مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۱۷ شماره ۴ صفحه‌های ۴۳۹ تا ۴۵۲ (۱۳۹۵)

تغییرهای مکانیکی، فیزیکی و شیمیایی سیر پرتودهی شده در دوره انبارداری[۱]

Mechanical, Physical and Chemical Changes in Irradiated Garlic during Storage

سیده هدی یوسفیان، ابراهیم احمدی*، محمدرضا عبداللهی[۲]

چکیده

به علت هزینه‌بر بودن نگهداری، محدود بودن انبارها و تولید بالای محصول سیر سفید در استان همدان، از پرتودهی به عنوان یکی از روش‌های نوین جهت نگهداری این محصول استفاده شده و اثر شدت پرتودهی، مدت زمان نگهداری و دمای انبار بر ویژگی‌های مکانیکی، فیزیکی و شیمیایی در این محصول بررسی شد. نمونه‌ها با شدت‌های صفر، ۷۵ و ۱۵۰ گری پرتودهی و به مدت شش ماه در دو محیط با دماهای ۴ و ۱۸ درجه سلسیوس نگهداری شدند. در زمان نگهداری، تغییرهای مکانیکی (تنش و کرنش تسلیم و انرژی گسیختگی)، فیزیکی (ابعاد نمونه، کاهش وزن، کاهش رطوبت، حجم، قطر میانگین هندسی)، فراسنجه‌های رنگ و تندی نمونه‌ها در فاصله‌های زمانی ۳۰ روز بررسی شد. نتیجه‌ها نشان داد که با افزایش مدت زمان نگهداری، قطر میانگین هندسی، درصد رطوبت، درصد کاهش حجم و تندی برای نمونه‌های شاهد و پرتودهی شده کاهش یافت. کاهش فراسنجه‌های قطر میانگین هندسی، درصد رطوبت و درصد کاهش حجم در نمونه‌های پرتودهی شده با شدت ۱۵۰ گری به ترتیب ۰/۲۶، ۶/۹ و ۱۳/۳۳٪ نسبت به نمونه پرتودهی شده با شدت ۷۵ گری در دمای ۴ درجه بیشتر بوده و همچنین شاخص تندی ۵/۵۹٪ در نمونه‌های پرتودهی شده با شدت ۱۵۰ گری نسبت به ۷۵ گری در دمای ۴ درجه سلسیوس کمتر بود. با افزایش مدت زمان انبارداری، درصد کاهش وزن و فراسنجه‌های رنگ از جمله a* و b* برای نمونه‌ها افزایش یافت و مقدار آن در نمونه‌های پرتودهی شده با شدت ۱۵۰ گری به ترتیب ۵/۵، ۵۲/۸۰ و ۳۰٪ نسبت به نمونه ۷۵ گری در دمای ۴ درجه سلسیوس بیشتر بود. هم‌چنین شاخص تحمل در مقابل نفوذ مانند تنش تسلیم و کرنش تسلیم در نمونه‌های پرتودهی شده با دز بالا (۱۵ گری) به ترتیب به مقدار ۹٪ و ۱۹٪ در ۴ درجه سلسیوس و ۱۵٪ و ۲۳٪ در ۱۸ درجه سلسیوس کمتر شد و همچنین انرژی گسیختگی به مقدار ۶٪ در ۴ درجه سلسیوس و ۷٪ در ۱۸ درجه سلسیوس نسبت به دیگر تیمارها کاهش یافت. با توجه به تأثیر بالای پرتودهی، می‌توان از این روش به منظور افزایش عمر سیر در طول دوره انبارداری استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: پرتو گاما، تندی، تغییرهای رنگ، سیر، ویژگی‌های کیفی.

مقدمه

سیر از گیاهان علفی و یک‌ساله به‌شمار می‌آید. این محصول از تیره پیازسانان[۳] و جنس *Allium* با نام علمی *Allium sativum* است (۱۴). محصول سیر، سوخ یا پیازی است که از چند سوخچه کوچک به نام سیرچه تشکیل

۱- تاریخ دریافت: ۹۶/۳/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۶/۷/۲۶

۲- به‌ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشیار مهندسی مکانیک بیوسیستم و دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان.

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (eahmadi@basu.ac.ir).

۳- Alliaceae

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1395.17.4.6.8]

شده و هر سوخ سیر نزدیک به ۵ تا ۱۲ سیرچه را درون خود جای می‌دهد (۸). گیاه سیر ویژگی‌های بسیاری از جمله کاهش کلسترول، تری گلیسرید، فشار خون، بازدارندگی تشکیل توده پلاکتی خون، اثرهای ضد میکروبی، ضد قارچی، ضد سرطانی، تحریک سیستم ایمنی و اثرهای ضد التهابی و آنتی‌اکسیدانی، پیشگیری از آرترواسکروز و عوارض کبدی ناشی از اسید والپوریک دارد (۳۵). بر اساس آخرین آمار سازمان غذا و خواروبار کشاورزی در سال ۲۰۱۴، ایران با تولید سالانه بیش از ۱۰۰ هزار تن سیر، رتبه سیزدهم تولید این محصول در جهان را به خود اختصاص داده است (۲۲). استان همدان نیز حدود ۶۲٪ از تولید سیر در کشور را به خود اختصاص داده است و رتبه اول در کشور را دارد (۴). کاربرد سیر بیشتر به صورت دارویی، ادویه‌ای، افزودنی‌های غذایی و آرایشی بهداشتی است. ایجاد صنایع غذایی وابسته و سیستم‌های فرآوری و بسته‌بندی این محصول به منظور ورود به بازار جهانی ضروری است (۳۳). هر ساله مقدار زیادی از ماده‌های غذایی به دلیل فاسد شدن یا حمله حشره‌ها از بین می‌روند. در پی خسارت‌های جدی ناشی از این دشواری‌ها، دانشمندان از سال ۱۹۵۰ بر آن شدند تا از روش‌های مختلف نگهداری ماده‌های غذایی مانند فرایندهای مختلف حرارتی، مصرف ماده‌های شیمیایی، دوددهی و مانند آن‌ها استفاده شود و استفاده از پرتودهی به عنوان یک روش برای حفظ ماده‌های غذایی مطرح شد (۲). در این فرایند پرتوهای یونیزه کننده، ریزانداموارهایی را که غذا را آلوده می‌کنند یا باعث فساد و تخریب ماده‌های غذایی می‌شوند، از بین می‌برند. پرتودهی به عنوان یک فرایند سرد شناخته شده است که دما را به‌طور قابل توجهی افزایش نمی‌دهد و در بیشتر محصول‌های غذایی تغییرهای فیزیکی یا حسی به جا نمی‌گذارد (۲۴). بر اساس نتیجه‌های تیمور تراکی (۳۷)، پرتودهی روی ویژگی حسی تأثیری ندارد و بیشتر ویژگی ضد میکروبی و قارچی داشته و از فساد جلوگیری می‌کند.

تعیین ویژگی‌های فیزیکی فراورده‌های کشاورزی به عنوان مبنایی برای طراحی و ساخت ماشین‌ها و تجهیزات انتقال و درجه‌بندی، فراوری و انبارداری فراورده‌های کشاورزی همیشه مورد توجه بوده است. از مهمترین ویژگی‌های فیزیکی فراورده‌های کشاورزی می‌توان به ابعاد مشخص، جرم و حجم اشاره کرد که بررسی رطوبت و رنگ نمونه‌ها نیز همراه آن است (۳۶). برای افزایش بهره‌وری، کاهش دورریزها و ایجاد روش‌های جدید فراوری هر محصول کشاورزی و برای عرضه آن به شکل مرغوب و با کیفیت، تعیین ویژگی فیزیکی آن محصول ضروری است (۲۵).

