

اثر حرارت دهی با مایکروویو بر عضله راسته شتر یک کوهانه (Camelus dromedaries)

پرنگ نیک مرام^۱، محمد سعید یارمند^{۲*}، زهرا امام جمعه^۳

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
- ۲- دانشیار گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
- ۳- استاد گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۸۹/۸/۷ تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۰/۲۸)

چکیده

در این تحقیق اثر تیمار حرارتی مایکروویو با توان ۶۰۰ وات بر روی عضله راسته شتر ۱-۳ سال بررسی شد. آنالیز شیمیابی، خصوصیات مکانیکی و رفتار پروتئین ها در نمونه های خام و مایکروویو شده مورد مطالعه و مقایسه قرار گرفت. همچنین تعییرات افت پخت در سه توان ۳۰۰، ۶۰۰ و ۹۰۰ وات اندازه گیری شد که همگی از مدل کیتیکی نوع صفر پیروی کردند. درصد چربی، بروتین و خاکستر با توجه به افت پخت بالا افزایش و رطوبت کاهش نشان داد. در میان عناصر، سدیم کاهش و آهن و روی افزایش یافتهند. نیتروی برشی و فشارش نسبت به نمونه خام افزایش نشان داد و بررسی تعییرات نیتروی برشی و فشارش نشان داد که در هر دو نمودار سه مرحله وجود دارد: (۱) سخت شدن سریع، (۲) ترد شدن سریع، (۳) سخت شدن کند. ریز ساختار در نمونه خام و حرارت داده شده به روش مایکروگراف نیز مطالعه شد میکروگراف ها نمایان گر از هم گسیختگی ساختار گشت و کواگولاسیون بافت پیوندی بودند. برای بررسی دناتوراسیون پروتئین ها از آزمون DSC استفاده شد.

کلید واژه گان: شتر، مایکروویو، عضله راسته، رنگ، خصوصیات مکانیکی، ریز ساختار

* مسئول مکاتبات: myarmand@ut.ac.ir

۱- مقدمه

گوشت از منابع مهم پروتئینی به شمار می‌آید. غنی بودن آن از پروتئین‌های حاوی اسیدهای آمینه ضروری و مواد معدنی مانند آهن و روی، انواع ویتامین و نیز انرژی کافی برای بدن، سبب طبقه بندی آن در زمرة بهترین و کامل ترین مواد غذایی می‌شود [۱]. گوشت قرمز حاوی پروتئین با ارزش بیولوژیکی بالا و ریزمندی‌های مهم است [۲].

شتر یک کوهانه (*Camelus dromedaries*) حیوانی است که در مناطق خشک به خوبی قادر به ادامه حیات هستند [۳]. با توجه به این که مساحت زیادی از کشور ما جزء مناطق خشک و نیمه خشک است و از طرفی شتر تحمل زیادی نسبت به دماهای بالا، تابش زیاد نور خورشید و نیز کمبود آب دارد، در نتیجه پرورش شتر به سهولت در این مناطق انجام می‌شود. بخش‌های خوراکی شتر محتوای مقدار کمتری کلسترول نسبت به گوشت گاو یا گوشت گوسفند است بنابر این گوشت شتر سالم تر است [۴].

حرارت دادن گوشت برای تولید محصول ایمن و دلپذیر ضروریست [۵]. به هر حال از معاایب فرآیندهای حرارتی این است که باعث افت مواد مغذی مانند ویتامین‌ها و مواد معدنی می‌شود. مایکروویو در مقایسه با آون‌های گازی و الکتریکی متداول راندمان بالایی دارد. تقریباً ۷۵٪ انرژی کمتر برای پختن یا حرارت دادن با مایکروویو، در مقایسه با روش‌های معمول لازم است [۳] زمان پخت در آون‌های رایج نسبت به آون مایکروویو بسیار بالاتر است [۶]. میانگین زمان پخت با روش‌های معمولی ۴۵ دقیقه و با مایکروویو ۱۵ دقیقه است [۶] اما تحقیقات نشان داده است که افزایش سریع دما به بافت گوشت صدمه می‌زند و در مقایسه با روش‌های سنتی، آب چک آن افزایش می‌یابد [۱]. مطابق تحقیقات انجام شده توسط El-Shimi (1992)، حرارت دادن با مایکروویو سبب افت رطوبت و کاهش عناصر شیمیایی مانند سدیم، روی، آهن و پتاسیم می‌شود. همچنین تحقیقات Harris and Shorthose (1988) در مورد اثر حرارت بر روی خصوصیات مکانیکی گوشت گاو نشان داد که حرارت باعث افزایش سختی و کاهش تردی می‌شود. تا کنون هیچ

