گیری سطح اعمال نیرو نیست بلکه با معلوم بودن انرژی لازم برای گسیختگی نمونه، حاصل از دستگاه آزمون کشش-فشار و تقسیم آن بر حجم نمونه‌ها چغرمگی محصول تعیین شده است. طبق مشاهدات انجام شده و اندازه‌گیری‌های صورت گرفته معلوم شد، در تمام تکرارها محدوده خطی منحنی همواره بیشتر از نصف نیروی لازم برای گسیختگی بود (به عبارتی نصف نیروی لازم برای گسیختگی در محدوده خطی قرار می‌گرفت) و نیز آبوت و لو (۱۹۹۶) نیز در تحقیقات خود روی سیب این نقطه (نصف نیروی لازم برای گسیختگی) را در نظر گرفته بودند [۹]. برای اندازه‌گیری مقدار ضریب کشسانی ظاهری نمونه کامل طبق رابطه (۳) از تئوری هرتز استفاده شد [۱۰].

(۳)

$$E = \frac{0.338F_h(1-\mu^2)}{D_p^{3/2}}\left[K_U\left(\frac{1}{R_U}+\frac{1}{\acute{R}_U}\right)^{1/2} + K_L\left(\frac{1}{R_L}+\frac{1}{\acute{R}_L}\right)^{1/2}\right]^{3/2}$$

E = ضریب کشسانی ظاهری محصول (MPa)

F_h= نصف نیروی لازم برای گسیختگی (N)

μ =ضریب پوآسن

D_p = میزان جابجایی متناظر نصف نیروی لازم برای گسیختگی (mm)

R_U , $\acute{R}_U$= شعاع انحنای سطح تماس بالایی نمونه و صفحه فشارنده (mm)

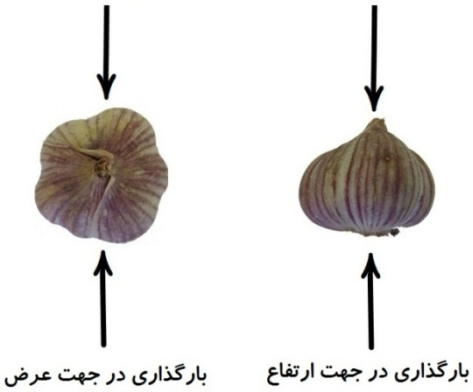
R_L , $\acute{R}_L$ = شعاع انحنای سطح تماس پایینی نمونه و صفحه فشارنده (mm)

K_U , K_L = مقادیر ثابت (که از طریق مقادیر شعاع انحناء محاسبه می‌شوند)

1. Tensile - compression Apparatus
2. SANTAM

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-24]

همچنین به منظور بررسی برخی خصوصیات بافت داخلی سیر، آزمون‌های فشاری روی نمونه‌های استوانه‌ای تهیه شده از بافت داخلی سیرچه‌ها انجام شد. برای استخراج نمونه‌ها از یک استوانه فلزی به قطر ۴ میلی‌متر و ضخامت دیواره ۰/۱۲ میلی-متر استفاده شد. برای این کار ابتدا سیرچه‌ها پوست کنده شده و سپس با فشاردادن وسیله نمونه‌گیر به داخل بافت سیر در راستای طولی و عرضی از بافت داخلی نمونه‌برداری شد. نمونه‌هایی به قطر۳/۸۸ میلی‌متر از سیرچه جدا گردید. سپس از این نمونه‌ها استوانه‌ای به ارتفاع ۶ میلی‌متر بطور دقیق جدا شد. بعد از استخراج نمونه‌ها آنها در راستای ارتفاع بین دو فک فشاری دستگاه آزمون کشش – فشار قرار داده شدند و بارگذاری روی نمونه در سرعت مورد نظر انجام گردید. برای تعیین ضریب کشسانی حقیقی در این دوره از آزمایش‌ها از رابطه $E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$ استفاده شد [۱۱]. با توجه به اینکه نمودار تنش – کرنش متناظر هر بارگذاری در دسترس بود لذا ضریب کشسانی حقیقی در هر نقطه دلخواه روی بخش خطی منحنی قابل محاسبه بود. در تمام نمونه‌های مورد بررسی معلوم شد نصف نیروی لازم برای گسیختگی در بخش خطی منحنی نیرو- تغییرشکل و پایین‌تر از نقطه تسلیم بیولوژیک قرار داشت و با توجه به اینکه آزمایش‌ها عینی بودند، برای تک تک منحنی‌ها این موضوع مورد بررسی قرار گرفت. ضریب کشسانی حقیقی در نقطه‌ای در نظرگرفته شد که نیروی موجود در آن نصف نیروی نقطه گسیختگی بود. برای انجام آزمون فشاری روی پیاز سیر، پیاز سیر در دو جهت ارتفاع و عرض مانند شکل ۲ در سرعت‌های ۱۰ ، ۶۰ و ۱۱۰ میلی‌متر در دقیقه در هر سه دوره انبارداری و در هر دوره در ۵ تکرار مورد آزمون قرار گرفت.