پژوهشی در چین به منظور بررسی اثر پرتودهی گاما روی کیفیت خشک کردن قطعات سیب‌زمینی صورت گرفت. نمونه‌ها با شدت‌های صفر، ۲، ۵، ۶، ۸ و ۱۰ کیلو گری پرتودهی شدند. نتیجه‌ها نشان داد که پرتودهی باعث افزایش خشک شدن و جلوگیری از جوانه زدن در هنگام انبارداری شد، اما شدت‌های پایین باعث از بین رفتن درصد کمی از ویتامین C شدند (۳۸). پژوهشی در کره در سال ۲۰۰۹ انجام و تأثیر پرتو گاما با شدت پرتودهی در حدود ۳ کیلو گری روی کیفیت میوه کیوی بررسی شد. نتیجه‌ها نشان داد که پرتودهی فعالیت آنزیمی را از بین برد و کیوی پرتودهی شده نسبت به نوع پرتودهی نشده نرم‌تر بود. این مقدار شدت تأثیر منفی روی ویتامین C و آنتی اکسیدان داشت، درحالی‌که شاخص‌های حسی را افزایش داد (۳۹). در پژوهشی سیر پرتودهی شده با شدت ۱۰ گری در محیط ۴ درجه سلسیوس انبار و مقدار آنتی‌اکسیدان و درصد جوانه‌زنی، کاهش وزن و فساد سیر بررسی شد. نتیجه‌ها نشان داد پرتو گاما روی درصد جوانه‌زنی در دوره قبل از بیدار شدن (تا ۱۰ روز) محصول، تأثیری ندارد اما بعد از دوره خواب کاهش قابل‌توجهی در مقدار جوانه‌زنی مشاهده شد، هم‌چنین در نمونه پرتودهی شده نسبت به شاهد درصد کاهش وزن، فساد کمتر و مقدار آنتی‌اکسیدان بیشتر بود (۲۱).

به علت هزینه‌بر بودن نگهداری سیر در انبارها و محدود بودن انبارها در استان همدان و با توجه به تولید بالای سیر در این استان و مصرف بالای آن، تلاش برای حفظ کیفیت ماندگاری در مدت دوره انبارداری با دقت بالا بسیار اهمیت دارد. بنابراین پرتودهی روشی مؤثر برای نگهداری سیر، جلوگیری از فساد و بهبود

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1395.17.4.6.8]

شاخص‌های ایمنی آن محسوب می‌شود. هدف از این پژوهش بررسی تغییر در ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و رنگ در سیر سفید پرتودهی شده رقم همدان در دوره انبارداری بود.

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی نمونه‌ها

برای انجام این پژوهش حدود ۳۰ کیلوگرم سیر رقم همدان از مزرعه‌ای از اطراف همدان در تیرماه سال ۱۳۹۲ تهیه شد. زمان برداشت محصول بر اساس عرف منطقه یعنی زمانی که کشاورزان منطقه شروع به برداشت محصول کردند، در نظر گرفته شد. سوخ‌های سالم و یکنواخت و بدون هر گونه دورریز، از سایر قسمت‌های گیاه به صورت دستی جدا و در ظرف‌های پلاستیکی قرار داده شدند.

پرتودهی نمونه‌ها

نمونه‌ها به آزمایشگاه پژوهشکده کاربرد پرتوها، واقع در سازمان انرژی اتمی ایران در تهران منتقل و با شدت‌های ۷۵ و ۱۵۰ گری و با استفاده از گاماسل ۲۲۰ با چشمه کبالت ۶۰ مورد پرتودهی شدند.

سپس نمونه‌ها به آزمایشگاه ویژگی‌های مکانیکی و رئولوژیکی گروه مهندسی بیوسیستم دانشگاه بوعلی سینا همدان منتقل و در محیط‌های کنترل شده با ۱۸ درجه سلسیوس با رطوبت نسبی ۶۵ تا ۷۰٪ و محیط با ۴ درجه سلسیوس با رطوبت نسبی ۷۰ تا ۸۰٪ نگهداری شدند. مقدار رطوبت اولیه سوخ‌ها به وسیله دستگاه خشک‌کن هوشمند (مدل SHFH22- با توان ۵۰۰ وات، ساخت شرکت شیماز) در دمای ۲±۷۰ سلسیوس پس از رسیدن به وزن ثابت تعیین شد (۱۱). مقدار رطوبت اولیه سوخ‌ها ۶۴/۹۹٪ (بر اساس وزن تر) بود. بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی در تناوب‌های زمانی ۳۰ روز انجام گرفت.

ویژگی فیزیکی

ابعاد سوخ‌های سیر (طول (L)، عرض (W) و ضخامت (T)) با استفاده از کولیس دیجیتال با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر (Insize, Germany, 0.01) اندازه‌گیری شد. سپس قطر میانگین هندسی (Dg) با استفاده از رابطه ۱ به میلی‌متر محاسبه شد (۳۱):

$$Dg = (LWT)^{1/3} \qquad (۱)$$

حجم سوخ‌ها نیز با روش جابجایی آب به‌دست آمد که در آن حجم محصول از تقسیم نیروی شناوری (جرم آب جابه‌جاشده M_{dw}) بر چگالی آب (ρ_w) (رابطه۲) بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب به‌دست می‌آید (۳۶):

$$V = \frac{M_{dw}}{\rho_w} \qquad (۲)$$

کاهش وزن

برای اندازه‌گیری درصد کاهش وزن پس از گذشت مدت زمان مورد نظر(۳۰ روز)، وزن سوخ‌ها در هر دوره زمانی با وزن اولیه آن‌ها و ماه قبل آن‌ها مقایسه و سپس درصد کاهش وزن آن‌ها محاسبه شد.

$$\text{درصد کاهش وزن} = \frac{w_1 - w_2}{w_1} \times 100 \qquad (۳)$$

w_1: وزن اولیه

w_2: وزن ثانویه

درصد کاهش رطوبت

ابتدا تعداد ۵ حبه سیر از هر تیمار جدا و به صورت ورقی برش زده شد و در ظرف جداگانه‌ای شماره‌گذاری شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دستگاه آون با دمای ۳± ۷۲ درجه سلسیوس قرار داده شدند. مقدار رطوبت نمونه‌ها به کمک روابط ۴ و ۵ محاسبه شد (۳۱).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1395.17.4.6.8]

$$i_{w.b} = \frac{m_w}{m_1} \times 100 \quad (۴)$$

$$m_w = m_1 - m_2 \quad (۵)$$

در این روابط:

$i_{w.b}$: رطوبت بر پایه تر، m_1: جرم اولیه نمونه (گرم)، m_2: جرم نمونه پس از خشک شدن و m_w: جرم آب (گرم) می‌باشند.

اندازه‌گیری رنگ

رنگ معیار مهمی برای بررسی کیفیت ماده‌های غذایی است. تغییرهای رنگ و قهوه‌ای شدن فراورده‌های کشاورزی ناشی از انواع واکنش‌های شیمیایی شامل پلیمر شدن فنول و تخریب ماده رنگی است. رنگ نمونه‌ها در طول دوره‌های زمانی به‌وسیله رنگ‌سنج هانترلب (مدل HP-200، ساخت کشور چین) با دقت ۰/۰۱ درجه رنگی (بدون واحد) اندازه‌گیری و مقدارهای رنگی به صورت L^* (مقدار روشنی یا تیرگی ماده)، a^* (مقدار قرمزی- سبزی) و b^* (مقدار زردی - آبی) بیان شد (۳۰). هم‌چنین کروما (چگالی رنگ) و زاویه فام به ترتیب از روابط (۶) و (۷) محاسبه شد (۱۲).

$$C = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (۶)$$

$$H^\circ = \text{arctg}\left(\frac{a^*}{b^*}\right) \quad (۷)$$

اندازه‌گیری تندی

به منظور تخمین تندی ابتدا مقدار پیرووات کل و پیرووات غیرآنزیمی محاسبه و سپس با کم کردن مقدار پیرووات غیرآنزیمی از پیرووات کل، مقدار پیرووات تولید شده در واکنش آنزیم آلیناز یا همان تندی محاسبه شد.

