

تعیین تازگی میگوی پرورشی (گونه وانامی) با استفاده از خواص فیزیکی و مکانیکی

رضا گلی^۱، مهدی قاسمی و رنامخواستی^{۲*}، مجتبی نادری بلداجی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

۲- استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

۳- استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

(تاریخ دریافت: ۹۳/۱۱/۶ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱/۳۱)

چکیده

در این مقاله تازگی و کیفیت میگوی پرورشی (وانامی) با استفاده از آزمون‌های مکانیکی برشی و فشاری در طی چهار مرحله نگهداری (روز اول، روز سوم، روز ششم و روز نهم) با شرایط نگهداری مرسوم (۲°C، در یخ) و با دو سرعت تیغه‌ی برش و استوانه ۴۸ و ۱۴۴ mm/min مورد بررسی قرار گرفت. از مشخصه‌های مورد بررسی برای آزمون برشی شامل: سفتی برشی، انرژی تسلیم، بیشینه انرژی، حداکثر نیروی برشی و انرژی کل و از مشخصه‌های مورد بررسی برای آزمون فشاری، انرژی کرنشی کل، انرژی برگشتی، مدول سفتی، سختی، برجهنگی، پسماند، چسبندگی و فنریت بود. از برخی ویژگی‌های فیزیکی شامل وزن با پوست، حجم با پوست، وزن مخصوص با پوست، وزن بدون پوست، وزن مخصوص بدون پوست و طول میگو نیز بهره گرفته شد. نتایج بدست آمده در طرح بلوک کاملاً تصادفی به روش فاکتوریل تجزیه و تحلیل و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن انجام شد. نتایج نشان داد که متغیرهای مستقل روز، مدول سفتی در سطح ۱ درصد معنی‌دار می‌باشد، همچنین پسماند و انرژی کرنشی کل در سطح ۵ درصد برای روز نگهداری معنی‌دار است. انرژی برگشتی، فنریت و سختی گوشت تا روز ششم همواره کاهش و سپس افزایش یافت. این یافته‌ها نشان می‌دهد که تردی گوشت میگو تا روز ششم همواره کاهش می‌یابد. از این مطالعه چنین نتیجه‌گیری شد که می‌توان از روش‌های مکانیکی برای تعیین میزان تازگی میگو به‌خوبی بهره برد و بهترین روش برای تعیین تازگی و کیفیت استفاده از روش فشاری با شاخص مدول سفتی و سختی گوشت میگو است.

کلید واژگان: تیغه برشی، آزمون فشار، سفتی، بافت سنجی.

* مسئول مکاتبات: ghasemymahdi@gmail.com

۱- مقدمه

پرورش میگو به عنوان یکی از فعالیت‌های مهم آبرزی پروری در جهان و ایران در حال گسترش می‌باشد. یکی از گونه‌های متداول میگو وانامی است. در کشور ما با توجه به توسعه سواحل جنوبی و گسترش سریع صنعت پرورش میگو، بررسی و مطالعه در زمینه فرآوری و کنترل کیفیت آن از شاخص‌ترین رسالت‌های محققین مهندسی صنایع غذایی و بیوسیستم می‌باشد.

از آنجایی که میگو محصولی راه‌بردی و دارای سطح تولید زیادی است، لذا تعیین کیفیت آن بسیار با اهمیت جلوه می‌نماید. تازگی برای تمام فرآورده‌های گوشتی از جمله گوشت میگو مهمترین پارامتر برای خرید است. تازگی شاخصی ترکیبی از عامل‌های مختلف است که می‌توان به رنگ، بافت سطح گوشت، تردی و پراکندگی یا میزان عضله و ویژگی‌های مورفولوژیک اشاره کرد [۱]. برخی از ویژگی‌های میگو رابطه مستقیمی با تازگی و کیفیت دارند که مربوط به ساختار، ظاهر (متشکل از رنگ، شکل، اندازه و براقی)، بو، ظرفیت نگهداری آب، بافت و غیره می‌باشند [۲]. بافت میگوی خام را می‌توان با استفاده از روش‌های مختلف و آزمون‌های مکانیکی مواد غذایی، اندازه‌گیری کرد. روش‌های اصلی مورد استفاده برای اندازه‌گیری بافت میگو، آزمون سوراخ کردن (پانچ)، فشار، برش و کشش می‌باشند. در میان آن‌ها، آزمون‌های برش و فشار برای میگوی تازه توصیه شده است [۳].

خواص مکانیکی به خواص مربوط به رفتار یک ماده تحت نیرو یا بار مکانیکی اطلاق می‌شود. محصولات کشاورزی زنده‌اند و دائماً تغییراتی از لحاظ شکل، اندازه، شدت تنفس و جنبه‌های دیگر حیات متحمل می‌شوند [۴]. خواص مکانیکی مواد خوراکی به نیروهای بین مولکولی سازنده آن‌ها، نسبت ترکیبات سازنده و شرایط محیطی بستگی دارد.

