

تغییرات بافت سیب زرد لبنانی در طی نگهداری در سردخانه تجاری تحت تاثیر تاریخ برداشت

فرناز نبی زاده^۱ و محسن اسمعیلی^{۲*}

تاریخ دریافت: ۸۹/۴/۱۳ تاریخ پذیرش: ۸۹/۷/۲۱

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه

۲- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه

*مسئول مکاتبه: E mail: esmailim@yahoo.ie

چکیده

تغییرات بافت در طی نگهداری به مدت سه ماه در سردخانه ای با دمای صفر درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۹۵٪ بررسی شد. نمونه های سیب، "وارپته زرد لبنانی" در پنج زمان متفاوت با فواصل زمانی یک هفته از ۲۶ شهریور ماه تا ۲۳ مهر ماه برداشت شدند. بدین منظور آنالیز شیمیایی و بافتی استفاده شد. در آنالیز شیمیایی اسیدیت، مواد جامد محلول (بریکس)، قند کل و قندهای احیا کننده تعیین شد. نمونه های سیب دو نیم شده و آنالیز بافت روی نیمه های با پوست و بدون پوست انجام گرفت. منحنی های نیرو - تغییر شکل از تست نفوذ و تست فشردن تک محوری تهیه گردید. با استفاده از این نمودارها خصوصیات تردی، نیروی گسیختگی پوست، نیروی گسیختگی گوشت، سفتی کل بافت، چقرمگی و مدول ارتجاعی محاسبه و مقایسه شد. نتایج نشان داد که طی نگهداری در سردخانه اسیدیت کاهش و بریکس، قند کل و قندهای احیا کننده افزایش یافتند. با افزایش زمان نگهداری مقدار ویژگی های مکانیکی کاهش یافت. کمترین تغییرات در نیروی گسیختگی گوشت و پوست و مدول ارتجاعی عموماً در نمونه های برداشت شده قبل از رسیدن کامل مشاهده گردید.

واژه های کلیدی: تست فشردن تک محوری، تست نفوذ، خصوصیات مکانیکی، سیب زرد لبنانی

Changes on Texture of Golden Delicious Apple during Storage in a Commercial Cooling Room Affected by Harvesting Date

F Nabizadeh¹ and M Esmaili^{2*}

Received: 10 July, 2010 Accepted: 13 October, 2010

¹MSc Student, Department of Food Science and Technology, Agricultural Faculty, Urmia University, Iran

²Assistance Professor, Department of Food Science and Technology, Agricultural Faculty, Urmia University, Iran

*Corresponding author: E mail: esmailim@yahoo.ie

Abstract

Apple samples (Golden delicious variety) were harvested at 5 different times at one-week intervals from September 17 to October 15. To evaluate the texture changes during three months storage in a cold room at 0°C and 95% RH, chemical and textural analyses were carried out. In chemical analysis, acidity, soluble solids (°Brix), total sugar and reducing sugar were determined. The samples were cut into two halves and texture analysis was performed on the halves in the form of "with and without skin". Force-deformation curves were obtained by carrying out uniaxial penetration and compression tests. Crispness, fracturability of the skin and hardness of the flesh, total firmness, toughness and modulus of elasticity were calculated and compared using the curves. The results showed that during the storage time, acidity decreased and Brix, total sugar and reducing sugar increased. The mechanical properties were decreased by increasing storage time. The smallest changes on the fracturability of the skin and hardness of the flesh and modulus of elasticity were generally observed for samples harvested before full maturation.

Keywords: Golden delicious apple , Mechanical properties, Penetration test, Uniaxial compression test

۱- مقدمه

بافت فاکتور مهمی در ارزیابی کیفی میوه‌ها و سبزیجات می باشد. گرچه اکثر مصرف کنندگان سبزیجات و میوه‌ها را با کیفیت میوه می دانند، ولی تحقیقات نشان داده اند که خصوصیات بافتی مهم تر از خواص طعمی هستند (کونوپاکا و پلوچارسکی ۲۰۰۴). برای تولید محصولی با کیفیت قابل قبول لازم است که به تغییرات بافت توجه شود و این مستلزم درک صحیح از فاکتورهای تاثیر گذار بر بافت می باشد. کیفیت سیب همانند سایر میوه‌ها به فاکتورهای زیادی از جمله وارپته، شرایط آب و هوایی طی رشد، میزان رسیدگی هنگام برداشت و شرایط انبارداری بستگی دارد (وارلا و همکاران ۲۰۰۷). از آنجاییکه سیب یکی از محصولات مهم

کشاورزی ایران در تامین مصرف داخلی و مواد اولیه صنایع تبدیلی بوده و یک محصول فصلی می باشد لذا برای مصرف در فصول مختلف سال در سردخانه نگهداری می شود و سیب وارپته زرد لبنانی که از وارپته های مهم در ایران می باشد؛ موقع برداشت سفت بوده اما طی نگهداری تمایل به نرم شدن نشان می دهد (ابوت و همکاران ۲۰۰۴). بنابراین به نظر می رسد طی نگهداری در انبار خواص مکانیکی آن تغییر کند. از این رو تعیین خواص مکانیکی سیب هایی که در زمان های مختلف در سردخانه بوده اند ضروری است. بسیاری از محققان رابطه نزدیک خواص مکانیکی مواد بیولوژیک را با ریزساختار این مواد تایید نموده اند (اوی و همکاران ۲۰۰۷، وارلا و همکاران ۲۰۰۷، آلامار و همکاران ۲۰۰۸ و

وارلا و همکاران (۲۰۰۸) از طریق آزمون های حسی، بافتی (تست نفوذ با دستگاه آنالایزر بافت) و شیمیایی عمر انباری سیب واریته فوجی^۴ را در دمای محیط بررسی نمودند. در آنالیز شیمیایی مشاهده نمودند که اسیدیته و نسبت پروتوپکتین به پکتین با گذشت زمان کاهش می یابد ولی مقدار مواد جامد محلول تغییر معنی داری نمی کند. در این مطالعه، نتایج نشان داده است که سفتی بافت سیب، تعداد پیک های منحنی، مدول ارتجاعی نمونه، طی نگهداری کاهش می یابند.