برای محاسبه پیرووات کل از روش آنتون و بارت (۱۵) استفاده شد. مقدار کافی از هر تیمار به‌طور جداگانه نمونه‌برداری شد. پس از حذف آلودگی‌ها، ۵۰ گرم نمونه وزن و به همراه ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر درون مخلوط‌کن برقی (مدل Yuro-Sonic آلمان) به‌خوبی له شد. پس از گذشت ۱۰ دقیقه محلول حاصل به‌وسیله کاغذ صافی درون ارلن صاف شد. از مخلوط عصاره صاف شده، ۵۰ میکرولیتر برداشته و به همراه ۲ میلی‌لیتر آب مقطر و ۲ میلی‌لیتر محلول دی نیتروفنیل هیدرازین (۰/۲۵ گرم در لیتر هیدروسیلیسیم یک مولار) درون لوله آزمایش ریخته شد. محلول حاصل به مدت ۱۰ دقیقه در بن‌ماری حمام آب گرم با دمای ۳۷ درجه سلسیوس قرار گرفت و پس از خارج کردن از بن‌ماری، مقدار دو میلی‌لیتر محلول هیدروکسید سدیم ۱/۵ مولار به هر لوله آزمایش افزوده شد. پس از افزودن سود با تأخیر زمانی در اندازه‌گیری، دقت آزمایش به‌دلیل از دست رفتن رنگ کم می‌شود، بنابراین نمونه‌ها باید به‌سرعت خوانده شوند. جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۱۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Cary 100، ساخت شرکت واریان، آمریکا) خوانده شد. هم‌چنین از محلول پیرووات سدیم به‌عنوان شاهد استاندارد در محدوده غلظت صفر تا ۶۰ میلی‌مول به جای عصاره سیر استفاده شد.

برای محاسبه پیرووات غیرآنزیمی از روش بکون و همکاران (۱۸) استفاده شد. ۵۰ گرم از نمونه‌ها وزن شد و به همراه ۱۵۰ میلی لیتر محلول تری کلرواستیک اسید ۵٪ درون مخلوط‌کن برقی به خوبی له شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۱ ساعت در محیط آزمایشگاه باقی مانده و سپس صاف شدند. از این عصاره مقدار ۵۰ میکرولیتر برداشته و مطابق دستور یادشده در بالا و در حضور معرف دی نیتروفنیل‌هیدرازین و در طول موج ۵۱۵ نانومتر مقدار پیرووات غیر آنزیمی با دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Cary 100، ساخت شرکت واریان، آمریکا) خوانده شد.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1395.17.4.6.8]

آزمون مکانیکی پنچری

کیفیت بافت مطلوب برای ماده‌های غذایی از نظر اقتصادی اهمیت زیادی دارد. کلمه بافت را برای توصیف ساختار، بدنه و شکل ظاهری یک ماده استفاده می‌کنند (۴۰). به این دلیل که ماده‌های غذایی ساختار پیچیده‌ای دارند، بنابراین می‌توان ساختار آن‌ها را به‌وسیله ماشین‌ها بررسی و ویژگی‌های اصلی بافت ماده‌های غذایی را طبقه بندی و اندازه‌گیری کرد. متداول‌ترین و آسان‌ترین روش برای اندازه‌گیری بافت، تغییر شکل نمونه‌ها و اندازه‌گیری پاسخ آن‌ها است (۲۷).

در این پژوهش به منظور اندازه‌گیری و بررسی ویژگی‌های ویسکوالاستیک، آزمون پنچری روی نمونه‌ها صورت گرفت. آزمون بالا به کمک دستگاه آزمون بافت ماده‌های غذایی (مدل Zwick/roell ساخت کشور آلمان، مدل لودسل آن xforce hp با ظرفیت ۵۰۰ N) انجام شد که در آن قطر میله نفوذ ۳/۵۸ میلی‌متر بود. آزمایش در دمای اتاق (۱۸ درجه سلسیوس) با توجه به شرایط نیروی بارگذاری اولیه ۰/۱ نیوتن، سرعت بارگذاری ۵۰ میلی‌متر بر دقیقه انجام شد. برای تعیین تنش و کرنش تسلیم در نمودار نیرو- تغییر شکل هر نمونه و بر اساس اولین تنش قبل از تنش بیشینه که باعث افزایش کرنش بدون افزوده شدن تنش می‌شود، صورت گرفت. نقطه‌ای که رفتار ماده از حالت الاستیک خارج شده و وارد حالت پلاستیک می‌شود و نشان دهنده پارگی اولیه یاخته در ساختار یاخته‌ای ماده است. انرژی گسیختگی با محاسبه سطح زیر نمودار تنش – کرنش تا نقطه شکست (گسیختگی) محاسبه می‌شود. نمونه‌ای از آزمون سوراخ کردن نمونه سیر در شکل (۱) نشان داده شده است.

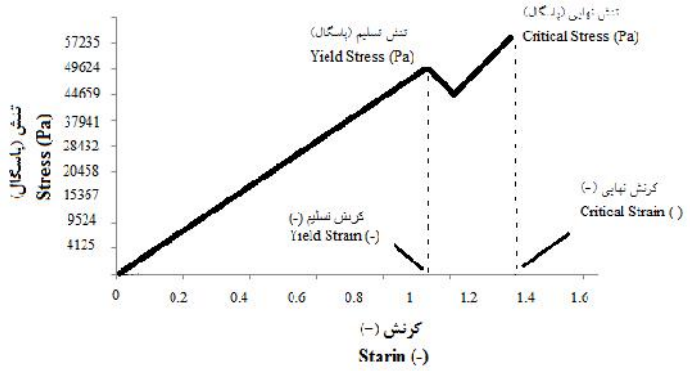

Fig. 1. Diagram of stress-strain in puncture test on sample of garlic.

شکل۱- منحنی تنش-کرنش در آزمون پنچری در نمونه سیر.

این آزمایش‌ها به صورت فاکتوریل، در قالب طرح کامل تصادفی اجرا گردید و معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن انجام شد. محاسبه‌های آماری و واکاوی داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار IBM SPSS Statistic 19 صورت گرفت.

نتایج و بحث

قطر میانگین هندسی

با افزایش مدت زمان نگهداری نمونه‌های پرتودهی شده در انبار، قطر میانگین هندسی برای نمونه‌های شاهد و پرتودهی شده ۰، ۷۵ و ۱۵۰ گری به‌ترتیب ۳/۱، ۲/۶ و ۱/۹ در ۴ درجه سلسیوس و ۳/۸، ۲/۸ و ۱/۹ در ۱۸ درجه سلسیوس کاهش یافت (شکل۲). با افزایش مقدار شدت پرتودهی، قطر میانگین هندسی کاهش یافت و از طرفی با کاهش دمای نگهداری، کاهش قطر میانگین هندسی کمتر بود (جدول۱). دلیل آن این است که با جذب انرژی توسط بافت سوخ (از راه پرتودهی) همان‌طور که بیماری‌زاها و عامل‌های میکروبی عامل فساد، از بین می‌روند مقدار اندکی از مولکول‌های آب درون بافتی نیز بر اثر جنبش مولکولی از بین می‌روند و یا تغییر وضعیت می‌دهند که این

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1395.17.4.6.8]

به‌نوبه خود باعث ایجاد تخلخل درون بافتی و به مرور زمان باعث جمع شدن و چروکیده شدن محصول می‌شود (۲۳). در پژوهشی نیز اثر مدت زمان نگهداری به مدت ۱۱ روز روی میوه خرمالو بررسی شد. در آن پژوهش با افزایش مدت زمان نگهداری، ویژگی‌های فیزیکی نمونه از جمله قطر میانگین هندسی، قطر میانگین حسابی، ابعاد میوه، وزن و حجم کاهش یافت (۴۰).