شکل۲ جهت بارگذاری روی پیاز سیر

برای انجام این آزمایش بعد از ثبت ابعاد اصلی و وزن هر نمونه، نمونه را بین دو فک با سطح صاف فشار دهنده دستگاه قرار داده و آزمایش انجام شد. نیروی لازم برای سست کردن پیاز سیر، نیرویی در نظر گرفته شد که در آن پس از باربرداری سیرچه‌ها در مجموعه پیاز سیر به شکل یک واحد مستحکم قرار نداشته و به صورت سست در کنار هم قرار گرفته‌اند بطوری که با یک بارگذاری خارجی دیگر احتمال جدا شدن سیرچه‌ها از مجموعه وجود دارد. این حالت در نمودار در حال نمایش دستگاه به شکل افت در مقدار نیرو مشهود می‌باشد.

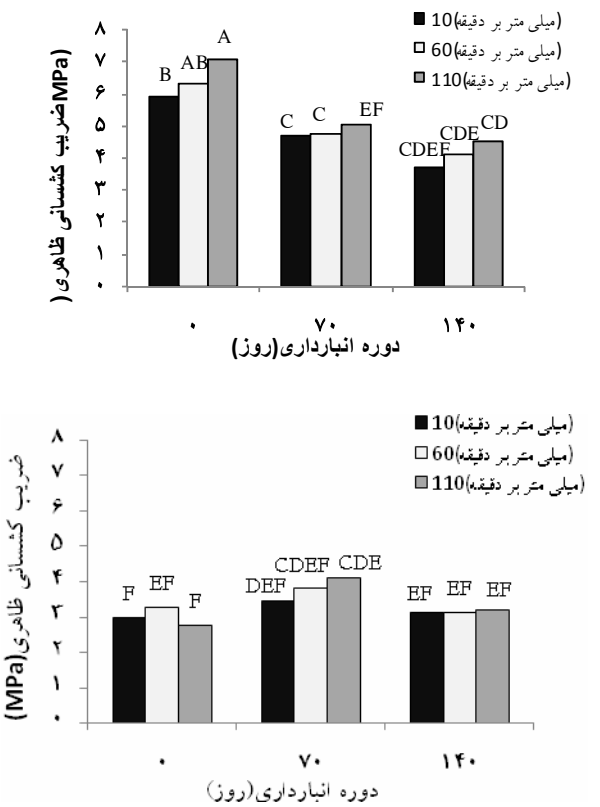
۳- نتایج و بحث

۳-۱- نتایج آزمون روی سیرچه کامل

نتایج حاصل از تجزیه واریانس متغیرهای مستقل بر ضریب کشسانی ظاهری روی سیرچه کامل، نشان داد که اثر اصلی عامل‌های دوره انبارداری، جهت بارگذاری و اثر متقابل دوتایی جهت بارگذاری در دوره انبارداری و نیز اثر متقابل سه‌تایی دوره انبارداری در سرعت بارگذاری در جهت بارگذاری اثر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد دارند. اما اثر سرعت بارگذاری، اثر متقابل دوتایی سرعت بارگذاری در دوره انبارداری و اثر متقابل دوتایی سرعت بارگذاری در جهت بارگذاری اثر معنی‌داری ندارد.

شکل۳ میانگین اثر متقابل سه‌تایی جهت بارگذاری، دوره انبارداری و سرعت بارگذاری بر ضریب کشسانی ظاهری سیرچه کامل به ترتیب هنگام بارگذاری در راستای عرضی (شکل۳- بالا) و در راستای ضخامت (شکل۳- پایین) نشان می‌دهد.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-24]



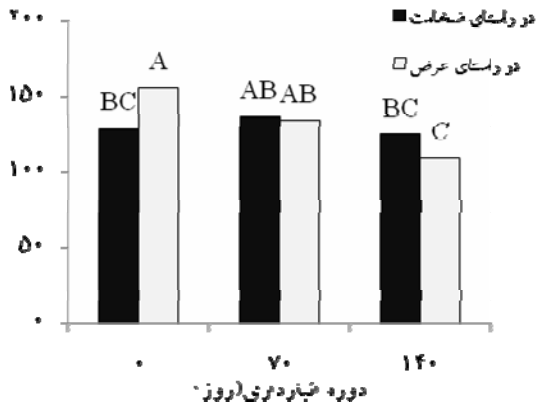
شکل۳ میانگین اثر متقابل سه‌تایی جهت بارگذاری، دوره انبارداری و سرعت بارگذاری بر ضریب کشسانی ظاهری سیرچه کامل به ترتیب هنگام بارگذاری در راستای عرضی (بالا) و در راستای ضخامت (پایین) در دوره انبارداری ۰، ۷۰ و ۱۴۰ روز پس از برداشت