هدف مطالعه حاضر بررسی تغییرات خصوصیات شیمیایی و مکانیکی سیب زرد لبنانی تحت تاثیر زمان برداشت و مدت نگهداری در سردخانه تجاری، به منظور تعیین بهترین تاریخ برداشت از نقطه نظر کمترین تغییرات خواص مکانیکی و استفاده از نتایج طرح در کنترل کیفیت محصول در حین نگهداری می باشد.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- مواد

نمونه های سیب در پنج نوبت (با فواصل زمانی یک هفته از ۲۶ شهریور ماه تا ۲۳ مهر ماه) از یک باغ سیب در ارومیه برداشت گردید. در هر برداشت حدود ۲۵ کیلوگرم سیب چیده و کدگذاری شد. سه عدد از نمونه ها جهت آنالیز شیمیایی و سه عدد نیز برای آنالیز بافت انتخاب و به مدت ۲۴ ساعت قبل از آزمایش در یخچال نگهداری شد. بقیه نمونه ها درون جعبه های چوبی با استفاده از کاغذ روغنی بسته بندی و بلافاصله به سردخانه با دمای صفر درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۹۵٪ انتقال یافت. نمونه ها به مدت سه ماه در سردخانه نگهداری شد و در این مدت سه بار با فواصل زمانی یک ماه و در سه تکرار مورد آزمایش شیمیایی و بافتی قرار گرفتند.

بیلی و همکاران (۲۰۰۸). علاوه بر ساختار دیواره سلولی، فشار تورژسانس نیز اثر مهمی بر سفتی و مقاومت بافت دارد. در میوه ها یا سبزیجات با از دست رفتن آب یا توقف تنفس، فشار تورژسانس کاهش می یابد در نتیجه بافت پژمرده می شود (آگیلا و استتلی ۱۹۹۹). از طرفی بدلیل اهمیت اقتصادی مواد غذایی و افزایش سطح مکانیزاسیون و اتوماسیون در عملیات کشاورزی، طراحی مناسب ماشین آلات و فرآیندهای کاشت، داشت، جابجایی و نگهداری محصولات کشاورزی نیازمند دانستن خواص فیزیکی آنها است (محسنین ۱۹۸۶).

زمان و شرایط انبارداری سیب تاکنون موضوع بسیاری از مطالعات بوده است. خواص مکانیکی دو واریته سیب (گرانی اسمیت و زرد لبنانی) طی نگهداری در $20^{\circ}C$ با تست های نفوذ و فشردن تک محوری و اندازه گیری دینامیکی رئولوژیکی بررسی شده است و پارامترهای چقرمگی و مدول ارتجاعی و مدول ذخیره و مدول افت محاسبه شده و نتایج نشان داده است که این پارامترها با گذشت زمان کاهش یافته اند (وارلا و همکاران ۲۰۰۷).

خواص مکانیکی سه واریته سیب (زرد لبنانی، قرمز لبنانی، گرانی اسمیت) طی شش ماه نگهداری در $5-4^{\circ}C$ با تست فشردن تک محوری بررسی شده است (مسعودی و همکاران ۲۰۰۷). بدین منظور از *Universal Testing Machine* استفاده شده و پارامترهای تنش گسیختگی^۱، کرنش گسیختگی^۲، چقرمگی، انرژی گسیختگی^۳ و مدول ارتجاعی سیب های زرد و قرمز لبنانی و گرانی اسمیت محاسبه گردیده است. این گزارش حاکی از آن است که با گذشت زمان تمام مقادیر اندازه گیری شده کاهش می یابد و سیب زرد لبنانی کرنش گسیختگی بالاتری نشان داده است و همچنین خواص مکانیکی آن بطور ناگهانی تغییر می کند.

¹ Failure stress

² Failure strain

³ Failure energy

۲-۲- روش‌ها

۲-۲-۱ آزمون شیمیایی

قبل از آزمون، آب سه نمونه سیب تهیه، مخلوط و همگن شد (جها و همکاران ۲۰۰۶ و وارلا و همکاران ۲۰۰۸). مواد جامد محلول کل با استفاده از یک رفاکتومتر دیجیتالی و با واحد درجه بریکس تعیین شد. اسیدیته از طریق تیتراسیون آب سیب با سود ۰/۱ نرمال تا pH ۸/۱ با استفاده از یک pH متر دیجیتالی تعیین و نتایج بر حسب گرم اسید مالیک در صد گرم نمونه بیان شد. قندهای احیاکننده و قند کل مخلوط آب سیب به روش لین و اینون^۶ اندازه گیری و با واحد گرم در صد گرم تعیین شد. (استاندارد ملی ایران به شماره ۲۶۸۵). کلیه اندازه گیری‌ها با سه تکرار انجام و میانگین ارقام محاسبه گردید.