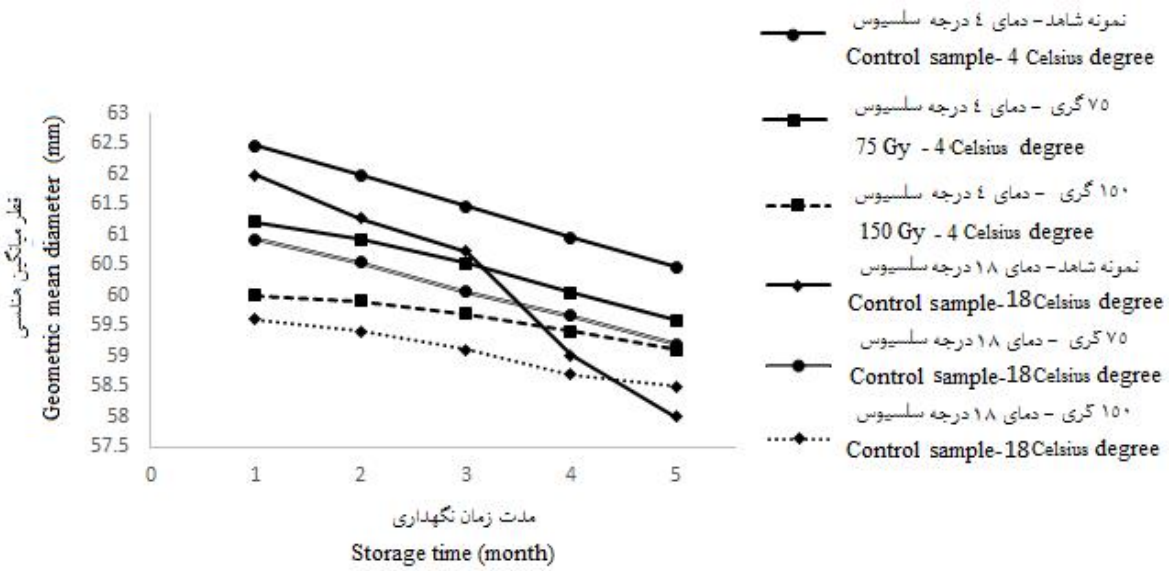

Fig. 2. Mean geometric diameter changing of garlic sample at 4 and 18 ºC.

شکل ۲- تغییر قطر میانگین هندسی نمونه‌های سیر در ۴ و ۱۸ درجه سلسیوس.

جدول۱- مقایسه میانگین‌های متغیرهای وابسته طی مدت زمان نگهداری سیر.

Table 1. Comparison of dependent variables results means of garlic at storage period.

مدت زمان نگهداری Storage period	قطر میانگین هندسی Geometric mean diameter (mm)	رطوبت Moisture (%)	وزن Weight (g)	حجم Volume (mm^3)	تندی Allicin (%)	a†	b	L	کروما Croma	زاویه فام Hue angle
ماه ۱ 1 Month	63.43 a†	64.99 a	57.45 a	1.32×10^5 a	9.58 a	-0.378 c	10.36 a	80.05 a	10.38 c	19.11 a
ماه ۲ 2 Month	63.04 b	58.55 b	55.53 ab	1.30×10^5 b	_	-0.437 c	10.22 a	80.37 a	10.60 c	92.37 a
ماه ۳ 3 Month	62.64 c	55.08 b	53.57 bc	1.27×10^5 c	9.17 b	0.45 ab	12.73 a	79.69 a	12.77 b	88 b
ماه ۴ 4 Month	62.21 d	54.62 c	51.07 cd	1.24×10^5 d	3.70 c	-0.104 bc	65.21 a	79.18 b	12.76 b	90.17 b
ماه ۵ 5 Month	61.76 e	52.66 c	48.65 d	1.22×10^5 e	_	0.202 bc	14.29 a	78.88 b	14.23 a	86.042 b

†Means with the same letters in each column are not significantly different at 5% level based on Duncan test.

†میانگین‌های دارای حرف‌های یکسان در هر ستون در سطح احتمال ۵ ٪ بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1395.17.4.6.8]

جدول۲- اثر شدت پرتودهی بر متغیرهای وابسته در در سیر.

Table 2. Effect of irradiation dose on dependent variables in garlic.

تیمار پرتودهی Irradiation treatment	قطر میانگین هندسی Geometric mean diameter (mm)	رطوبت Moisture (%)	وزن Weight (gr)	حجم Volume (mm^3)	تندی Allicin (%)	a	b	L	کروما Croma	زاویه فام Hue angle
شاهد Control	64.05 a†	61.08 b	53.27 b	1.35×105 a	6.58 a	-0.046 a	38.77 a	81.32 a	12.51 a	90.60 a
۷۵ گری 75 Gy	63.09 b	58.54 b	56.07 a	1.29×105 b	8.60 a	0.1246 a	12.15 a	81.04 a	12.20 a	89.82 a
۱۵۰ گری 150 Gy	60.71 c	56.84 a	50.32 c	1.17×105 c	9.11 a	0.2640 a	12.55 a	80.75 a	12.81 a	87.93 a

†Means with the same letters in each column are not significantly different at 5% level based on Duncan test.

†میانگین‌های دارای حرف‌های یکسان در هر ستون در سطح ۵٪ بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

کاهش رطوبت

با افزایش مدت زمان نگهداری، رطوبت در نمونه شاهد و پرتودهی شده با شدت ۷۵ و ۱۵۰ گری به‌ترتیب به مقدار ۱۴/۵۱، ۱۷/۳۷ و ۱۸/۹۷ ٪ کاهش یافت. هم‌چنین با افزایش شدت پرتودهی، درصد رطوبت در نمونه‌های پرتودهی شده با شدت ۷۵ و ۱۵۰ گری، به‌ترتیب ۴/۱۵ و ۶/۹۴ ٪ نسبت به نمونه شاهد در پایان دوره انبارداری، کاهش یافت. مقدار رطوبت اولیه بیانگر از دست‌دادن آب محصول است و از دست‌دادن آب به‌طور عمده بستگی به شدت تنفس محصول و ساخت اتیلن دارد (۳۲).

درصد کاهش وزن و حجم

با گذشت مدت زمان انبارداری و افزایش مقدار شدت پرتودهی، درصد کاهش وزن در طول ۵ ماه، به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. کاهش وزن به‌علت کاهش ماده خشک، فعالیت‌های سوخت و سازی، تنفس و تعرق رخ می‌دهد (۳۴). شدت تنفس در میوه‌ها و سبزی‌ها در اثر رسیدن افزایش می‌یابد که سبب کاهش ذخیره ماده‌های غذایی فراورده‌های و کاهش وزن می‌شود (۱). هم‌چنین با کاربرد شدت پرتودهی، ابتدا با کاربرد شدت ۷۵ گری و سپس شدت ۱۵۰ گری، درصد کاهش وزن افزایش یافت (شکل۳). از مهم‌ترین عامل‌های کاهش وزن در طی پرتودهی می‌توان به از دست دادن آب به‌دلیل جذب انرژی ناشی از امواج اشاره کرد (۱۳). در پژوهشی اثر مدت زمان نگهداری در طی شش ماه در انبارهای سرد و سنتی بر توده‌های سیر رقم همدان بررسی شد. بر اساس نتیجه‌ها با افزایش مدت زمان نگهداری، درصد کاهش وزن نمونه‌ها افزایش یافت و در انبارهای سرد این تغییرها کمتر از انبارهای سنتی بود (۱۶). در پژوهش دیگری نیز اثر مقدار شدت پرتودهی ۵۰ و ۱۵۰ گری و مدت زمان نگهداری در انبار به مدت ۴۵ روز روی نمونه‌های سیر بررسی شد. بر اساس این پژوهش با افزایش مدت زمان نگهداری درصد کاهش وزن افزایش یافت و نمونه‌های پرتودهی شده نسبت به نوع شاهد درصد کاهش وزن بیشتری داشتند (۲۹).