انتظار می‌رود در هر دوره انبارداری با افزایش سرعت بارگذاری مقدار ضریب کشسانی ظاهری افزایش و نیز با طی زمان و تغییر در بافت محصول و نرم‌تر شدن آن ضریب کشسانی ظاهری کاهش یابد. ولی به علت اثرات متقابل تیمارها این روند در دوره انبارداری اول هنگام بارگذاری در راستای ضخامت در سرعت بارگذاری ۱۱۰ میلی‌متر بر دقیقه دیده نمی‌شود. بیشترین ضریب کشسانی ظاهری در دوره انبارداری اول هنگام بارگذاری در راستای عرضی و در سرعت بارگذاری ۱۱۰ میلی‌متر بر دقیقه به دلیل سرعت بارگذاری بالا و سفتی محصول به دلیل تازه بودن و کمترین مقدار آن برای دوره انبارداری سوم هنگام بارگذاری در راستای ضخامت در سرعت بارگذاری ۱۰ میلی‌متر بر دقیقه به دلیل سرعت بارگذاری پایین و نرم شدن محصول به دلیل رسیدگی می‌باشد. ضریب کشسانی ظاهری از مقدار میانگین ۴/۷۱ مگاپاسکال در دوره انبارداری اول تا مقدار میانگین ۳/۶۲ مگاپاسکال در دوره انبارداری سوم کاهش پیدا می‌کند که این روند با نتایج به دست آمده توسط کریشنا و ردی (۲۰۰۶) و ذکی دیزجی و مینایی (۲۰۰۷) مطابقت دارد.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نیروی لازم برای گسیختگی سیرچه کامل تحت بارگذاری فشاری نشان داد که اثر اصلی دوره انبارداری و اثر متقابل دوتایی دوره انبارداری در جهت بارگذاری در سطح احتمال ۱ درصد دارای اثر معنی‌داری بر مقدار نیروی لازم برای گسیختگی سیرچه هستند و همچنین اثر متقابل دوتایی سرعت بارگذاری در جهت بارگذاری در سطح احتمال ۵ درصد دارای اثر معنی‌داری بر مقدار نیروی لازم برای گسیختگی سیرچه می‌باشد. شکل ۴ مقایسه میانگین اثر متقابل دوتایی جهت بارگذاری و دوره انبارداری بر نیروی لازم برای گسیختگی را نشان می‌دهد. انتظار می‌رود با طی زمان و تغییر در بافت محصول و نرم‌تر شدن آن مقدار نیروی لازم برای گسیختگی سیرچه کامل تحت بارگذاری فشاری کاهش - یابد که طبق شکل ۴ تنها به دلیل اثر متقابل تیمار جهت بارگذاری، مقدار این نیرو با گذشت زمان از دوره اول انبارداری به دوره دوم هنگام بارگذاری در راستای ضخامت افزایش یافته است و در سایر موارد چه در هنگام بارگذاری در راستای ضخامت و چه در راستای عرضی نیروی لازم برای گسیختگی سیرچه کامل تحت بارگذاری فشاری کاهش می-یابد. افزایش قطر جوانه در داخل سیرچه در دوره انبارداری دوم و سوم نیروی لازم برای گسیختگی سیرچه کامل تحت بارگذاری فشاری را کاهش داده است. ضمن اینکه هنگام بارگذاری در جهت ضخامت در این دو دوره نیروی لازم برای گسیختگی بیشتر از بارگذاری در راستای عرض است. هر چند این تغییرات از لحاظ آماری معنی‌دار نیست و می‌توان به این نتیجه رسید که بافت سیر با گذشت زمان حالت همسان‌گرد به خود می‌گیرد. نتایج حاصل با نتایج تحقیقات ذکی دیزجی و مینایی (۲۰۰۷) مطابقت دارد.

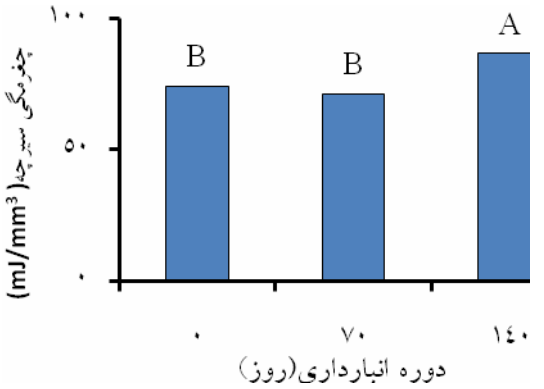
نتایج حاصل از تجزیه واریانس چغرمگی سیرچه کامل نشان داد که دوره انبارداری در سطح احتمال ۱ درصد بر روی مقدار چغرمگی سیرچه تاثیر معنی‌داری دارد و سایر عوامل مانند سرعت بارگذاری، جهت بارگذاری، اثرات متقابل دوتایی و اثر متقابل هرسه عامل تغییر دارای تاثیر معنی‌داری روی چغرمگی سیرچه ندارند.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-24]



شکل ۴ میانگین اثر متقابل دوتایی جهت بارگذاری و دوره انبارداری بر نیروی لازم برای گسیختگی سیرچه کامل تحت بارگذاری فشاری در دوره انبارداری ۰، ۷۰ و ۱۴۰ روز پس از برداشت

شکل۵ مقایسه میانگین چغرمگی سیرچه کامل طی آزمون فشاری را نشان می‌دهد. مقدار چغرمگی در دوره‌های انبارداری اول و دوم اختلاف معنی‌داری ندارد ولی با رسیدن به دوره انبارداری سوم مقدار چغرمگی بطور معنی‌داری نسبت به دو دوره دیگر افزایش می‌یابد. در نتایج کار مسعودی و همکاران (۲۰۰۵) که روی سه رقم سیب در ۶ دوره انبارداری یک ماهه انجام شد و نیز نتایج تحقیقات خزایی و همکاران (۲۰۰۳) نشان داد که چغرمگی یا به بیان دیگر انرژی لازم برای گسیختگی در واحد حجم با گذشت زمان و افزایش رطوبت نسبی محصول افزایش می‌یابد.