خواص فیزیکی محصولات کشاورزی و شیلاتی از مهمترین پارامترهای لازم برای طراحی سامانه‌های بسته‌بندی، فرآوری، انتقال و درجه‌بندی می‌باشد. برآورد اندازه متوسط میگو علاوه بر طراحی سامانه‌های درجه‌بندی و بسته‌بندی در تعیین استانداردهای کیفی، بالا بردن ارزش فروش، نظارت رشد، پیش‌بینی عملکرد و بدست آوردن مقادیر بهینه تغذیه و هوادهی نیز مورد نیاز است. حجم یکی از ویژگی‌های فیزیکی محصولات کشاورزی و شیلاتی است و معمولاً به دلیل شکل

بی‌قاعده محصولات کشاورزی و شیلاتی از روش جابه‌جایی

آب برای تعیین حجم، دانسیسته و چگالی استفاده می‌شود. تحقیقات زیادی در رابطه با تعیین کیفیت میگو بر اساس خواص مکانیکی انجام شده است. از جمله گوینگ‌زاهو [۵] در پژوهش خود به مطالعه‌ی شاخص‌های کیفی میگوی سفید (وانامی) در شرایط مختلف نگهداری پرداخت. شاخص‌های تعیین کیفیت مورد مطالعه شامل آزمون شیمیایی، میکروبی، حسی، بینی الکترونیک و آزمون بافت سنجی (خواص مکانیکی) بود. نتایج پژوهش نشان داد تغییرات پارامترهای سختی، شاخص فنریت، برجه‌نگی و چسبندگی برای گروه‌های ذخیره‌سازی مختلف، کوچک بود. شاخص فنریت و چسبندگی در روزهای ابتدایی کاهش یافت و سپس افزایش یافت. در پژوهشی مشابه هیودوبرو و همکاران [۶] به بررسی کیفیت ماهی در شرایط مختلف نگهداری با استفاده از آزمون فشرده‌سازی پرداختند. آن‌ها نیز همانند گوینگ‌زاهو به نتایج مشابهی دست یافتند. حسین‌پور و همکاران [۷] از روش ماشین بینایی برای پایش بر خط تغییرات رنگ میگو در طول خشک کردن، استفاده کردند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که پارامترهای رنگ به طور قابل توجهی توسط پارامترهای مورد مطالعه تحت تاثیر قرار گرفت و روشی نمونه‌ها کاهش یافت، در حالی که سایر پارامترهای رنگ افزایش نشان دادند.

در پژوهشی دیگر اودیلیچوکا و همکاران (۲۰۱۴) به بررسی ماندگاری، کیفیت و عمر مفید میگوی پا سفید اقیانوس آرام (وانامی) تازه برداشت شده و ذخیره شده بر روی یخ پرداختند. شاخص‌های کیفی مورد بررسی ایشان شامل آزمون‌های شیمیایی TVB-N، TA، TMA-N، APC، APC و آزمون رنگ سنجی TCD و گروماتوگرام بود. آن‌ها بهترین مدت ماندگاری میگو را تحت شرایط نگهداری در یخ تا ۸ روز توصیه کردند [۸].

فو و همکاران (۲۰۱۴) به بررسی شاخص‌های کیفی میگوی سفید وانامی با شرایط مختلف صید نگهداری، غوطه ور بودن در یخ آب و میگوی بدون سر در یخ و آب در طی دو هفته با استفاده از طیف سنجی نزدیک مادون قرمز پرداختند. تغییرات سختی برای هیچ کدام از روش نگهداری میگو در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود درحالی‌که میزان فنریت، میگوی نگهداری شده به صورت غوطه‌ور در یخ آب تغییرات محسوسی نسبت به میگوی بدون سر داشت [۹].

$$V = \frac{m_2}{\rho_w}$$

$$m_2 = m_1 - m_3$$

در این روابط مقادیر m جرم (kg)، V حجم میگو (m^3) و جرم مخصوص میگو ρ (kg/m^3) در نظر گرفته شد. لازم به ذکر است این آزمایش یک بار برای میگوی تمیز نشده و یک بار برای میگو تمیز شده صورت گرفت. با داشتن وزن و حجم میگو جرم مخصوص آن از رابطه ۳ محاسبه می‌شود.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