۲-۲-۲ تست نفوذ

تست نفوذ با استفاده از دستگاه آنالایزر بافت (TA.XT Plus) انجام گرفت. بدین منظور سه عدد از سیب‌ها بطور تصادفی انتخاب شده و با چاقوی تیز با دقت زیاد دو نیم شد. برای آزمایش پوست یک نیمه از سیب‌ها به ضخامت ۱ میلی متر جدا گردید. نیمه دیگر با پوست سالم مورد آزمایش قرار گرفت و میانگین کمیت‌های مورد مطالعه محاسبه گردید. به دلیل خصوصیات غیر ایزوتروپیک گوشت سیب، آزمون نفوذ فقط در جهت عمود بر مرکز هندسی میوه انجام گرفت. برای انجام آزمایش از پروب استوانه‌ای فولادی به قطر ۲ میلی متر استفاده شد. سرعت حرکت پروب در ۱ میلی متر/ثانیه و عمق نفوذ آن تا ۲۰ میلی متر تنظیم گردید. بدین ترتیب دو نوع نمودار نیرو - تغییر شکل با دقت نیروی ۰/۰۰۱ t گرم و جابجایی ۰/۰۰۱ t میلی متر برای نیمه‌های با پوست (شکل ۱) و بدون پوست (شکل ۲) تهیه شد. با مطالعه این نمودارها کمیت‌های زیر محاسبه گردید:

(۱) تردی و شکنندگی (P)

(۲) نیروی گسیختگی پوست^۷ (F_f)(۳) نیروی گسیختگی گوشت^۸ (F_h)(۴) سفتی یا سختی کل بافت^۹ (Grad)(۵) چقرمگی^۹ (W_1)

نحوه محاسبه و تعریف هر یک از کمیت‌ها در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱ - روش محاسبه و تعریف فاکتورهای بافتی.

فاکتور	روش محاسبه	تعریف فاکتور
P	تعداد پیکها در منحنی	بیانگر تردی و شکنندگی بافت
F_f	اولین پیک در منحنی	نیروی لازم برای ایجاد نمونه‌های با پوست
F_h	حداکثر نیرو در منحنی	نیروی لازم برای ایجاد نمونه‌های با و بدون پوست
Grad	شیب قسمت خطی منحنی	سفتی یا سختی کل نمونه‌های با پوست
W_1	مساحت سطح زیر منحنی نمونه‌های با و بدون پوست	چقرمگی یا کار لازم برای نفوذ به میزان ۱۰ میلی متر در بافت

۲-۲-۳ آزمون فشردن تک محوری

پس از آزمون نفوذ، به منظور تعیین مدول ارتجاعی بر اساس معادله شماره یک، یک قطعه مکعبی با ابعاد ۱ سانتی متر از بخش سالم نیمه‌های سیب تهیه شد بدین ترتیب سه قطعه نمونه با پوست سالم و سه قطعه بدون پوست مورد آزمون فشردن قرار گرفت. با استفاده از پروب با قطر ۲۵ میلی متر به مقدار ۱ میلی متر نمونه‌ها فشرده شدند. در این آزمون میانگین شیب منحنی نیرو -

⁶ Fracturability⁷ Hardness⁸ Firmness⁹ Toughness⁵ Lane & Inon

جدول ۲ - میانگین پارامترهای شیمیایی سیب زرد لبنانی طی برداشت های متفاوت و طی سه دوره نگهداری.

شماره برداشت	زمان (روز)	بریکس (g/100g)	قندهای احیاکننده (g/100g)	قند کل (g/100g)	اسیدیته (g/100g)
۱	۱	۱۰/۸۳	۵/۸۹	۷/۱۲	۰/۵۹
	۳۰	۱۱/۴۳	۶/۵۷	۹/۵۶	۰/۳۳
	۶۰	۱۱/۶۹	۷/۴۱	۱۰/۶۹	۰/۲۸
	۹۰	۱۲/۰۹	۷/۴۴	۱۰/۷۸	۰/۲۸
۲	۱	۱۲	۶/۱۵	۱۱/۴۵	۰/۵۷
	۳۰	۱۲/۵۵	۷/۱۹	۱۲/۶۶	۰/۵۱
	۶۰	۱۲/۹۳	۷/۸۳	۱۲/۹۲	۰/۳۸
	۹۰	۱۳/۰۰	۸/۱۳	۱۳/۶۶	۰/۳۵
۳	۱	۱۳/۶۲	۶/۲۱	۱۲/۳۵	۰/۵۸
	۳۰	۱۳/۴۱	۶/۲۵	۱۲/۸۲	۰/۴۵
	۶۰	۱۴/۳۱	۷/۱۸	۱۳/۸۶	۰/۴۳
	۹۰	۱۴/۳۲	۷/۳۹	۱۳/۹۴	۰/۴۲
۴	۱	۱۴/۲۱	۷/۶۸	۱۲/۴۹	۰/۵۷
	۳۰	۱۴/۳۸	۷/۷۴	۱۲/۶۳	۰/۴۱
	۶۰	۱۴/۶۷	۷/۸۹	۱۳/۹۰	۰/۳۸
	۹۰	۱۴/۷۷	۷/۹۷	۱۳/۶۸	۰/۳۳
۵	۱	۱۵/۶۲	۸/۵۰	۱۳/۹۲	۰/۵۳
	۳۰	۱۶/۰۰	۸/۵۸	۱۳/۹۳	۰/۴۷
	۶۰	۱۶/۷۳	۹/۱۴	۱۵/۴۲	۰/۴۵
	۹۰	۱۶/۷۶	۹/۳۹	۱۵/۵۱	۰/۳۴