با افزایش مدت زمان نگهداری و مقدار شدت پرتودهی، حجم نمونه‌های پرتودهی نشده (شاهد) و پرتودهی شده با شدت ۷۵ و ۱۵۰ گری به ترتیب ۹/۲، ۷/۷ و ۳/۹ در ۴ درجه سلسیوس و ۱۰/۸۵، ۸/۳ و ۵/۶ در ۱۸ درجه سلسیوس بود. با این که پرتو گاما فرایندهای فیزیولوژیکی طبیعی مانند تنفس، فرایند رسیدن و پیری[۱] را به تأخیر می‌اندازد ولی به‌دلیل تبخیر آب درون بافتی و حفره‌های درون یاخته‌ای، حجم کاهش می‌یابد (۲۷).

۱- Senescence

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1395.17.4.6.8]

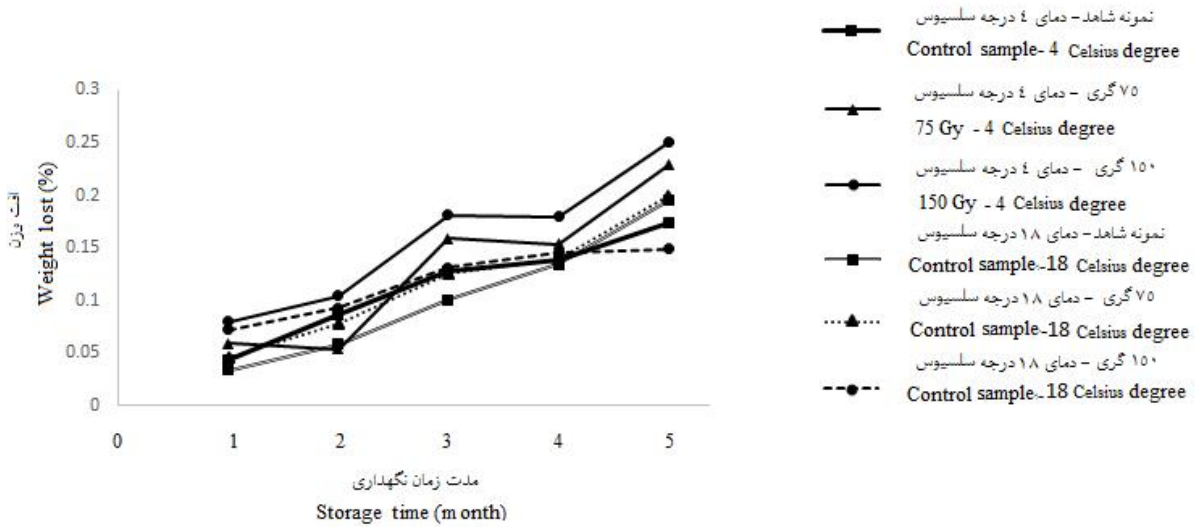

Fig. 3. Garlic weight changes at 4 and 18°C.

شکل۳- تغییرهای وزن نمونه‌های سیر در ۴ و ۱۸ درجه سلسیوس.

رنگ سنجی

با افزایش مدت زمان نگهداری، مقدار a* افزایش یافت که علت این پدیده، کاهش رطوبت موجود در بافت نمونه و طی‌شدن روند چروکیدگی است (۱). با افزایش مقدار شدت پرتودهی نیز، نسبت به نمونه‌های پرتودهی نشده، مقدار a* افزایش یافت؛ زیرا همان‌طور که گفته شد، با افزایش شدت پرتودهی و جذب این انرژی با مولکول‌های آب درون یاخته‌ای و تبخیر آن، کاهش آب درون یاخته‌ای رخ می‌دهد و به مرور مقدار قرمزی افزایش می‌یابد (۱۴).

از طرفی با افزایش مدت زمان نگهداری، b* یا مقدار زردی نیز افزایش یافت و با کاربرد شدت پرتودهی، b* یا مقدار زردی نمونه پرتودهی شده با شدت ۷۵ گری نسبت به نمونه پرتودهی نشده یا شاهد کاهش یافت، ولی با افزایش شدت پرتودهی تا ۱۵۰ گری نیز، مقدار زردی افزایش یافت. افزایش مقدار زردی با افزایش شدت پرتودهی به این علت است که بیشتر فراورده‌ها یا اندام‌های گیاهی به‌طور معمول مقدار زیادی از ماده‌های فرّار را در طی دوران بلوغ و پیری از دست می‌دهند. زرد شدن نمونه سیر سفید نیز یک رابطه خطی با زمان سپری شده پس از برداشت دارد که با شدت به کار رفته نیز متناسب است (۱۴). در پژوهشی، با افزایش مقدار شدت پرتودهی تا مقدار مشخص و با قرارگیری نمونه در دمای ۴ درجه، مقدار b* نمونه پرتودهی شده نسبت به نمونه شاهد افزایش کمتری داشته است (۲۸). این بدین معنی است که با افزایش مدت زمان انبارداری و افزایش مقدار شدت پرتودهی، شاخص L* کاهش یافته و از مقدار روشنی نمونه کم شده است (جدول‌های ۱ و ۲). دلیل آن کاهش رطوبت و کاهش آب بین یاخته‌ای در طی دروه انبارداری است (۱۰). از طرفی با افزایش شدت پرتودهی نیز آب درون یاخته‌ای همان‌طور که در بالا گفته شد، کاهش می‌یابد و تبخیر صورت می‌گیرد (۱۶). نتیجه‌های مشابهی در پژوهشی دیگر به‌دست آمد که با افزایش مقدار شدت پرتودهی و مدت زمان انبارداری، مقدار L* کاهش یافت (۳۸).

با افزایش مدت زمان انبارداری، به‌دلیل کاهش رطوبت در محصول، شاخص کروما (چگالی رنگ) افزایش و زاویه فام کاهش می‌یابد. هم‌چنین با افزایش شدت پرتودهی نیز، کروما برای نمونه پرتودهی شده با شدت ۷۵ گری نسبت به نمونه شاهد کاهش یافت، ولی با افزایش شدت تا ۱۵۰ گری، افزایش مشاهده شد (جدول‌های ۱ و ۲).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1395.17.4.6.8]

شاخص تندی

با افزایش مدت زمان نگهداری، تندی نمونه‌ها کاهش یافت (شکل ۴). اندازه‌گیری پیرووات در طی ۶ ماه نگهداری در انبار، تخریب و تجزیه آنزیمی آلیسین را نشان می‌دهد، که نتیجه این تخریب، کاهش ترکیب‌های عطر و طعم دهنده سیر در دوره انبارداری است. از طرفی برای نمونه‌های پرتودهی شده، شدت کاهش تندی کمتر بود. این بدین معنی است که با پرتودهی نمونه‌ها، تندی حفظ شده و پرتو گاما از تجزیه و تخریب ترکیب‌های آنزیمی جلوگیری کرده است و با افزایش شدت، از تخریب آنزیم‌ها بیشتر جلوگیری می‌شود (۱۹). در پژوهشی، کاهش پیرووات در طول دوره انبارداری مشاهده شد، که این کاهش به علت تجزیه ترکیب‌های غیر طعمی بر اثر آنزیم‌های پپتیداز است و در واقع موجب کاهش فعالیت آنزیم آلیناز و کاهش ترکیب‌های عطر و طعم دهنده سیر می‌شود (۲۰).