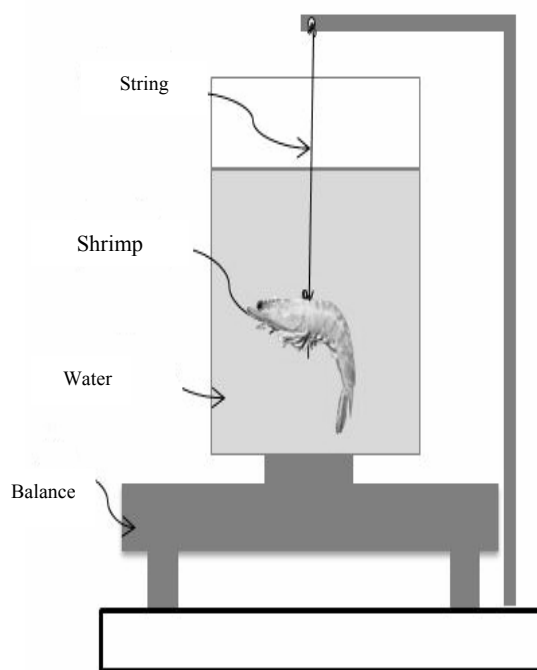


Fig 1 The method used for the measurement of shrimp volume

۲-۲- اندازه‌گیری طول

طول میگو به کمک یک کولیس دیجیتال با دقت 0.1 mm اندازه‌گیری شد. به منظور تعیین مشخصات فیزیکی میگوها شامل جرم، حجم و طول ۱۰ تکرار انجام شد. از آنجا که بافت گوشت میگو بسیار نرم و انعطاف پذیر است برای اندازه‌گیری طول، میگوها روی سطح تمیز و صاف به صورت افقی قرار داده و با دقت طول آن‌ها اندازه‌گیری شد.

۲-۳- آزمون برش

میگوها برای آزمایش‌های مکانیکی تمیز و پوست کنده شدند. مقاومت برشی گوشت میگو از طریق برش ساده و با استفاده از

هدف از این تحقیق ارزیابی تازگی میگوی پا سفید غربی (وانامی) با استفاده از آزمون‌های مکانیکی می‌باشد. برای تعیین تازگی میگو از آزمون‌های مکانیکی شامل برش و فشار با دو سرعت کرنش مختلف تیغه برش و پروب فشار انجام شد. به دانش ما، آزمون‌های مکانیکی برشی و استخراج پارامترهای مربوط با ماندگاری میگو، برای اولین بار در دنیا در این تحقیق انجام شده است که این مورد یکی از جنبه‌های نوآوری در تحقیق حاضر است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- تهیه میگو

در این پژوهش میگوهای پرورشی پا سفید غربی (وانامی) تازه صید شده مورد آزمایش قرار گرفت. میگوهای مورد استفاده از یکی از استخرهای پرورش در شهرستان بوشهر در اوایل پاییز سال ۱۳۹۲ تهیه شدند. نمونه‌های میگو در دمای $2 \pm 0^\circ \text{C}$ (در پودر یخ) نگهداری و در ظرفی عایق قرار گرفت. این میگوها ۴ بار در طول ۹ روز با فاصله زمانی ۷۲ ساعت مورد آزمایش قرار گرفتند

ابتدا برخی خواص فیزیکی میگو شامل وزن با پوست، حجم با پوست، وزن مخصوص با پوست، وزن بدون پوست، حجم بدون پوست، وزن مخصوص بدون پوست و طول میگو اندازه‌گیری شدند. مرسوم‌ترین روش، برای تعیین حجم محصولات کشاورزی روش شناوری (غوطه وری) آب است که در آن حجم محصول از تقسیم نیروی شناوری (جرم آب جابه‌جا شده) بر دانسیته آب بدست می‌آید. برای تعیین حجم میگوها از این روش همانند شکل (۱) استفاده شد. بدین صورت که ابتدا ظرف مناسب محتوی مایعی با چگالی مشخص (آب مقطر) را روی ترازوی دیجیتال (Japan-testo 435)، با دقت 0.01 g و ماکزیمم ظرفیت 5 Kg قرار داده و عدد روی ترازو قرائت گردید (m_1). سپس میگو به یک نخ نازک نایلونی بسته و به آرامی درون ظرف آب قرار داده شد. پس از به تعادل رسیدن آب درون ظرف، عدد ترازو قرائت و ثبت گردید (m_2). در این حالت m_3 (اختلاف m_1 و m_2) معادل نیروی شناوری اعمالی توسط سیال بر میگو و جرم مخصوص آب ρ_w برابر 1 g/cm^3 خواهد بود. سپس حجم هر نمونه به کمک روابط ۱ و ۲ محاسبه گردید [۴].

حداکثر نیروی برشی: حاصل ضرب مقاومت برشی ماکزیمم در سطح مقطع نمونه، رابطه ۴ (۱۷).

$$F_{max} = T_{max} \times A$$

در رابطه ۴، T_{max} مقاومت برشی ماکزیمم (Mpa)، A سطح مقطع نمونه در صفحه برش (mm^2) و F_{max} نیروی برشی ماکزیمم (N) می‌باشد.

انرژی کل: انرژی برشی E_f از محاسبه سطح زیر منحنی نیروی برش - جابجایی تا نقطه گسیختگی کامل [۱۸].
 آزمون فشاری: در این آزمایش از استوانه‌ای با سر مخروطی شکل و با قطر ۸ mm استفاده گردید. در این تحقیق برای بارگذاری نمونه‌ها از مبدل نیروی ۲۰۰ نیوتن استفاده شد. سرعت نفوذ استوانه در دو سطح ۴۸ و ۱۴۴ mm/min آزمون شد. آزمون نفوذ تا ۵۰٪ از قطر نمونه میگو بر حسب اطلاعات اولیه داده شده به دستگاه آزمون جامع کشش فشار محدود بود و سپس نمونه باربرداری شد [۱۹-۲۱].