۲-۳ تست نفوذ

در تست نفوذ پروب به داخل نمونه نفوذ کرده و نیروی مورد نیاز برای رسیدن به عمق نفوذ مشخص اندازه گیری می شود. هم نیروی برشی و هم نیروی فشرشی در این تست درگیر هستند (وارلا و همکاران ۲۰۰۷). شکل ۱ و ۲ منحنی های نیرو - تغییر شکل آزمون نفوذ اولین سری برداشت را در روز برداشت و در طی سه ماه نگهداری در سردخانه برای هر دو حالت با پوست و بدون پوست نشان می دهد. منحنی های نیرو - تغییر شکل حاصل از آزمون های زمان برداشت دارای تعداد زیادی پیک می باشند که به علت شکستگی هایی است که طی نفوذ در بافت رخ می دهد (وینسنت

تغییر شکل (با محاسبه کرنش) برای سه نمونه با پوست و سه نمونه بدون پوست محاسبه شد.

$$E = \sigma / \varepsilon \quad [1]$$

که E مدول ارتجاعی (N/m^2)، σ تنش نرمال (N/m^2) و ε کرنش (m/m) می باشد.

۲-۲-۴ تجزیه آماری

تجزیه آماری داده ها با استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه در سطح معنی دار ۵٪ انجام شد. برای مطالعه اختلاف میانگین ها، حداقل اختلاف معنی دار با استفاده از آزمون فیشر محاسبه گردید.

۳- بحث و نتایج

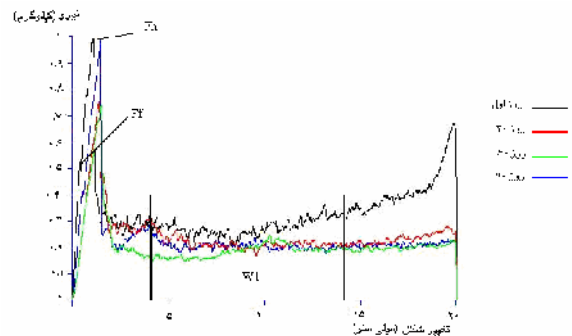
۳-۱- آزمون شیمیایی

جدول ۲ میانگین اندازه ویژگی های شیمیایی را نشان می دهد. نتایج آنالیز شیمیایی حاکی از آن است که مقادیر اسیدیته طی رسیدن سیب روی درخت و همچنین طی انبادهاری کاهش می یابد. سیب یک میوه فرازگرا بوده و فرآیند تنفس طی انبادهاری ادامه می یابد و اسیدهای آلی به هنگام رسیدن در اثر تنفس و یا تبدیل به قندها کاهش می یابند. اسیدها را می توان به عنوان منبع اندوخته انرژی میوه به شمار آورد (راحمی ۱۳۸۲). مواد جامد محلول به علت شکسته شدن کربوهیدرات های پلی مری به مولکول های کوچکتر محلول در آب هنگام رسیدن افزایش می یابد. این نتایج مشابه نتایج بدست آمده توسط وارلا و همکاران (۲۰۰۸) در مورد سیب واریته فوجی می باشد. قند کل و قندهای احیا کننده نیز با شکسته شدن کربوهیدراتها به ویژه نشاسته به قندها همچنین تبدیل اسیدها به قندها افزایش می یابند. این نتایج نشان دهنده تغییر ترکیبات شیمیایی سیب در سردخانه می باشد.

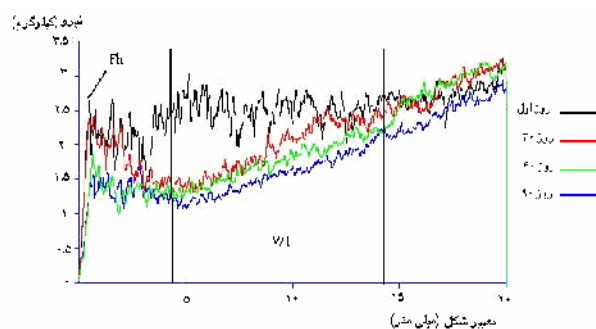
است که مقدار این ویژگی از برداشت اول تا چهارم افزایش و سپس کاهش می‌یابد. نیروی گسیختگی پوست می‌تواند نشان‌دهنده سفتی یا سختی پوست سیب باشد.