شکل۵ میانگین چغرمگی سیرچه کامل طی آزمون فشاری در دوره انبارداری ۰، ۷۰ و ۱۴۰ روز پس از برداشت

۳-۲- نتایج آزمون روی نمونه‌های استوانه‌ای

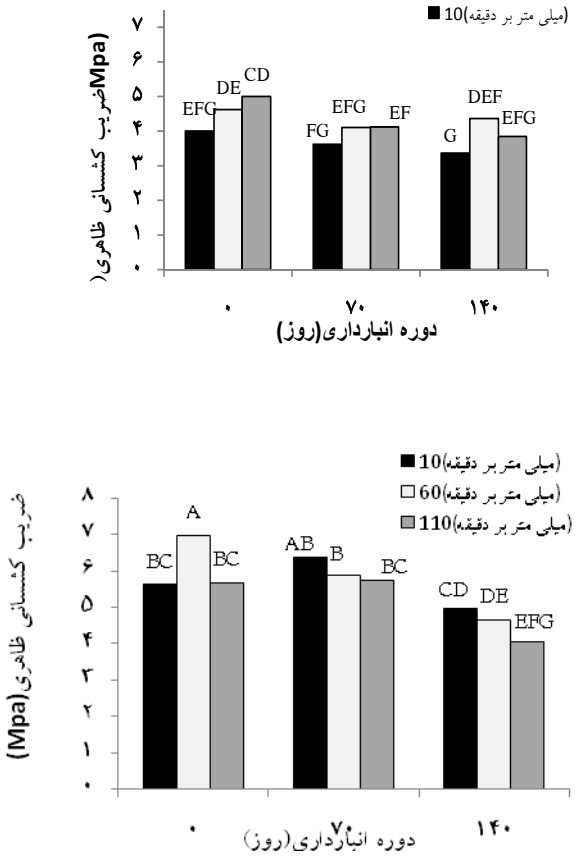
نتایج حاصل از تجزیه واریانس ضریب کشسانی حقیقی حاصل از آزمون‌های فشاری بر نمونه‌های استوانه‌ای تهیه شده از بافت سیرچه نشان داد که دوره انبارداری، سرعت بارگذاری، اثر متقابل دوتایی سرعت بارگذاری در دوره انبارداری، اثر متقابل دوتایی جهت نمونه‌گیری و دوره انبارداری و نیز اثر متقابل سه‌تایی سرعت بارگذاری در دوره انبارداری در جهت نمونه‌گیری اثر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد روی مقدار ضریب کشسانی حقیقی سیر دارند. اثر متقابل دوتایی سرعت بارگذاری و جهت نمونه‌گیری نیز اثر معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد روی مقدار ضریب کشسانی حقیقی سیر دارند. میانگین اثر متقابل سه‌تایی سرعت بارگذاری در دوره انبارداری در جهت نمونه‌گیری بر مقدار ضریب کشسانی حقیقی با آزمون مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن بررسی شد که نتایج آن در شکل ۶ نشان داده شده است.

همان‌طور که از شکل ۶ مشخص است مقدار میانگین ضریب کشسانی حقیقی هنگام بارگذاری در راستای موازی بر بافت سیر بیشتر از مقدار میانگین ضریب کشسانی حقیقی هنگام بارگذاری در راستای عمود بر بافت سیرچه است. ولی این اختلاف از لحاظ آماری معنی‌دار نیست و می‌توان گفت که عامل جهت نمونه‌گیری بر ضریب کشسانی حقیقی سیرچه تاثیر ندارد. همچنین از شکل ۶ می‌توان نتیجه گرفت که ضریب کشسانی حقیقی سیر با گذشت زمان کاهش می‌یابد و اثر جهت نمونه‌گیری و سرعت بارگذاری تاثیری بر این روند ندارد. کمترین و بیشترین مقدار ضریب کشسانی ظاهری به ترتیب ۲/۷۶۲ و ۷/۰۹۱ مگاپاسکال و کمترین و بیشترین مقدار ضریب کشسانی حقیقی برای نمونه‌های تهیه شده از بافت سیر به ترتیب برابر ۳/۶۲۷ و ۶/۹۸۱ مگاپاسکال شده است. این نتیجه صحت آزمایشات انجام شده در مورد ضریب کشسانی ظاهری را که بر روی نمونه سیرچه کامل انجام شده تایید می‌کند. مسعودی و همکاران (۲۰۰۵) آزمایش‌هایی را روی نمونه‌های استوانه‌ای استخراج شده از بافت سه رقم سیب گلدن دلشز[1]، رد دلشز[2] و گرنی اسمیت[3] در ۶ دوره انبارداری یک‌ماهه انجام دادند که نتایج حاصل از بررسی روند تغییرات