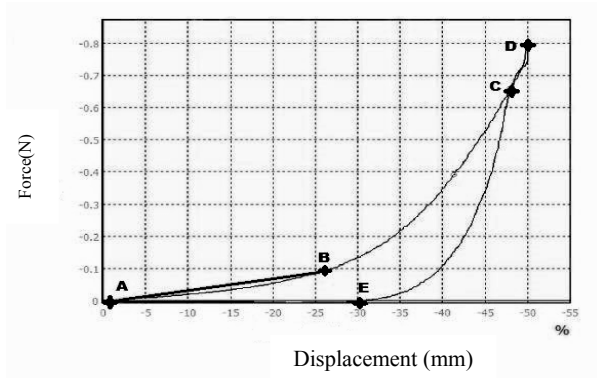


Fig 3 Output curve of tension-compression test for compression test: A-B: straight line, C: the cross point of loading and unloading, D: maximum force, E: permanent shear deformation of shrimp after unloading

پارامترهای محاسبه شده از آزمون های فشاری عبارتند از:
 انرژی کرنشی کل: سطح زیر نمودار نیرو - جابه جایی تا نقطه بیشینه نیروی فشار (در نقطه ۵۰٪ قطر اولیه). این مساحت توسط نرم افزار متلب محاسبه گردید [۲۲-۲۳].
 انرژی برگشتی: این مقدار با محاسبه سطح زیر نمودار قسمت باربرداری محاسبه شد [۲۴].
 مدول سفتی: شیب قسمت خطی نمودار نیرو - جابه جایی به عنوان معیاری برای مقایسه در نظر گرفته شد. این پارامتر، از

دو صفحه ثابت و موازی چوبی که بین آنها تیغه برشی آزادانه می‌تواند حرکت کند، اندازه‌گیری شد (شکل ۲). یک سری سوراخ‌هایی با قطر ۵ تا ۲۵ mm در بین صفحات چوبی برای جا دادن میگوها با قطرهای مختلف وجود داشت. نیروی برشی با سوار کردن دو صفحه ثابت و موازی چوبی بر روی دستگاه آزمون جامع کشش - فشار با علامت تجارتي ستام مدل STM-20 مجهز به تیغه برشی وارنر - براتزلر (WarnereBratzler) به نمونه‌ها اعمال گردید [۱۰]. نیروی اعمالی با استفاده از یک مبدل نیرو اندازه‌گیری و تغییرات نیرو - جابه‌جایی تا هنگام گسیختگی کامل ثبت شد. نیروی برشی با سرعت‌ها ۴۸ و ۱۴۴ mm/min اعمال شد. تیغه برشی در اصل برای آزمایش‌های برشی معمولی محصولات غذایی نرم استفاده می‌شود [۱۱]. در این تیغه دو لبه برنده به آرامی گوشت میگو را برش می‌دهد [۱۲]. تیغه با لبه برنده مستقیم برای نمونه‌های مستطیل شکل و تیغه دندانه‌دار برای نمونه استوانه‌ای استفاده می‌شود [۱۳].

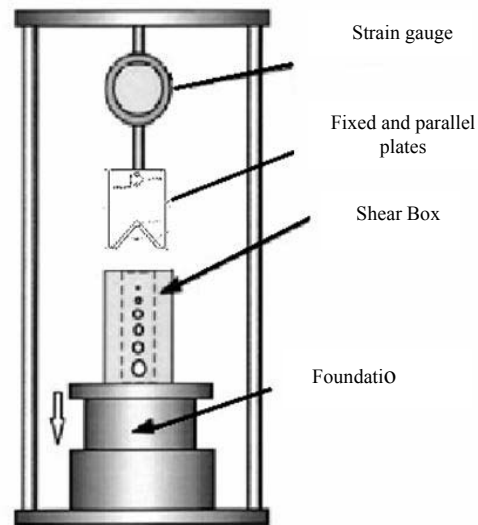


Fig 2 A schematic representation of measuring system for shear resistance

پارامترهای محاسبه شده از آزمون های برشی عبارتند از:
 سفتی برشی (Shear Stiffness): شیب قسمت خطی نمودار نیروی برشی - جابجایی برشی [۱۴].
 انرژی تسلیم (yield energy): سطح زیر نمودار نیرو - تغییر شکل تا نقطه تسلیم [۱۵].
 بیشینه انرژی (peak energy): به بیشترین انرژی مورد نیاز برای شروع گسیختگی گوشت میگو [۱۶].

و تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آزمایش‌ها با استفاده از نرم افزار SAS9 و SPSS Ver.22 در قالب طرح آزمایشی فاکتوریل و آزمون ANOVA و آنالیز چند متغیره GLM (تست دانکن) با در نظر گرفتن سرعت برش- فشار، خواص، روز و تکرار به عنوان متغیر مستقل و هر یک از پارامترهای برش شامل: سفتی برشی، انرژی تسلیم، بیشینه انرژی، حداکثر نیروی برشی و انرژی کل همچنین پارامترهای فشاری شامل: انرژی کرنشی کل، انرژی برگشتی، مدول سفتی، سختی، برجهندگی، نیروی چسبندگی، پسماند و شاخص فنریت به عنوان متغیرهای وابسته انجام شد.