شکل ۴ و ۵ به ترتیب میانگین مقادیر نیروی گسیختگی گوشت را برای نمونه‌های با پوست و بدون پوست نشان می‌دهد. مقدار این نیرو می‌تواند نماینده سفتی گوشت سیب تلقی گردد. با افزایش زمان نگهداری این کمیت کاهش و طی برداشت‌های متوالی افزایش می‌یابد. هنگام رسیدن میوه به تدریج پروتوپکتین شکسته شده و به اجزای کوچکتری با وزن مولکولی کمتر که محلول در آب هستند، تبدیل می‌شود. میزان تجزیه ترکیبات پکتینی رابطه مستقیمی با میزان نرم شدن میوه دارد (منیعی ۱۳۸۰ و راحمی ۱۳۸۲). از سوی دیگر طی رسیدن سیب روی درخت جذب آب و ماده‌سازی نیز انجام می‌گیرد. بنظر می‌رسد در مراحل ابتدایی رسیدن میوه روی درخت، سرعت ماده‌سازی و جذب آب و افزایش فشار تورژسانس ناشی از آن بالاتر از سرعت تجزیه مواد می‌باشد و با گذشت زمان سرعت تجزیه مواد افزایش می‌یابد. از اینرو همانطوریکه شکل‌های ۳ و ۴ و ۵ نشان می‌دهند نیروی گسیختگی پوست و گوشت نمونه‌ها در طی رسیدن میوه روی درخت (برداشت‌های متوالی) افزایش یافته‌اند. ولی این روند افزایشی تا مرحله‌ای از رسیدن ادامه می‌یابد و پس از مدتی در اثر شکسته شدن کربوهیدرات‌های پلی‌مری، بویژه ترکیبات پکتینی و همی سلولز، دیواره سلولی و نیروهایی که سلول‌ها را به هم پیوند می‌دهند تضعیف می‌شوند و در نتیجه مقدار این پارامتر کاهش می‌یابد. چنانکه در شکل ۳ مشاهده می‌شود نیروی گسیختگی پوست در برداشت آخر کاهش یافته است. از آنجا که سیب یک میوه فرازگرا می‌باشد پس از چیده شدن به حیات خود ادامه داده و تا موقعی که به حد متلاشی شدن و مرگ می‌رسد تنفس می‌کند و تغییراتی در اثر این تنفس در ترکیبات درونی آن بوجود می‌آید. در مرحله انبارداری فرآیند جذب آب

این ویژگی نشان‌دهنده ترد و شکننده بودن بافت محصول است. با افزایش زمان نگهداری پیک‌ها حذف و منحنی‌ها صاف‌تر می‌شوند. در نمودار نمونه‌های با پوست یک پیک اضافی در ابتدا دیده می‌شود که مربوط به شکافته شدن پوست در موقع نفوذ است (شکل ۱ و ۲).



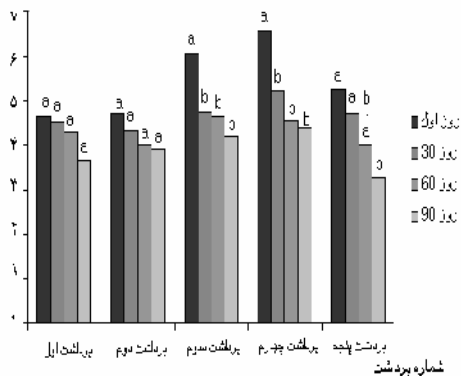
شکل ۱ - نمودار نیرو - تغییر شکل در تست نفوذ سیب زرد لبنانی برای نمونه‌های با پوست.



شکل ۲ - منحنی نیرو - تغییر شکل در تست نفوذ سیب زرد لبنانی برای نمونه‌های بدون پوست.

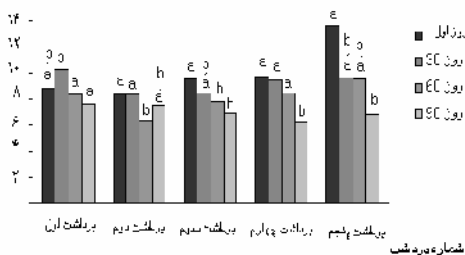
در شکل ۱ مشاهده می‌شود که با افزایش زمان نگهداری نیروی گسیختگی گوشت و پوست، شیب قسمت خطی منحنی، چقرمگی کاهش می‌یابد. این روند تغییرات در تمام برداشت‌ها دیده می‌شود. شکل ۲ میانگین مقادیر نیروی گسیختگی پوست را طی نگهداری و برداشت‌های متوالی و همچنین تفاوت‌های آماری آنها را نشان می‌دهد. همانگونه که در شکل مشاهده می‌شود نیروی گسیختگی پوست (مقاومت پوست سیب در مقابل نیروی اعمال شده) در تمامی برداشت‌ها در زمان انبارداری کاهش می‌یابد. از طرفی نتایج آزمون‌ها حاکی از آن

شکل ۳- نیروی گسیختگی پوست انبارداری



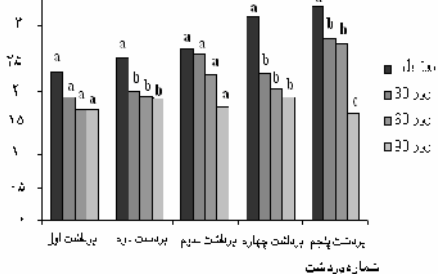
شکل ۳ - نیروی گسیختگی پوست سیب زرد لبنانی در نمونه های با پوست طی انبارداری و برداشت های متوالی (حروف مشابه روی ستون ها نشان می دهد که تفاوت معنی دار بین آنها وجود ندارد ($P>0.05$)).

شکل ۴- نیروی گسیختگی گوشت (نیروی)



شکل ۴ - نیروی گسیختگی گوشت سیب زرد لبنانی در نمونه های با پوست طی انبارداری و برداشت های متوالی (حروف مشابه روی ستون ها نشان می دهد که تفاوت معنی دار بین آنها وجود ندارد ($P>0.05$)).

شکل ۵- نیروی گسیختگی گوشت (نیروی)



شکل ۵ - نیروی گسیختگی گوشت سیب در نمونه های بدون پوست طی انبارداری و برداشت های متوالی (حروف مشابه روی ستون ها نشان می دهد که تفاوت معنی دار بین آنها وجود ندارد ($P>0.05$)).

و مواد وجود ندارد و فقط تجزیه مواد در اثر تنفس صورت می گیرد. همچنانکه در شکل های ۳ و ۴ و ۵ دیده می شود این دو کمیت در مدت نگهداری در سردخانه به سرعت کاهش می یابند.