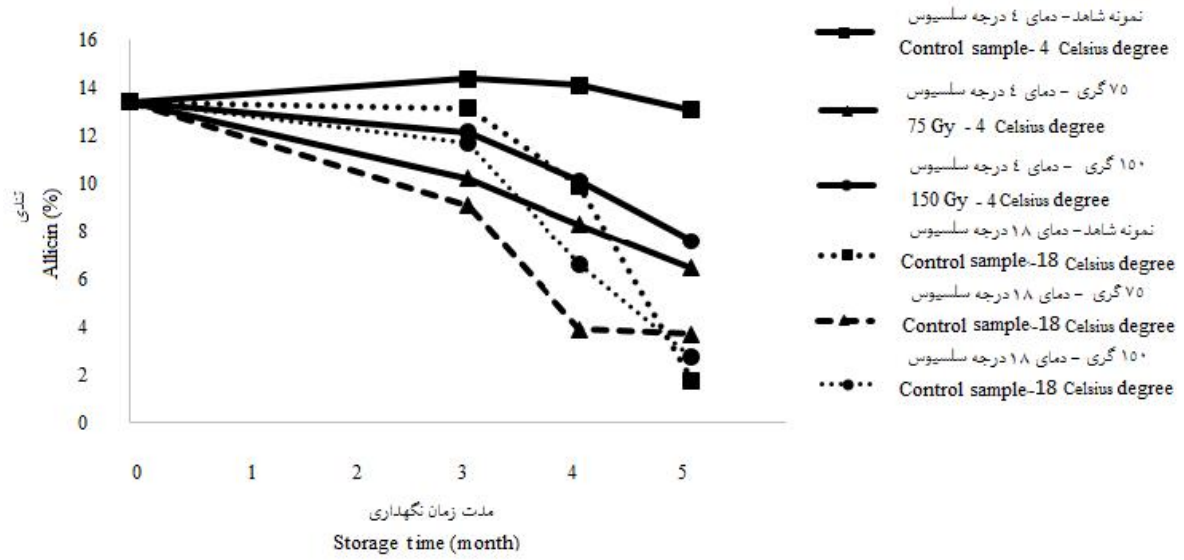

Fig. 4. Changes in spiciness (allicin content) in garlic at 4 and 18°C.

شکل۴- تغییرهای تندی (مقدار آلیسین) سیر در ۴ و ۱۸ درجه سلسیوس.

تغییرهای تنش تسلیم و تنش نهایی

با افزایش مقدار شدت پرتودهی، به‌دلیل از دست‌دادن آب و جذب انرژی ناشی از موج‌ها، محصول نرم‌تر می‌شود و سفتی درون بافتی را از دست می‌دهد. تنش تسلیم در نمونه‌های پرتودهی شده با شدت ۱۵۰ گری نسبت به نمونه پرتودهی شده با شدت ۷۵ گری، در ۴ درجه سلسیوس ، ۹٪ کاهش و در ۱۸ درجه سلسیوس ۱۵٪ کاهش و برای تنش نهایی در ۴ درجه سلسیوس، ۱۰٪ و در ۱۸ درجه سلسیوس ۱۲٪ کاهش در دوره انبارداری داشت. با گذشت زمان انبارداری، تنش تسلیم کاهش پیدا می‌کند، زیرا بافت نمونه، سفتی اولیه خود را از دست می‌دهد. علت نرم شدن نمونه‌ها در زمان نگهداری، پیر شدن بافت و لایه‌های بین بافتی می‌باشد که این ماده‌ها موجب تماس و چسبیدن یاخته‌ها به هم می‌شوند و در نتیجه کاهش استحکام محصول را به دنبال خواهد داشت (۹) (شکل۵).

تغییرهای کرنش تسلیم و کرنش نهایی

با افزایش مقدار شدت پرتودهی، نمونه نرم‌تر می‌شود و تنش مورد نظر برای گسیختگی نمونه کاهش می‌یابد. کرنش تسلیم در نمونه‌های پرتودهی شده در دوره نگهداری با شدت ۱۵۰ گری، در ۴ درجه سلسیوس، ۱۹٪ و در ۱۸ درجه سلسیوس ۲۳٪ کاهش داشت. کرنش نهایی نیز با توجه به کاهش مقدار تنش نهایی با افزایش مقدار شدت پرتودهی تا ۱۵۰ گری، در ۴ درجه سلسیوس ۱۴٪ و در ۱۸ درجه سلسیوس ۱۵٪ کاهش یافت و نمونه با

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1395.17.4.6.8]

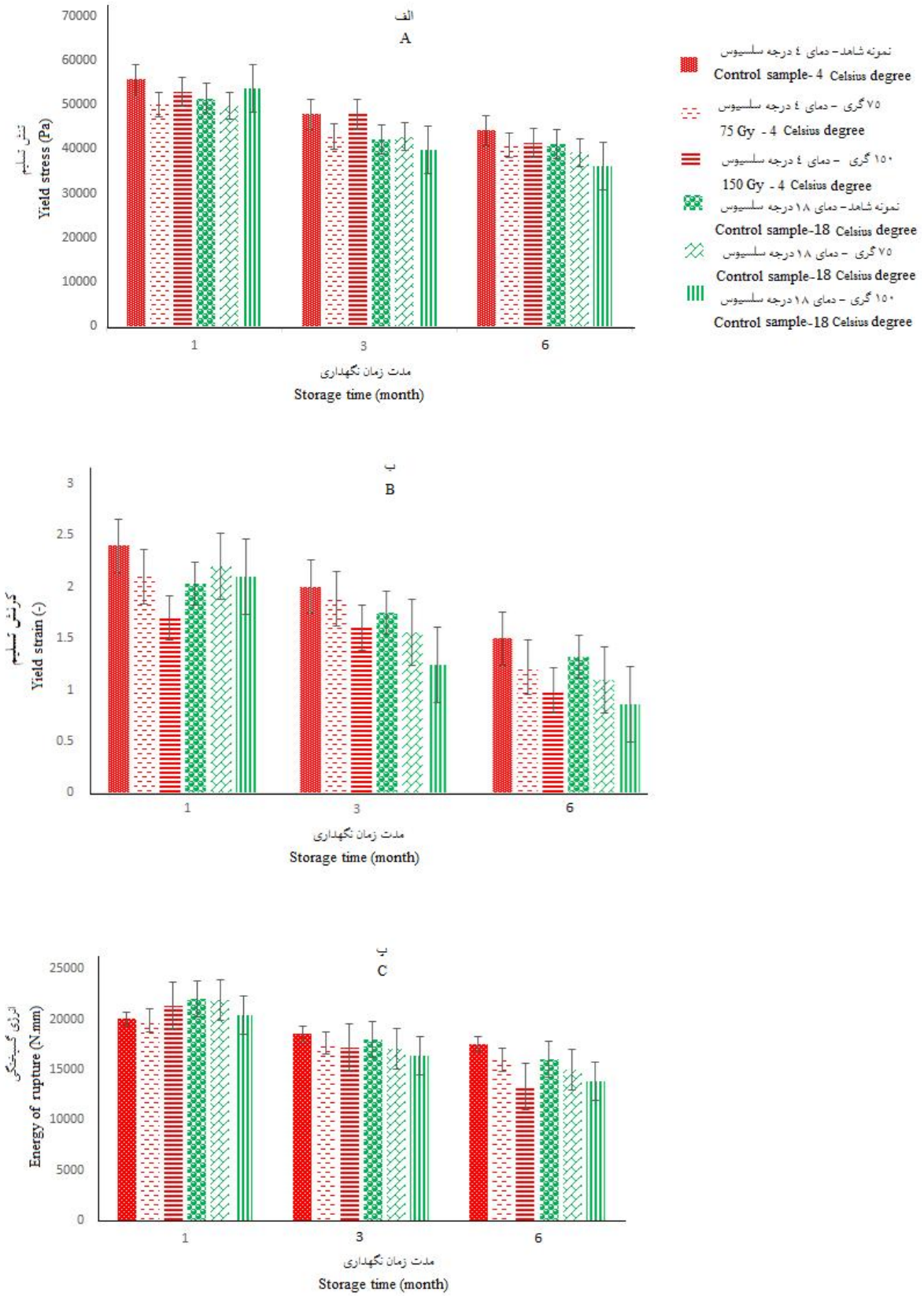

Fig. 5. Mean of yield stress (A), yield strain (B) and energy (C) of rupture for effect of irradiation dose, storage period and temperature during 6 months storage of garlic.