۳- نتایج و بحث

میانگین ویژگی‌های جرم، حجم و جرم مخصوص در حالت پوست کنده و کامل در جدول (۱) ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که میانگین جرم با پوست میگو $1.6/87$ g حجم با پوست $1.6/23$ ml، چگالی $1/05$ g/cm³ و برای میگوهای پاک شده میانگین جرم میگو $1.3/78$ g حجم $1.3/26$ ml، چگالی $1/04$ g/ml بوده است. همچنین میانگین طول میگو $134/74$ mm بدست آمد.

آنجایی که مدول الاستیسیته بخاطر مشخص نبودن کرنش در حین آزمون فشاری قابل محاسبه نبود به عنوان یک معیار قابل مقایسه از سختی ماده پیشنهاد شد [۲۵].

سختی: این پارامتر برابر با بیشترین نیرو وارده به ماده نمودار نیرو- جابه‌جایی می‌باشد [۲۶-۲۷].

برجهندگی: این مقدار با محاسبه انرژی برگشتی از گوشت در هنگام بار برداری به انرژی داده به آن محاسبه شد [۲۸].

نیروی چسبندگی: اختلاف نیروی بین نقطه بار برداری (نقطه C در شکل ۳) تا محل تقاطع (نقطه D) نمودار نیرو جابه‌جایی در مرحله بار برداری، این نیرو به خاطر چسبیدن استوانه به بافت گوشت میگو ایجاد می‌شود [۲۹].

پسماند: از اختلاف مقدار انرژی جذب شده در بارگذاری و مقدار انرژی بازگردانده در باربرداری محاسبه می‌شود [۳۰]. شاخص فنریت: نسبت ارتفاع اولیه جسم به ارتفاع نهایی پس از اعمال نیرو شاخص فنریت گفته می‌شود. شکل ۳ خروجی دستگاه آزمون جامع کشش- فشار برای آزمون فشار پارامترهای مرتبط را نشان می‌دهد.

۲-۳- روش‌های تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها:

درکل تعداد ۴۸ نمونه (۲ سرعت \times ۲ نوع آزمون \times ۴ روز \times ۳ تکرار) مورد آزمون‌های مکانیکی قرار گرفتند. کل داده‌های حاصل وارد نرم افزار Excel 2010 شدند. بررسی‌های آماری

Table 1 Mean values of physical attributes of the shrimps

Ninth day	Sixth day	Third day	First day	Attributes
16.45 ^a	16.93 ^a	16.77 ^a	17.34 ^a	(g)Mass with skin
16.35 ^a	16.10 ^b	15.67 ^b	16.79 ^a	(ml) Volume with skin
1.04 ^a	1.58 ^a	1.07 ^a	1.03 ^a	(g/cm ³) Density with skin
11.32 ^b	14.81 ^a	14.03 ^a	14.98 ^a	(g) Mass without skin
10.98 ^a	14.17 ^b	13.42 ^b	14.43 ^b	(ml) Volume without skin
1.03 ^a	1.05 ^a	1.05 ^a	1.04 ^a	(g/ml) Density with skin
137.54 ^b	133.70 ^a	130.23 ^a	137.50 ^b	(mm)Length

Common letters above the numbers show no significant difference at 5 % level

سختی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار می‌باشد و برای پارامتر تکرار متغیر وابسته مدول سفتی، نیروی چسبندگی و شاخص فنریت در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. همچنین پسماند و انرژی کرنشی کل در سطح ۵ درصد برای روز نگهداری معنی‌دار است.

نتایج تجزیه واریانس تاثیر سرعت و روز نگهداری بر شاخص‌های آزمون برشی محاسبه شد. هیچ کدام از پارامترها در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشد.

نتایج تجزیه واریانس تاثیر سرعت و روز نگهداری بر شاخص‌های آزمون فشاری در جدول (۲) آورده شده است. نتایج نشان داد که برای متغیرهای مستقل روز، مدول سفتی و

Table 2 Analysis of variance for speed and storage day effects on compression test indices

Mean squares					
Hardness (N)	Stiffness modulus N/mm	Recycle energy (mJ)	Total stain energy (mJ)	DOM	Source of variation
3.00 ns	1.88 **	17.79 ns	116.19 ns	2	speed
101.20 **	8.05 **	26.51 ns	1116.87 *	3	Storage day
30.01 ns	0.41 ns	11.73 ns	483.54 ns	6	Speed * storage day

Mean squares					
Springiness	Hysteresis (mJ)	Adherence force (N)	Resilience	DOM	Source of variation
0.70 ns	224.78 ns	0 ns	737.24 ns	2	speed
2.52 ns	828.14 *	12.36 ns	777.63 ns	3	Storage day
2.46 ns	377.05 ns	38.73 ns	720.48 ns	6	Speed * storage day

ns, * and ** are non significant, significant at 5% and 1 % levels, respectively

همچنین برای پارامتر بیشینه انرژی، در روز سوم و نهم اختلاف معنی داری مشاهده شد. بیشترین مقدار سفتی برشی ۱/۷۲ Mpa، انرژی گسیختگی ۴۷/۹۸ MJ، بیشینه انرژی ۱۴۴/۹۱ MJ، حداکثر نیروی برشی ۳۰/۶۱ N و انرژی کل ۲۴۳/۴۵ MJ بدست آمد. جدول (۳) میانگین پارامترهای آزمون برشی را نشان می دهد.