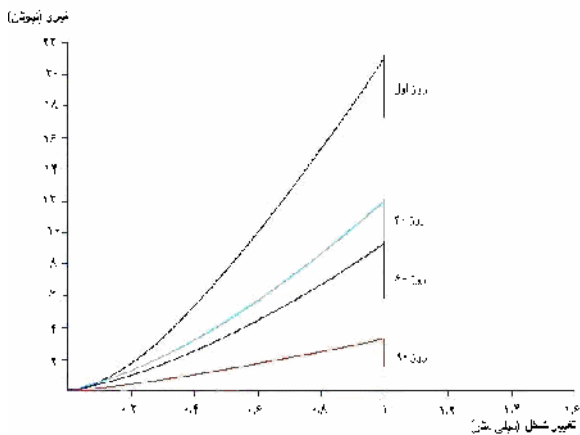
شکل ۶ میانگین مقادیر شیب قسمت خطی منحنی های نیرو - تغییر شکل نمونه های با پوست را نشان می دهد. این کمیت که بیانگر سفتی کل بافت سیب می باشد در زمان انبارداری کاهش می یابد. با ملاحظه شکل ۶ دیده می شود که این کمیت تا برداشت سوم افزایش و سپس کاهش یافته است و در برداشت سوم دارای بیشترین مقدار می باشد.

شکل ۷ و ۸ به ترتیب میانگین مقادیر چقرمگی را برای نمونه های با پوست و بدون پوست نشان می دهد. این کمیت در تمامی برداشت ها در زمان انبارداری کاهش می یابد. بر اساس آنالیز آماری تغییر چقرمگی طی رسیدن سیب روی درخت قابل توجه و معنی دار نمی باشد ($P>0.05$) و از روند خاصی نیز پیروی نمی کند.

سیب وارسته زرد لبنانی در جدار مومی خود دارای شکافهای ریزی می باشد که به چشم دیده نمی شود. این شکاف ها غیر از روزنه های عدسک ها می باشند و باعث می شوند این رقم بعد از چیده شدن به سرعت رطوبت خود را از دست دهد (منبعی ۱۳۸۰). در چنین شرایطی فشار تورژسانس کاهش یافته و میوه تازگی و آبداری خود را از دست می دهد لذا تردی (تعداد پیک ها)، نیروی گسیختگی پوست و گوشت، سفتی بافت و چقرمگی طی انبارداری کاهش می یابد.

۳-۳- تست فشردگی

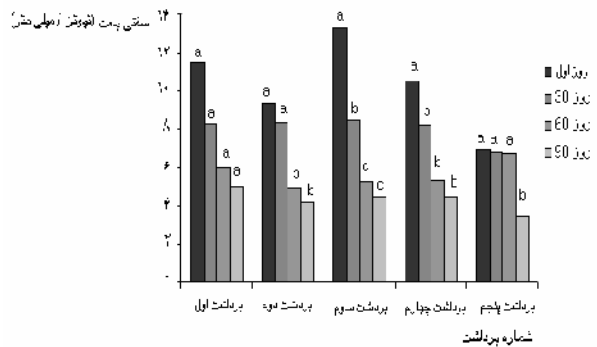
فشردگی تک محوری تست ساده ای است که در آن نیرویی روی محور عمودی برای تغییر شکل نمونه بکار می رود. در این آزمون مدول ارتجاعی یا مدول یانگ از تقسیم کردن مقدار تنش بر کرنش (شیب قسمت خطی اولیه منحنی نیرو - تغییر شکل در تست فشردگی) قابل محاسبه است. این خصوصیت برای تعیین خواص رئولوژیکی مواد ضروری است (رامانا و تیلور ۱۹۹۲ و بو کنتراس و رائو ۲۰۰۲). شکل ۹ منحنی های نیرو - تغییر شکل را نوعاً برای چهار زمان نگهداری را در برداشت اول برای نمونه های بدون پوست نشان می دهد.



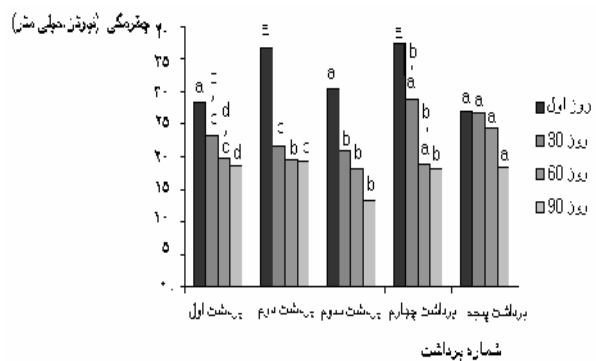
شکل ۹ - منحنی نیرو - تغییر شکل در تست فشردگی تک محوری سیب زرد لبنانی در زمان برداشت و طی سه ماه نگهداری.

همچنانکه در این شکل مشاهده می شود شیب قسمت خطی منحنی ها با افزایش زمان نگهداری کاهش یافته است. کاهش مدول یانگ (ارتجاعی) نیز مانند فاکتورهای محاسبه شده قبلی بیانگر نرم شدن و آردی شدن سیب طی انبارداری می باشد. به عبارتی با تجزیه پروتوپکتین و در نتیجه تخریب دیواره سلولی، بافت نرم شده و مدول یانگ کاهش می یابد.