1 . Golden Delicious
2 . Red Delicious
3 . Granny Smith

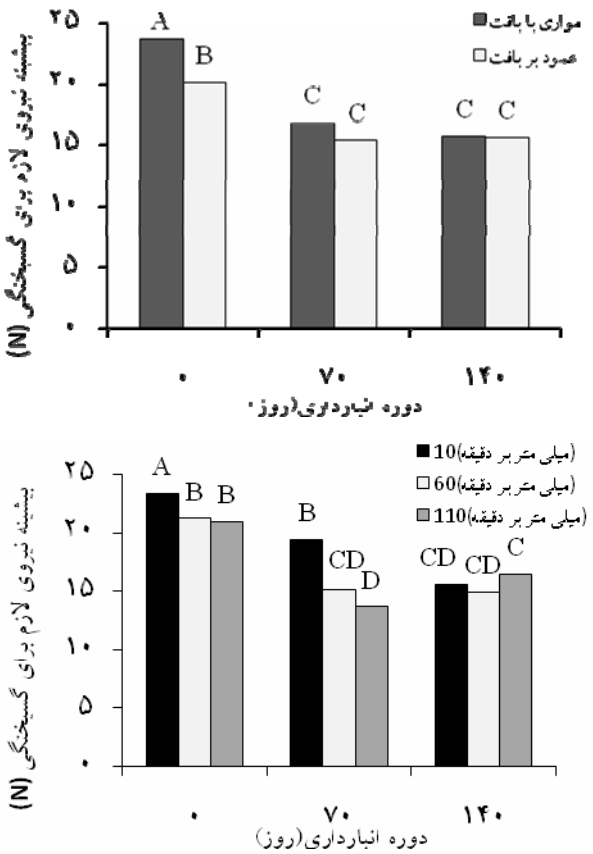
[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-24]

ضریب کشسانی حقیقی آن با نتایج به دست آمده در مورد سیر در این آزمایش‌ها مطابقت دارد.



شکل ۶ میانگین اثر متقابل سه‌تایی سرعت بارگذاری، دوره انبارداری و جهت نمونه‌گیری بر ضریب کشسانی حقیقی روی نمونه‌های استوانه‌ای تهیه شده از بافت سیر به ترتیب هنگام بارگذاری در راستای عمود(بالا) و در راستای موازی(پایین) بر بافت سیر در دوره انبارداری ۰، ۷۰ و ۱۴۰ روز پس از برداشت

نتایج حاصل از تجزیه واریانس بیشینه انرژی لازم برای گسیختگی نمونه استوانه‌ای تهیه شده از بافت سیر نشان داد که سه عامل سرعت بارگذاری، دوره انبارداری و جهت نمونه-گیری و نیز اثر متقابل دوتایی دوره انبارداری در سرعت بارگذاری و همچنین اثر متقابل دوتایی دوره انبارداری در جهت نمونه‌گیری دارای اثر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد روی مقدار بیشینه انرژی لازم برای گسیختگی نمونه استوانه‌ای دارند. شکل ۷ مقایسه میانگین اثر متقابل دوتایی دوره انبارداری در سرعت بارگذاری بر بیشینه نیروی لازم برای گسیختگی نمونه استوانه‌ای تهیه شده از بافت سیر را نشان می-دهد. همان‌طور که در شکل دیده می‌شود با گذشت زمان طی دوره انبارداری اول تا سوم بیشینه نیروی لازم برای گسیختگی نمونه استوانه‌ای کاهش می‌یابد.



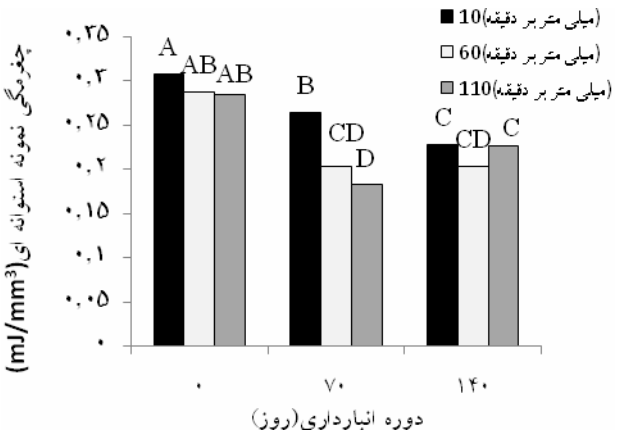
شکل۷ میانگین اثر متقابل دوتایی دوره انبارداری و سرعت بارگذاری و میانگین اثر متقابل دوتایی جهت نمونه‌گیری و دوره انبارداری بر بیشینه نیروی لازم برای گسیختگی نمونه استوانه‌ای تهیه شده از بافت سیر در دوره انبارداری ۰، ۷۰ و ۱۴۰ روز پس از برداشت