آنالیز چند متغیره دانکن شامل اثر متقابل روز و سرعت بر پارامترهای آزمون برشی نشان داد سفتی برشی، انرژی جاری شدن، بیشترین نیروی برش و انرژی کل برای هیچ کدام از متغیرهای روز و سرعت اختلاف معنی داری در سطح ۵ درصد وجود ندارد. تغییرات سرعت در هیچ کدام از پارامترهای وابسته اختلاف معنی داری در سطح ۵ درصد نشان نداده است.

Table 3 Means of the shear test parameters

Mean					Variable
Total energy (mJ)	Maximum shearing force (N)	Maximum energy (mJ)	Yield energy (mJ)	Shearing stiffness N/mm	
208.04 ^b	22.49 ^a	98.27 ^b	47.98 ^b	1.29 ^a	First day
225.17 ^b	24.88 ^a	85.37 ^a	27.03 ^a	1.33 ^a	Third day
166.63 ^a	27.41 ^a	108.58 ^b	26.96 ^a	1.45 ^a	Sixth day
243.45 ^b	30.61 ^b	144.91 ^b	45.34 ^a	1.72 ^a	Ninth day

Common letters above the numbers show no significant difference at 5 % level

مقدار آن برای سرعت ۱۴۴ mm/min برای روز نهم با مقدار ۲۰/۱۵ N می باشد.

این امر ممکن است ناشی از کاهش میزان چربی باشد زیرا اولین اتفاقی پس از دست دادن تازگی در میگو در درجه اول بوجود می آید تغییرات کاتابولیک در نوکلئوتیدها و کربوهیدراتها است که به سرعت واکنش ترکیبات نیتروژنی و همچنین هیدرولیز و پراکسیداسیون لیپیدها بستگی دارد [۲۶]. تغییرات شیمیایی در چربیها شامل: تجزیه و تحلیل چربی، اکسیداسیون چربی و واکنش این مواد با قطعات غیر چربی، مانند پروتئینها است.

نتایج آنالیز چند متغیره GLM (تست دانکن) شامل اثر متقابل روز و سرعت بر پارامترهای آزمون فشاری را نشان می دهد که تمامی مقادیر پارامترها به جز مدول سفتی دارای روند افزایشی بود. همچنین مقدار مدول سفتی برای دو سرعت و انرژی کرنشی کل، مدول سفتی، سختی و پسماند با پارامترهای مستقل روز اختلاف معنی داری داشته است. جدول (۴) میانگین پارامترهای آزمون فشاری را نشان می دهد.

بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین میزان سختی بافت میگو طی ۹ روز با دو سرعت، سختی بافت میگو تا روز ششم کاهش می یابد و بعد از آن افزایش می یابد. همچنین بیشترین

Table 4 Means of the compression test parameters

Mean								Variable
Springiness	Hysteresis (mJ)	Adherence force (N)	Resilience	Hardness (N)	Stiffness modulus N/mm	Recycle energy (mJ)	Total strain energy (mJ)	
4.93 a	8.65 a	7.97 a	2.63 a	10.50 a	0.95 a	4.49 a	15.14 a	First day
3.48 a	18.16 a	8.76 a	6.89 a	12.59 a	1.13 a	6.46 a	24.62 a	Third day
4.42 a	13.49 a	7.94 a	4.68 a	11.10 a	5.54 a	4.97 a	18.45 a	Sixth day
4.71 a	35.61 b	10.99 a	27.24 b	19.39 b	3.14 a	9.93 b	45.53 a	Ninth day

Common letters above the numbers show no significant difference at 5 % level

۴- نتیجه گیری

در این مطالعه روابط بین ماندگاری میگو با کمک خواص مکانیکی بررسی شد. نتایج نشان داد که می توان از روش های مکانیکی برای تعیین میزان تازگی به خوبی بهره برد. بهترین روش برای تعیین تازگی و کیفیت میگو، استفاده از روش آزمون فشاری با شاخص مدول سفتی و سختی گوشت میگو است. همچنین طی ۹ روز نگهداری گوشت میگو در دمای ۴-۲۰ °C برای سرعت ۱۴۴ mm/min بیشتر از سرعت ۴۸ mm/min است. انرژی برگشتی، فنریت و سختی گوشت تا روز ششم همواره کاهش و بعد از آن این پارامترها با افزایش روبه رو شدند. تردی گوشت میگو تا روز ششم همواره کاهش یافت که این امر حاکی از آن است که نتایج تحقیقات قبلی با نتایج حاصل از این تحقیق تا حد نسبتاً زیادی مطابقت دارد.