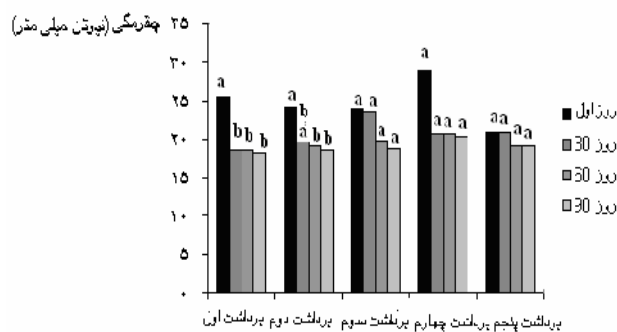
مدول ارتجاعی جزء خواص فیزیکی مهم در تعیین خواص رئولوژیکی مواد ویسکوالاستیک می باشد. از طرفی سفتی پوست و گوشت سیب نیز فاکتورهای بافتی



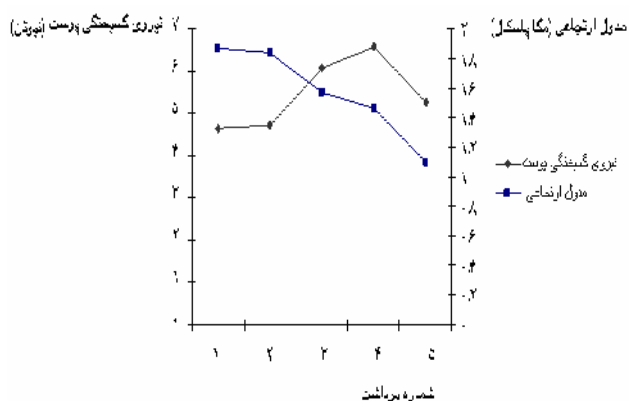
شکل ۶ - سفتی بافت سیب زرد لبنانی طی انبارداری و برداشت های متوالی (حروف مشابه روی ستون ها نشان می دهد که تفاوت معنی دار بین آنها وجود ندارد $(P>0.05)$).



شکل ۷ - چقرمگی سیب زرد لبنانی در نمونه های بدون پوست طی انبارداری و برداشت های متوالی (حروف مشابه روی ستون ها نشان می دهد که تفاوت معنی دار بین آن ها وجود ندارد $(P>0.05)$).



شکل ۸ - چقرمگی سیب زرد لبنانی در نمونه های با پوست طی انبارداری و برداشت های متوالی (حروف مشابه روی ستون ها نشان می دهد که تفاوت معنی دار بین آن ها وجود ندارد $(P>0.05)$).

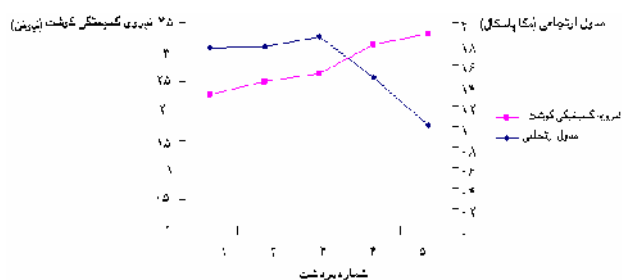


شکل ۱۱ - منحنی تغییرات مدول ارتجاعی و نیروی گسیختگی پوست سیب زرد لبنانی در نمونه های با پوست طی برداشت های متوالی.

با توجه به اینکه شیب قسمت خطی منحنی نیرو- تغییر شکل نمونه های با پوست بیانگر سفتی یا سختی تمامیت نمونه می باشد. بنابراین فاکتور مؤثری در مشتری پسندی میوه می باشد. با توجه به شکل ۶ این کمیت در برداشت سوم بیشترین می باشد. شیب تغییرات پارامترهای چقرمگی و نیروی گسیختگی گوشت (نمونه های با و بدون پوست) و نیروی گسیختگی پوست در دوره انبارداری، طی برداشت های متوالی افزایش می یابد و در نمونه های نارس شدت تغییرات کمتر است. به عبارتی با رسیدن میوه شدت تغییرات این فاکتورهای فیزیکی افزایش می یابد. تغییر تعداد پیک ها و نسبت اسید به قند طی انبارداری نمونه های برداشت سوم و چهارم کمترین می باشد. بنابراین با توجه به نتایج بدست آمده، چنانکه هدف نگهداری سیب در سردخانه باشد به منظور حفظ بافت آن و ایجاد کمترین تغییرات خصوصیات مکانیکی لازم است که این میوه کمی قبل از رسیدن کامل برداشت شود. در این تحقیق با توجه به شکل های ۱۰ و ۱۱ به نظر می رسد برداشت سوم که در تاریخ نهم مهر ماه انجام گرفته بود؛ مناسب ترین تاریخ برداشت برای رقم مورد مطالعه بوده است. بطور معمول سیب زرد لبنانی برحسب مناطق از اواخر شهریور تا اواخر مهر ماه برداشت می شود. در ارومیه بسته به

مهمی در تعیین مقبولیت کیفیت محصول و نیز تعیین زمان برداشت و عمر انبارداری می باشند. شکل ۱۰ تغییرات مدول یانگ و نیروی گسیختگی گوشت نمونه های بدون پوست را در مدت رسیدن در روی درخت نشان می دهد. همانطور که در شکل مشاهده می شود مدول یانگ تا برداشت سوم افزایش و سپس کاهش می یابد (همانند فاکتور سفتی کل بافت). با توجه به اینکه در اوایل رسیدن سیب روی درخت سرعت ماده سازی بیش از سرعت تنفس میوه می باشد؛ از اولین زمان برداشت تا سومین برداشت مدول یانگ افزایش یافته، پس از آن با افزایش مواد جامد محلول و کاهش مقدار نشاسته و پروتوپکتین دیواره سلولی مدول یانگ کاهش می یابد. به نظر می رسد افزایش و کاهش مدول یانگ ارتباط مستقیم با توسعه و تغییر دیواره های میانی سلول داشته باشد.