شکل۵- میانگین تنش تسلیم (الف)، کرنش تسلیم (ب) و انرژی گسیختگی (پ) در طی ۶ ماه نگهداری سیر زیر اثر مقدار شدت پرتودهی، مدت زمان انبارداری و دمای نگهداری.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1395.17.4.6.8]

کمترین مقدار تنش گسیخته شد. با افزایش مدت زمان انبارداری نیز کرنش تسلیم و کرنش نهایی کاهش می‌یابد و نمونه با وارد کردن کمترین مقدار نیرویی تغییر شکل الاستیک می‌دهد و وارد فاز پلاستیک می‌شود، به عبارتی گسیختگی رخ خواهد داد (۳) (شکل۵).

تغییرهای انرژی گسیختگی

با افزایش مقدار شدت پرتودهی، کاهش رطوبت در نمونه به دلیل جذب مولکول‌های ناشی از انرژی اتفاق می‌افتد که منجر به نرم‌تر شدن بافت میوه می‌شود. انرژی لازم برای گسیختگی محصول پرتودهی شده با شدت ۱۵۰ گری، در ۴ درجه سلسیوس ۶٪ و در ۱۸ درجه سلسیوس ۷٪ نسبت به نمونه ۷۵ گری و شاهد کاهش داشت (شکل۵).

پژوهشی به منظور بررسی تأثیر پرتودهی روی مقدار سفتی و فعالیت دیواره یاخته‌ای میوه گوجه فرنگی انجام شد. نمونه‌ها با شدت حدود ۰/۷ تا ۲/۲ کیلوگری و با استفاده از پرتو گاما پرتودهی شدند. بر اساس نتیجه‌ها با افزایش مقدار شدت پرتودهی، به‌دلیل نرم شدن بافت و کاهش آب بین دیواره یاخته‌ای، مقدار نیرو و انرژی گسیختگی کمتری برای محصول نیاز بود (۱۷). هم‌چنین پژوهشی به منظور بررسی اثر تابش گاما بر روی میوه سیب انجام شد. شدت تابشی در حدود ۵ کیلوگری بود و نتیجه‌ها نشان داد که سفتی میوه سیب با افزایش شدت پرتودهی کاهش یافت (۲۶). با افزایش مدت زمان انبارداری، کاهش ویژگی‌های مکانیکی مشاهده می‌شود، زیرا در طی نگهداری با رسیده‌تر شدن میوه درصد بیشتری از نشاسته آن‌ها به قند تبدیل می‌شود (۷).

نتیجه‌گیری

باتوجه به نتیجه‌های پژوهش، پرتودهی ماده‌های غذایی، تأثیر شگرفی در ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی گیاه سیر داشت. افزایش مدت زمان نگهداری در انبار موجب کاهش قطر میانگین هندسی، درصد رطوبت، حجم و شاخص تندی شد. البته کاهش این فراسنجه‌ها برای نمونه‌های پرتودهی شده با شدت ۱۵۰ گری نسبت به ۷۵ گری بیشتر بود. در مقابل نیز، با افزایش پرتودهی مقدار مقاومت نفوذ بافت کاهش یافت و مقدارهای تنش تسلیم و کرنش تسلیم و انرژی گسیختگی برای نمونه‌های پرتودهی شده با شدت ۱۵۰ گری نسبت به دیگر تیمارها کمتر بود. همین‌طور با گذشت زمان انبارداری، مقدارهای تنش و کرنش تسلیم و انرژی گسیختگی نیز روند کاهشی داشت. اما شاخص تندی در نمونه‌های ۱۵۰ گری نسبت به ۷۵ گری، کاهش کمتری داشت. از طرفی با افزایش مدت زمان انبارداری، درصد کاهش وزن و فراسنجه‌های رنگی از جمله a* و b* افزایش یافت که در نمونه‌های پرتودهی شده با شدت ۱۵۰ گری نسبت به نمونه‌های پرتودهی شده با شدت ۷۵ گری، افزایش قابل توجهی وجود داشت.

منابع References

۱. اثنی‌عشری، م. و ا. ذاکعی خسروشاهی. ۱۳۸۷. فیزیولوژی و تکنولوژی پس از برداشت. انتشارات دانشگاه بوعلی‌سینا همدان. ۱۲۷-۱۲۵.

۲. احسان نصرتی، ع. ۱۳۸۳. بررسی اثر روش کاشت، تراکم بوته و اندازه سیرچه‌های بذری بر عملکرد کمی سیر همدان. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان. مجله نهال و بذر، جلد ۲۰. ۴۰۴-۴۰۱: ۳.

۳. اطهاری، س.ش.، کاظمی‌قلعه، ر. و ب. حاجی‌محمدی. ۱۳۸۷. خواص درمانی و تغذیه‌ای سیر. نشریه علمی، اقتصادی و کشاورزی. ۴۶-۴۳: ۲۰۳.

۴. آمارنامه جهاد کشاورزی. ۱۳۹۲. سطح زیر کشت، تولید و میزان عملکرد سیر در کل کشور.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1395.17.4.6.8]

۵. بیات، ف. ۱۳۸۳. اثر طول مدت و شرایط نگهدرای بر افت وزنی و ویژگی‌های کیفی توده‌های سیر استان همدان. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی. ۶۳-۴۹: ۱۹.
۶. توکلی هشجین، ت. ۱۳۸۳. مکانیک محصولات کشاورزی،(تالیف سیتکی، ج)، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. ۵۳۰.
۷. جعفریان، م.، ح. صدرنیا و م. آقاخانی. ۱۳۹۰. بررسی تأثیر غلظت کلرید سدیم دوآبه به عنوان ماده پوشاننده بر خواص مکانیکی و انبارمانی سیب منطقه خراسان شمالی. مجله ماشین‌های کشاورزی. ۱۴۳-۱۳۳: ۲.
۸. علوی سیاه پوش ش.، ا.م. شیرانی راد، ا. زند و آ، جاهدی. ۱۳۹۳. بررسی تأثیر کنتزل علف های هرز بر خصوصیات کمی و کیفی عملکرد سیر سفید همدان. اولین همایش ملی گیاهان دارویی، طب سنتی و کشاورزی ارگانیک، همدان، انجمن ارزیابان محیط زیست هگمتانه، مرکز توسعه همایش های آریا هگمتان. ۱۹ ص.
۹. مجذوبی، م.، ع. فرحناکی و ر. استوان. ۱۳۸۷. بررسی تأثیر سبوس و نشاسته گندم با اتصالات عرضی بر خواص خمیر و نان مسطح ایرانی (بربری). هجدهمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی، مشهد، پژوهشکده علوم و صنایع غذایی خراسان رضوی. ۷۹-۶۹: ۲۹.
۱۰. محمدرزداری، آ. ۱۳۹۳. بررسی تأثیر اشعه پرتودهی گاما بر عمرماندگاری سیب. پایان نامه کارشناسی ارشد، مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد. ۱۰۹ ص.
۱۱. مسعودی، ح، ا. طباطبائی فر، س.ع.م برقعی و م.ع، شاه بیک. ۱۳۸۵. تعیین خواص مکانیکی سه رقم سیب صادراتی پس از پنج ماه انبارداری. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی.۷۳-۶۱: ۲۷.
12. Abbasi, S. and S. Azari. 2009. Novel microwave-freeze drying of onion slices. Int. J. Food Sci. Technol. 44: 974-979.
13. Ahari Mostafavi, H., S. Mirmajlessi, H. Fathollahi, S. Shahbaz and S. Mirjalili. 2013. Integrated effect of gamma radiation and biocontrol agent on quality parameters of apple fruit: An innovative commercial preservation method. Rad. Physics Chem. 91: 193-199.
14. Anon, B. 2011. Garlic. Available at: Http://www.foodna.ir/20993-fa.html.
15. Anthon, G.E. and D.M. Barrett. 2003. Modified method for the determination of pyruvic acid with dinitrophenylhydrazine in the assessment of onion pungency. J. Sci. Food Agr. 83: 1210-1213.
16. Askari, G.R., Z. Emam-Jomeh and S.M. Mousavi. 2006. Effects of combined coating and microwave assisted hot-air drying on the texture, microstructure and rehydration characteristics of apple slices. Food Sci. Technol. Int. 12: 39-46.
17. Assi, N.E., D.J. Huber and J.K. Brecht. 1997. Irradiation induced changes in tomato fruit and pericarp firmness, electrolyte efflux, and cell wall enzyme activity as influenced by ripening stage. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 122: 100-106.
18. Bacon, J.R., G.K.N.A. Moates, M.J.C. Rhodes, A.C. Smith and K.W. Waldron. 1991. Quantitative analysis of favour precursors and pyruvate level in different tissues and cultivars of onion. J. Food Chem. 64: 257-261.
19. Cesi, L.N., O.A. Curzio and A.B. Pomlio. 1991. Effect of irradiation and storage on the flavor of garlic bulbs. J. Food Sci. 56: 44-46.
20. Cheorun, J., J.H. Sun, M.G. Shin and M. Woo. 2003. Irradiation effects on color and functional properties of persimmon leaf extract and licorice root extract during storage. Rad. Physics Chem. J. 67: 143-148.
21. Crogy, C., J. Arrguello and G. Orioli. 1998. Effect of gamma rays on sprouting of seed gloves of garlic Levels of Auxin-Like substances and growth inhibitors. Environ. Exp. Bot. 30: 9-15.
22. FAO. 2014. Food and Agriculture Organization Statistics. www.fao.org