این نتایج با یافته های هیودوبرو و زنگ گوینگ زاهو همسو است [۵، ۶]. همچنین بر اساس تحلیل نتایج بدست آمده می توان دریافت که پسماند با میزان نگهداری رابطه مستقیم دارد. با افزایش میزان نگهداری میگو قابلیت ارتجاعی گوشت کم می شود. هر چقدر پسماند اندازه گیری شده کمتر باشد بیانگر تازگی گوشت و لذا قابلیت ماندگاری بیشتر است. میانگین ویژگی های آزمون برش نمونه های میگو مورد ارزیابی برای دو سرعت شامل پارامترهای انرژی جاری شدن، سفتی برشی، بیشترین نیروی برش، انرژی کل و بیشترین انرژی مورد نیاز بررسی شد. مطابق با نتایج حاصل از مقایسه میانگین میزان بیشترین نیروی برش بافت میگو طی ۹ روز با دو سرعت، نیروی برش میگو تا روز نهم افزایش می یابد. همچنین بیشترین مقدار آن برای سرعت ۱۴۴ mm/min برای روز نهم با مقدار N ۳۲/۵۶۰ می باشد.

۵- نمادها

F	نیروی برشی وارده	m	جرم
T_{max}	مقاومت برشی ماکزیمم	V	حجم
E_s	انرژی برشی	P_w	جرم مخصوص آب
F_{max}	نیروی برشی ماکزیمم	m_1	جرم آب و ظرف
A	سطحی که نیرو بر آن اثر می کند	m_2	جرم آب، ظرف و میگو
		m_3	اختلاف جرم

(Biosystems); 2013; Mashhad, Iran. [In Farsi].

- [2] Malcolm, C Bourne Cm .(2002). Food Texture and Viscosity: *Concept and Measurement. Academic Press (2nd Edition), An Elsevier Imprint, London, Uk.*
- [3] Goli R . Present Methods Recently Applied

۶- منابع

- [1] Goli R and Ghasemi-Varnamkhasti M. (2013). Recent Applications Of Physical Methods Of Determining The Freshness and Quality Of Shrimp. *8th National Congress Of Agricultural Machinery Engineering*

- [14] Boyer, A. M., and Kilcast, D. (1986a). Food Texture and Dental Science. *Journal Of Texture Studies*, 17, 221–252.
- [15] Bourne, M. C. (1978). Texture Profile Analysis. *Food Technology*, 32(7), 62–66 72.
- [16] AMSA. (1995). Research Guidelines For Cookery, Sensory Evaluation and Instrumental Tenderness Measurements of Fresh Meat. *American Meat Science Association. Savoy, Il.*
- [17] Guinard, J.-X., and Mazzucchelli, R. (1996). The Sensory Perception Of Texture and Mouthfeel. *Trends In Food Science and Technology, Reference Edition*, 7, 213–219.
- [18] Gere, J. M., and S. P. Timoshenko. (1997). *Mechanics Of Materials*, 4th Ed. Boston, Mass.: Pws Publishing Company.
- [19] Gibson, L. J., M. F. Ashby, G. N. Karam, U. Wegst, and Shercliff H. R. (1995). The Mechanical Properties Of Natural Materials. Ii. Microstructures For Mechanical Efficiency. *Mathematical and Physical Sciences*. 450: 141-162.
- [20] Persson S (1987). *Mechanics Of Cutting Plant Material. Asae Publications, Michigan.*
- [21] mAnonymous, (2006). *Asabe Standards, 52nd Edn. S358.2, 1:1 Measurement-Forages. St. Joseph, Mi.*
- [22] Asby, M. F., L. J. Gibson, U. Wegst, and Olive R. (1995). Themechanical Properties Of Natural Materials .I. Material Property Charts. *Mathematical And Physical Sciences*, Volume 450, Issue 1938, Pp. 123-140 A450: 123-124.
- [23] Cadun, A., Schubring, R., and Cakli, S. (2009). Comparison Of Retail Marinated Shrimpproducts Available In German Market According To Physical Parameters. *Journal Of Animal and Veterinary Advances*, 8, 2568–2570.
- [24] Szczesniak, A.S. (1963). Classification Of Texture Characteristics. *Journal Of Food Science* 28:385-389.
- [25] Uchiyama, H. and S. Ehira .(1974). Relation Between Freshness and Acid-Soluble Nucleotides In Aseptic Cod and Yellowtail Muscles During Ice Storage. *Bulletin Of The Tokai Regional. Fisheries Research Lab.* 78:23-31.
- [26] Alasalvar, c., Taylor, K.D.A., oksuez, A., Garthwaite, T., Alexis., M.N and Grigorakis, K. (2001). Freshness assessment of cultured sea bream (*Sparus aurata*) by chemical, physical and sensory methods. *Food Chemistry* 72 33-40.
- For Food Storage Important(2013). *Conference On Passive Defense Agriculture, ; 2013; Qeshm, Iran. [In Persian].*
- [4] Mohsenin N.N. (1986). *Physical Properties Of Plant and Animal Materials: Structure, Physical Characteristics and Mechanical Properties* (2nd Ed.). *Gordon Breach Science Publisher, New York, Pp 890.*
- [5] Qingzhu Z. (2003). Quality Indicators Of Northern Shrimp (*Pandalus Borealis*) Stored Under Different Cooling Conditions. *Final Projectdalian Fisheries University. Heishijiao 52. Dalian. 116023. China.*
- [6] Huidobro, A., Lopez-Caballero, M.E. and Mendes, R.(2002). Onboard Processing Of Deepwater Pink Shrimp (*Parapenaeus Longirostris*) With Liquid Ice: Effect On Quality. *European Food Research and Technology* 214 (6): 469-475.
- [7] Hosseinpour S. Rafiee Sh. Mohtasebi S.S and Aghbashlo M. (2013). Application Of Computer Vision Technique For On-Line Monitoring Of Shrimp Color Changes During Drying. *Journal Of Food Engineering.*
- [8] Odilichukwu, C. Okpala R. Choo, W S. and Dykes G, A.(2014). Quality and Shelf Life Assessment Of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus Vannamei*) Freshly Harvested and Stored On Ice. *Lwt - Food Science and Technology* 55 110-116.
- [9] Fu, L. L., Chen, X. and Wang, Y. (2014). Quality Evaluation Of Farmed Whiteleg Shrimp, *Litopenaeus Vannamei*, Treated With Different Slaughter Processing By Infrared Spectroscopy. *Journal Of Food Chemistry*, 151, 306–310.
- [10] Igathinathane C, Womac Ar, Sokhansanj S, and Narayan S. (2008). Knife Grid Size Reduction To Pre-Process Packed Beds Of High- and Low-Moisture *Switchgrass*. *Bioresource Technology*, 08;99,(7)2254–64.
- [11] Belew J. B. Brooks , J. C. Mckenna D. R. and Savell J. W.(2003). Warnerebratzler Shear Evaluations Of 40 Bovine Muscles. *Meat Science*, 64, 507e512
- [12] Chen Y; Gratton J L; and Liu J .(2004). Power Requirements Of Hemp Cutting and Conditioning. *Biosystems Engineering*, 87(4), 417–424.
- [13] Bourne, M. C. (1982) *Food Texture and Viscosity. . Food Technology (Pp. 19–22), Ny:Academic Press.*