با توجه به منحنی بدست آمده در شکل ۱۰، در زمان بین برداشت سوم و چهارم، این دو پارامتر در بهترین مقادیر خود می باشند. در برداشت های قبلی، سفتی گوشت بسیار پایین و در برداشت های آخر، مدول ارتجاعی پایین می باشد. همچنین بررسی تغییرات نیروی گسیختگی پوست و مدول ارتجاعی در نمونه های با پوست طی رسیدن نیز نشان می دهد که این دو کمیت تقریباً در برداشت سوم شرایط بهتری دارد و مدول ارتجاعی پوست طی برداشت های متوالی کاهش می یابد (شکل ۱۱).



شکل ۱۰ - منحنی تغییرات مدول یانگ و نیروی گسیختگی گوشت سیب زرد لبنانی در نمونه های بدون پوست طی برداشت های متوالی.

تخریب دیواره میانی بافت نرم می شود. مدول ارتجاعی گوشت میوه تا مرحله ای از رسیدن سیب روی درخت که سرعت ماده سازی بالا است افزایش، و با شروع مرحله تجزیه پروتوپکتین دیواره سلولی کاهش می یابد. با توجه به منحنی تغییرات مدول یانگ و سفتی پوست و گوشت طی رسیدن سیب روی درخت و همچنین کمترین تغییرات پارامترهای سفتی پوست و گوشت و چقرمگی و تعداد پیک ها و نسبت اسید به قند طی انبارداری می توان نتیجه گرفت که به منظور حفظ بافت سیب در سردخانه، عمل برداشت بایستی قبل از رسیدن کامل میوه انجام بگیرد.

شرایط آب و هوایی معمولاً اواسط مهر ماه این عمل صورت می گیرد.

۴- نتیجه گیری

نتایج آنالیز شیمیایی نشان داد که ترکیبات تشکیل دهنده سیب طی انبارداری تغییر می کند. مقادیر بدست آمده در تست های مکانیکی نشان دهنده افت ساختمان نمونه ها و کاهش همه خصوصیات مکانیکی طی نگهداری در سردخانه می باشد. افزایش فشار تورژسانس و ماده سازی طی رسیدن سیب روی درخت باعث افزایش سفتی پوست و گوشت و سفتی کل بافت می شود. ولی طی انبارداری با از دست دادن رطوبت و

منابع مورد استفاده

- راحی م، ۱۳۸۲. فیزیولوژی پس از برداشت؛ مقدمه ای بر فیزیولوژی و جابجایی میوه سبزی ها و گیاهان زینتی (ترجمه). دانشگاه شیراز، مرکز نشر.
- منیعی ع، ۱۳۸۰. سیب و پرورش آن. شرکت انتشارات فنی ایران.
- Abbot J, Saftner R, Gross K, Vinyard B and Janick J, 2004. Consumer evaluation and quality measurement of fresh cut slices of Fuji, Golden Delicious, Goldrush and Granny Smith apples. *Postharvest Biolo Technol* 33: 127-140.
- Aguilera JM and Stanley DW, 1999. *Microstructural Principles of Food Processing and Engineering*. Gaithersburg, Aspen Publishers.
- Alamar MC, Vanstreels E, Oey ML, Molto E and Nicolai BM, 2008. Micromechanical behaviour of apple tissue in tensile and compression tests: Storage condition and cultivar effect. *Food Engineer* 86: 324-333.
- Billy L, Mehinagic E, Royer G, Renard MGC, Arvisenet G, Prost C and Jourjon F, 2008. Relationship between texture and pectin composition of two apple cultivars during storage. *Postharvest Biolo Technol* 47: 315-324.
- Bu-Contreras R and Rao MA, 2002. Dynamic rheological behaviour of heated potatoes. *Food Sci Technol Inter* 8(1): 3-10
- Jha SN, Kingsly ARP and Chopra S, 2006. Physical and mechanical properties of mango during growth and storage for determination of maturity, *Food Engineer* 72: 73-76.
- Konopacka D and Plocharsski WJ, 2004. Effect of storage conditions on the relationship between apple firmness and texture acceptability *Postharvest Biolo Technol* 32: 205-211.
- Masoudi H, Tabatabaeefar A and Borghaee AM, 2007. Determination of storage effect on mechanical properties of apples using the uniaxial compression test. *Canadian Biosystems Engineer* 49: 3.29-3.33.

- Mohsenin NN, 1986. *Physical Properties of Plant and Animal Materials*. New York, NY: Gordon Breach Sci.
- Oey ML, Vanstreels E, De Baerdemaeker J, Tijssens E, Ramon H, Hertog MLATM and Nicolai B, 2007. Effect of turgor on micromechanical and structural properties of apple tissue: A quantitative analysis. *Postharvest Biolo Technol* 44: 240-247.
- Ramana S and Taylor A, 1992. Dynamic measurement of tissue rigidity during freezing and cooking of vegetables. *Sci Food Agric* 58: 261-266.
- Varela P, Salvador A and Fiszman S, 2007. Changes in apple tissue with storage time: Rheological, textural and microstructural analyses. *Food Engineer* 78: 622-629.
- 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. *Postharvest Biolo Technol* 50: 64-69.
- Vincent JFV, 1998. The quantification of crispness. *Food Agric* 78: 162-168.