همچنین با توجه به شکل ۷ درمی‌یابیم که به جز دوره انبارداری اول، در دوره‌های دوم و سوم جهت نمونه‌گیری تاثیر معنی‌داری بر بیشینه نیروی لازم برای گسیختگی نمونه استوانه‌ای ندارد. همچنین با گذشت زمان مقدار بیشینه نیروی لازم برای گسیختگی نمونه استوانه‌ای در هر دو جهت نمونه-گیری کاهش می‌یابد به عبارت دیگر هرچه زمان انبارکردن بیشتر می‌شود و محصول به حالت رسیدگی می‌رسد بافت آن همسان‌گردتر می‌شود به صورتی که در جهت‌های مختلف ویژگی یکسانی بخود می‌گیرد. بافت داخلی سیرچه به دلیل وجود جوانه در داخل آن همگن نیست و با گذشت زمان و رشد جوانه ناهمگن تر نیز می‌شود اما همان‌طور که دیده شد

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-24]

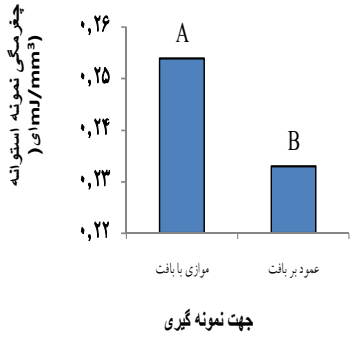
بافت داخلی سیرچه همسان‌گرد بوده و با گذشت زمان همسان‌گردتر می‌شود.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس چغرمگی نمونه استوانه‌ای تهیه شده از بافت سیر نشان داد که سه عامل سرعت بارگذاری، دوره انبارداری و جهت نمونه‌گیری و نیز اثر متقابل دوتایی دوره انبارداری و سرعت بارگذاری دارای اثر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد روی مقدار چغرمگی نمونه استوانه‌ای تهیه شده از بافت سیر دارند. شکل ۸ مقایسه میانگین اثر متقابل دوتایی دوره انبارداری و سرعت بارگذاری بر چغرمگی نمونه استوانه‌ای تهیه شده از بافت رانشان می‌دهد.



شکل۸ میانگین اثر متقابل دوتایی دوره انبارداری و سرعت بارگذاری بر چغرمگی نمونه استوانه‌ای تهیه شده از بافت سیر در دوره انبارداری ۰، ۷۰ و ۱۴۰ روز پس از برداشت

همان‌طور که از شکل ۸ مشخص است با گذشت زمان چغرمگی نمونه‌های استوانه‌ای تهیه شده از بافت سیر کاهش می‌یابد و این بدان معنی است که با گذشت زمان برای رسیدن به تغییرشکل مشخصی در نمونه‌های استوانه‌ای نیاز به صرف انرژی کمتری است که این مطلب با توجه به کاهش ضریب کشسانی حقیقی و نیروی لازم برای گسیختگی نمونه‌های استوانه‌ای انتظار می‌رفت. همچنین با توجه به شکل ۹ مقدار چغرمگی نمونه‌های استوانه‌ای تهیه شده از بافت سیر هنگام بارگذاری روی نمونه‌های تهیه شده از راستای عمود بر بافت بیشتر است.



شکل۹ میانگین چغرمگی نمونه استوانه‌ای تهیه شده از بافت سیر نسبت به جهت نمونه‌گیری

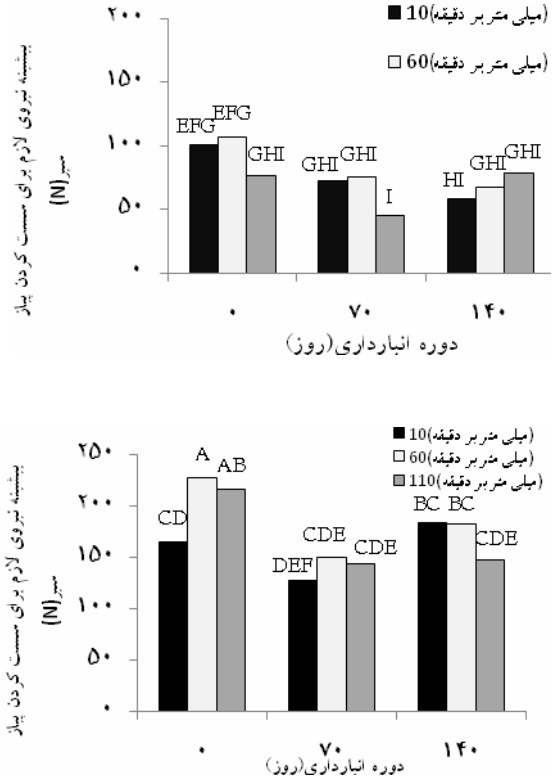
۳-۳- نتایج آزمون روی پیاز سیر

نتایج حاصل از تجزیه واریانس بیشینه نیروی لازم برای سست کردن پیاز سیر نشان داد که اثر اصلی عامل‌های دوره انبارداری، سرعت بارگذاری، جهت بارگذاری، اثر متقابل دوتایی جهت بارگذاری در دوره انبارداری، اثر متقابل سه‌تایی دوره انبارداری، سرعت بارگذاری و جهت بارگذاری روی بیشینه نیروی لازم برای سست کردن پیاز سیر در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شده است و اثر متقابل دوتایی سرعت بارگذاری در جهت بارگذاری و اثر متقابل دوتایی سرعت بارگذاری در دوره انبارداری، روی بیشینه نیروی لازم برای سست کردن پیاز سیر معنی‌دار نیست. به منظور تعیین سطح احتمال معنی‌دار بودن بین سطوح مختلف دوره انبارداری، سرعت و جهت بارگذاری بر مقدار سست کردن پیاز سیر از آزمون مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن، استفاده شده است.

مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌تایی سرعت بارگذاری در دوره انبارداری در جهت بارگذاری در شکل شماره ۱۰ نشان داده شده است. از شکل ۱۰ معلوم می‌شود که در تمام سطوح دوره انبارداری نیروی لازم برای سست کردن پیاز سیر هنگام بارگذاری در جهت عرضی کمتر از نیروی لازم برای سست کردن پیاز سیر هنگام بارگذاری در جهت ارتفاع است که این امر غیر همسان‌گرد بودن پیاز سیر را نشان می‌دهد. با گذشت زمان بیشینه نیروی لازم برای سست کردن پیاز سیر کاهش و در ادامه در دوره انبارداری سوم افزایش می‌یابد که همان‌طور که در شکل ۱۰ دیده می‌شود این افزایش معنی‌دار نیست. می‌توان دید که سطوح مختلف سرعت بارگذاری اثر معنی‌داری در مقدار نیروی لازم برای سست کردن پیاز سیر در هر دو جهت بارگذاری ندارد هر چند در دوره انبارداری اول حین بارگذاری در جهت ارتفاع این مقدار به دلیل اثرات متقابل

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-24]

تیمارها معنی‌دار شده است. عادل (۲۰۰۷) در تحقیقی مقدار نیروی لازم برای سست کردن پیاز سیر را در دامنه ۱۱۰ تا ۲۷۲ نیوتن در راستای افقی و ۱۰۱ تا ۳۲۰ نیوتن در راستای عمودی اعلام کرد ولی در آزمایش خود رطوبت محصول هنگام بارگذاری و سرعت بارگذاری را گزارش نکرده است. محدوده مقدار نیروی لازم برای سست کردن پیاز سیر در این پژوهش هنگام بارگذاری در راستای ارتفاع و در راستای عرض به ترتیب ۱۲۷/۰۲۳ تا ۲۲۸/۰۰۱ نیوتن و ۴۵/۵۲ تا ۱۰۶/۹۷ نیوتن اندازه‌گیری شد. این مقادیر تا حدی با مقادیر اندازه‌گیری شده توسط عادل (۲۰۰۷) متفاوت است که علاوه بر عامل دوره انبارداری، عامل رقم نیز می‌تواند در این اختلاف موثر باشد.



شکل ۱۰ میانگین اثر متقابل سه‌تایی سرعت بارگذاری، دوره انبارداری و جهت بارگذاری بر بیشینه نیروی لازم برای سست کردن پیاز سیر. بارگذاری در راستای عرضی(بالا) و در راستای ارتفاع(پایین) در دوره انبارداری ۰، ۷۰ و ۱۴۰ روز پس از برداشت

۴- نتیجه‌گیری و بحث

نتایج حاصل از این تحقیق عبارتند از

۱- در هر دوره انبارداری با افزایش سرعت بارگذاری مقدار ضریب کشسانی ظاهری افزایش می‌یابد و همواره نیروی لازم برای گسیختگی سیرچه کامل تحت بارگذاری فشاری هنگام بارگذاری در جهت ضخامت بیشتر از موقعی است که بارگذاری در راستای عرضی انجام می‌گیرد همچنین چغرمگی سیرچه کامل طی گذشت زمان افزایش می‌یابد. بنابر پارامترهای استخراج شده در این تحقیق برای صرف کمترین انرژی و همچنین داشتن بیشترین کیفیت غذایی محصول در آن دسته از فرآوری‌هایی که در آن محصول سیر باید گسیخته شود، دوره انبارداری اول و سرعت بارگذاری ۱۱۰ میلی‌متر در دقیقه مناسب است. همچنین در دوره انبارداری اول به علت اینکه محصول دارای سفتی بیشتر و چغرمگی کمتری است، انجام فرآوری‌هایی نظیر حمل و نقل و انبارداری احتمال ایجاد آسیب‌های مکانیکی را افزایش می‌دهد.

۲- با گذشت زمان مانند ضریب کشسانی ظاهری، ضریب کشسانی حقیقی نیز طی دوره انبارداری اول تا سوم کاهش می‌یابد و سرعت بارگذاری تاثیر معنی‌داری بر مقدار ضریب کشسانی حقیقی ندارد همچنین جهت نمونه‌گیری تاثیر معنی‌داری بر بیشینه نیروی لازم برای گسیختگی نمونه استوانه‌ای ندارد لذا می‌توان نتیجه گرفت که سیرچه در ابتدا دارای بافتی ناهمسان‌گرد بوده ولی با گذشت زمان و ایجاد تغییر در بافت و رسیدن محصول بافت داخل سیرچه خصوصیات همسان‌گرد به خود می‌گیرد.