- Perception. *Advances In Food Research*, 29, 159-199.
- [30] Heath, M. R., and Prinz, J. F. (1999). Oral Processing Of Foods and The Sensory Evaluation Of Texture. In A. J. Rosenthal (Ed.), *Food Texture, Measurement and Perception (Chapt. 2) (Pp. 18-29)*. Gathersburg: Aspen Publishers Inc.
- [27] Boyer, A. M., and Kilcast, D. (1986b). Electromyography As A Novel method For Examining Food Texture. *Journal Of Food Science*, 51, 859-860.
- [28] Chen L. Linus U. (2013). Texture Measurement Approaches In Fresh and Processed Foods. *Food Research International*. 51- 823-835.
- [29] Christensen, C. M. (1984). Food Texture

Freshness determination of cultured shrimp (*Litopenaeus vannamei*) using physical and mechanical properties

Goli, R. ¹, Ghasemi-Varnamkhashti, M. ^{2*}, Naderi-Boldaji, M. ³

1. MSc student of Department of Mechanical Engineering of Biosystems, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord
2. Assistant Professor , Department of Mechanical Engineering of Biosystems, Faculty of Agriculture, Shahrekord University
3. Assistant Professor , Department of Mechanical Engineering of Bio systems, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord

(Received: 93/11/6 Accepted: 94/1/31)

In this study, freshness and quality of cultured shrimp (*Litopenaeus vannamei*) were studied by using some mechanical properties (under shear and compression) during four storage stages (0, 3, 6 and 9 days) with generally used conditions (at temperature of 0 °C, in ice). For this purpose, two shearing loading rates of 48 and 144 mm/min were examined. Shear properties including stiffness modulus, yield energy, maximum energy, maximum shear force and total energy and the compression properties including total strain energy, recycle energy, stiffness, hardness, resilience, hysteresis, maximum adherence of exerted force and springiness were evaluated. The parameters of weight with and without skin, volume with and without skin, specific weight with and without skin, and length were considered as some physical properties of the shrimp samples.

A factorial statistical design with completely randomized block design was used for data analysis and Duncans' test was exploited for mean comparisons. Based on the results, effects of the independent variables (storage day, modulus of stiffness) were significant at 1% probability level. Also, hysteresis and total strain energy for storage day showed marked difference at 5 % level. It can be concluded that mechanical properties of the shrimp could be used to determine shrimp freshness and use of compression method with modulus of stiffness and shrimp tissue stiffness is the most appropriate approach for this aim. Resilience energy, springiness and stiffness of shrimp tissue continuously reduced by sixth day of storage afterward the parameters tend to increase. This finding demonstrates that the tenderness of the tissue is gradually diminished after harvest.

Keywords: Shear blade, Pressure Test, Hardness, Texture measurement

*Corresponding Author E-Mail Address: ghasemymahdi@gmail.com