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1395.17.4.6.8]

23. Farkas, J., D.A.E. Ehlermann and C. Mohácsi-Farkas. 2014. Food technologies: food irradiation, In: Encyclopedia of Food Safety, Ed. Yasmine Motarjemi, Academic Press, Waltham, 3: 178-186.
24. Farkasa, J. and C. Csillamoha. 2011. History and future of food irradiation. Trends Food Sci. Technol. 22: 121-126.
25. Goyal, R.K., A.R.P. Kingsly, P. Kumar and H. Walia. 2007. Physical and mechanical properties of aonla fruits. J. Food Eng. 82: 595-599.
26. Gunes, G., J.H. Hotchkiss and C.B. Watkins. 2001. Effects of Gamma Irradiation on the Texture of Minimally Processed Apple Slices. J. Food Sci. 66: 63-67.
27. Hussain P.R., R.S. Meena, M.A. Dar and A.M. Wani. 2012. Effect of post-harvest calcium chloride dip treatment and gamma irradiation on storage quality and shelf-life extension of Red delicious apple. J. Food Sci. Technol. 49: 415–426.
28. Jo, C., G.H. Son, M.G. Shin and M.W. Byun. 2003. Irradiation effects on color and functional properties of persimmon leaf extract and licorice root extract during storage. Rad. Physics Chem. 67: 143-148.
29. Kwon, J.H., M.W. Byun and H.O. Cho. 1985. Effect of gamma irradiation dose and timing of treatment after harvest on the storability of garlic bulbs. J. Food Sci. 50: 379-385.
30. Maskan, M. 2001. Drying, shrinkage and rehydration characteristics of kiwifruits during hot-air and microwave drying. J. Food Eng. 48: 177-182.
31. Mohsenin, N.N. 1996. Physical Properties of Plant and Animal Materials. Gordon Breach Science Press, New York, USA.
32. Okyay Menges, H. and C. Ertekin. 2006. Mathematical modeling of thin layer drying of golden apples. J. Food Eng. 77: 119-125.
33. Rasekh, M., R. Majdi and A. Afkari Sayah. 2012. Determine the effect of storage on some physical and mechanical properties of garlic. J. Agr. Eng. Res. 12: 71-84.
34. Rosenthal, A.J. 1999. Relation between instrumental and sensory measures of food texture, in Food texture: measurement and perception (ed. A.J. Rosenthal), Aspen Publishers, Inc., Maryland, pp.1-17.
35. Shahrani, M., Rafian, M., Shirzad, H., Hashemzade, M., Yoosefi, H., Khadivi, R., Amini, S.A., Moradi, M.T., Moghadasi, J., Rahmani, M.R., Rahimi, M. and Shahrani, D. 2007. The effect of methanolic extract of garlic on the level of gastric acid and pepsin secretion in rats. J. Feiz (J. Kashan Univ. Med. Sci.). 10 (4): 8-14.
36. Sirisomboon, P., P. Kitchaiya, T. Pholpho and W. Mahuttanyavanitch. 2007. Physical and mechanical properties of *Jatropha curcas* L. fruits, nuts and kernels. J. Food Eng. 97: 201-207.
37. Tamure, C and O. Teryaki. 2012. Irradiation alone or combined with other alternative treatment to control postharvest diseases. Afr. J. Agr. Res. 8: 421-434.
38. Wang, J. and Y. Chao. 2003. Effect of gamma irradiation on quality of dried potato. Rad. Physics Chem. 66: 293-297.
39. Yook, H.S. 2009. Effect of gamma irradiation on quality of kiwifruit (*Actinidia deliciosa* var. *deliciosa* cv. Hayward). Rad. Physics Chem. 78(6), 414-421.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1395.17.4.6.8]

40. Zomorodian, A., H. Safiyari, H. Rahmanian and F. Salmani Zadeh. 2013. Evaluation of changes in the physical properties of persimmon fruit during storage at ambient conditions. J. Food Sci. Technol. 8: 417-426.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1395.17.4.6.8]

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 17 (4): 439-452 (2017)

Mechanical, Physical and Chemical Changes of Irradiated Garlic during Storage

S.H. Yoosefian, E. Ahmadi* and M.R. Abdollahi[1]

Due to high cost of maintaining, limited storages and high production of garlic in Hamadan province, gamma ray is one of the new method used to store garlic. Therefore, the effect of irradiation dose, storage period and storage temperature on the physical, chemical and color parameter of garlic was studied. Samples were irradiated with 75 and 150 Gy doses and stored for 6 months at 4 and 18°C. During the storage period mechanical parameters (yield and critical stress and strain and energy of rupture), physical properties (size of sample, weight loss, water loss, volume, and geometric mean diameter), color parameters and allicin of control and irradiated samples, were measured monthly. The results showed that with increasing storage period, geometric mean diameter, water content, volume and allicin decreased in irradiated and control samples. Reduction of geometric mean diameter, water content and volume parameters in samples irradiated with 150 Gy dose were more than those of 75 Gy dose at 4°C, 0.26, 6.9 and 13.33 percent, respectively. With aheading storage period, weight loss and color parameters such as a* and b* were increased in 150 Gy dose irradiated samples that were more than 75 Gy dose at 4°C, 5.5, 52.80 and 30 percent, respectively. Also, penetration indices such as yield stress and yield strain, declined in irradiated samples with 150 Gy were 9 and 19 percent at 4°C and 15 and 23 percent at 18°C and energy of rupture reduced with increasing of irradiation dose to 6 percent in 4°C and 7 percent in 18°C, respectively. According to high effectiveness of irradiation, this method can be used to enhance garlics shelf-life during storage.

Keywords: Allicin, Changing color, Garlic, Gamma Ray, Physical properties, Mechanical properties.

1. Former M.Sc., Department of Biosystem Engineering, Associate Professor, Department of Biosystem Engineering, Associate Professor, Department of Crop Production and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

* Corresponding author, Email: (eahmadi@basu.ac.ir)

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1395.17.4.6.8]