۳- مقدار چغرمگی نمونه استوانه‌ای تهیه شده از راستای موازی بافت سیر (در راستای طول) بیشتر از هنگامی است که نمونه‌ها از راستای عمود بر بافت (در راستای عرض و یا ضخامت) تهیه می‌شوند ولی در مورد سیرچه کامل جهت بارگذاری تاثیر معنی‌داری بر مقدار چغرمگی سیرچه کامل ندارد و نیز با گذشت زمان چغرمگی سیرچه کامل بر خلاف نمونه‌های استوانه‌ای تهیه شده از بافت سیر، افزایش می‌یابد. این مطلب نشان می‌دهد که وجود جوانه و رشد آن در داخل سیرچه و افزایش حالت ناهمگنی در داخل آن با گذشت زمان، اثر مستقیمی روی چغرمگی سیرچه دارد و با اینکه بافت داخل آن دچار کاهش چغرمگی می‌شود ولی چغرمگی سیرچه کامل با گذشت زمان افزایش می‌یابد.

۴- نیروی لازم برای سست کردن پیاز سیر هنگام بارگذاری در جهت عرضی کمتر از نیروی لازم برای سست کردن پیاز سیر هنگام بارگذاری در جهت ارتفاع است لذا برای طراحی و بهینه‌سازی دستگاه‌هایی که از آن برای جداسازی سیرچه‌ها از پیاز سیر استفاده می‌شود، برای اینکه توان مصرفی برای جداسازی سیرچه‌ها از پیاز سیر کاهش یابد، پیشنهاد می‌شود بارگذاری در جهت عرض پیاز سیر انجام گیرد.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-24]

۵- منابع

[1]FAO, 2006. FAOSTAT. FAO International Statistical Software. Available at: http:// www.FAOSTAT.FAO.ORG.

[2] Abedi, M. 2006. Iran Green Agriculture Institute. Available from: *http://www.sbziran.ir*. [in Persian].

[3] Adel, H. B. 2007. Some physical and mechanical properties of garlic. Inter. J. of Food Engng, 3(6), Art. 7.

[4] Masoumi, A. A., Rajabipoor, A., Tabil, L. G., Akram, A. A. 2006. Physical attributes of garlic (Allium sativum L.). J. of Agri Sci tech, 8:15-23

[5] Haciseferogullari, H., Ozcan, M., Demir, F., Calısır, S. 2005. Some nutritional and technological properties of garlic (Allium sativum L.). J. of Food Engng, 68: 463–469.

[6] Kliçkan, A., Guner, M. 2008. Physical properties and mechanical behavior of olive fruits (Olea europaea L.) under compression loading. J. of Food Engng, 87: 222–228.

[7] Mas'oudi, H., Tabatabaeefar, A., Borghaee, A. M. 2005. Mechanical properties of stored apples. Iranian Journal of Agriculture Science, 11(3), 215-231.

[8] Mohsenin, N. N. 1978. Physical Properties of Plant and Animal Materials. 2st edn. Gordon and Breach, New York, NY

[9] Abbot, J. A., Lu, R. 1996. Anisotropic mechanical properties of applles. Trans. of the ASAE(1971): 1451-1459.

[10] ASAE Standards. 2001. Compression test of food materials of convex shape. *American Society of Agric. Engng, pp: 554-559.*

[11] Sitkei, G. 1986. Mechanics of Agricultural Materials. 1st end. Elsevier Science Pub. Co., New York.

[12] Krishna, K. S., Reddy, B. S. 2006. Post-harvest physico-mechanical properties of orange peel and fruit. J. of Food Engng, 73, 112-120.

[13] Zaki dizaji, H., Minaei, S. 2007. Determination of some of physical and mechanical properties of Chickpea Kernel. Iranian Journal of Food Science and Technology. 4(2): 57-66 [in Persian].

[14] Khazaei, J., Borghei, A. M., Rasekh, M. 2003. Determining the physical and mechanical properties of almond and it's kernel. Journal of Agricultural Science. Fall 2003; 9(3): 11-34 [in Persian].

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-24]

Some Mechanical Properties of Garlic

Rasekh, M.[*1] , Majdi, R.[2]

1- Assistant Professor, Department of Farm Machinery, Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili

2- M.Sc.Student of Farm Machinery, Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili

(Received: 88/2/12 Accepted: 88/8/23)

To determine some mechanical properties of garlic bulb and its cloves, some mechanical tests was performed on a variety of Talesh local garlic at three levels of storage period with 70-day intervals. Mechanical tests are performed on three levels of loading speed and three levels of storage period. Compressive tests were performed on bulb, cloves, and on cylindrical samples taken from the tissue of garlic cloves. According to analysis of variance based on factorial experiment in randomized complete block design, the value of module of elasticity, maximum force required to rupture and toughness of cloves were measured respectively 2.762MPa to 7.091MPa, 105.043N to 167.27N and 62.358mJ/mm^3 to 101.44mJ/mm^3 and also the value of young module of elasticity, the maximum force required to rupture and toughness of cylindrical samples taken from tissue of garlic cloves were measured 3.368MPa to 6.981MPa, 12.606N to 25.762N and 0.173mJ/mm^3 to 0.33mJ/mm^3 respectively. The ranges of value of force required to loosen the bulb, while loading along the height and width direction, were measured 127.023N to 228.001N and 45.52N to 106.97N respectively.

KeyWords: Garlic, Module of Elasticity, Storage period, Loading speed

* corresponding E-mail Address: ma_rasekh1349@yahoo.com.au

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-24]