۲- مواد و روش‌ها

۱-۲- انتخاب و آماده سازی نمونه‌های آزمایشی

سه شتر با سن ۱-۳ سال در کشتارگاه بسیم گوشت کهریزک به طور تصادفی انتخاب و به طریقه ذبح اسلامی کشتار شد. از قسمت راسته هر کدام ۴ کیلوگرم جدا گردید و جهت بررسی خصوصیات کیفی-بافتی گوشت، به آزمایشگاه انتقال داده شد. بعد از گرفتن چربی اضافی، از هر کدام از عضلات راسته یک قطعه به قطر ۵ سانتی متر و طول ۱۰ سانتی متر و وزن تقریبی ۲۵۰ گرم با تیغ بیستوری بریده شده و در لفاف پلی اتیلن به قطر ۵ سانتی متر قرار داده شد و دو سر آن با نخ مخصوص بسته شد [۶] و برای آنالیز ترکیبی، اندازه گیری آهن، روی و سدیم و نیز بررسی خصوصیات بافنی و آزمون DSC بعد از اعمال حرارت به روش مایکروویو، مورد استفاده قرار گرفت.

جهت انجام آزمایش‌های بافت سنتجی از روش فوق برای آماده سازی نمونه‌ها استفاده گردید سپس برای مایکروویو از زمان صفر تا ۲۰ ثانیه به ازای هر ۲۰ ثانیه افزایش زمان یک نمونه در آون مایکروویو قرار داده شد. پس برای زمان‌های ۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰، ۱۲۰، ۱۴۰، ۱۶۰، ۱۸۰، ۲۰۰، ۲۲۰ ثانیه یک نمونه جدگانه در آون پخت شد.

به منظور گسترش فرآیندهای حرارتی جدید و بهینه سازی فرآیندهای موجود، آگاهی از روند تخریب کیفیت ضروری است. کیتیک‌های نوع اول و دوم برای تشخیص تغییرات کیفی غذاهای گوشتی استفاده می‌شود [۸].

مشاهدات این مطالعه برای بررسی تغییرات کیفی گوشت شتر در طی فرآیند حرارتی مورد استفاده قرار گرفتند. شاخص‌های کیفی شامل افت پخت، تخریب رنگ و بافت بودند.

را نشان می دهد و یک پارامتر مهم در ضمن قهوه ای شدن به حساب می آید.

$$BI = \frac{[100(x - 0.31)]}{0.17} \quad (4)$$

$$x = \frac{(a + 1.75 L)}{(3.643 L + a - 3.012 b)} \quad (5)$$

۶-۲- بررسی خصوصیات مکانیکی

۶-۲-۱- بررسی تردی

تردی قطعات گوشت با اندازه گیری نیروی برشی بوسیله دستگاه اینسٹرونون (Testometric M350-10CT, Japan) تعیین شد. بدین منظور قطعات گوشت به ضخامت و طول تقریبی ۲ و ۵ سانتی متر مطابق روش های حرارتی مذکور پخته شدند. سپس استیک ها تا رسیدن به دمای محیط خنک شده و از هر یک از آنها یک نمونه استوانه ای به قطر ۱/۳۲ سانتی متر و طول تقریبی ۲ سانتی متر، موازی محور فیبر عضلانی تهیه گردید. در پایان هر یک از این نمونه های استوانه ای در جهت عمود بر محور فیبر عضلانی توسط تیغه وارنر-براتزلر دستگاه اینسٹرونون مورد برش قرار گرفت در ضمن سرعت روی ۲۰۰-۲۵۰ میلی متر بر دقیقه تنظیم گردید. در پایان متوسط نیروی لازم برای برش نمونه استوانه ای برای هر یک از قطعات اولیه گوشت بر حسب نیوتون گزارش شد [۱۱].

مشخصات تیغه وارنر-براتزلر:

۱- ضخامت تیغه ۱/۰۱۶

۲- شکل با زاویه ۶۰ درجه باشد.

۶-۲-۲- بررسی فشارش

یک پلاژر استوانه ای ته صاف (قطر ۱/۱۳ سانتی متر و سطح یک سانتی متر مربع) مورد استفاده قرار گرفت. پلاژر با سرعت ۱۰۰ میلی متر بر دقیقه، ۸۰٪ مسیر را به طور عمودی از نمونه گوشت به ضخامت یک سانتی متر، عمود بر جهت فیبرهای عضلانی طی کرد [۱۲].

به طور کلی تغییرات در فاکتورهای کیفی "C" تحت شرایط ایزوترومال در قالب معادلات زیر ارائه شدند [۹]:

$$\frac{dc}{dt} = -k(C)^n$$

K ثابت واکنش، C مقدار خصوصیت کیفی در زمان t، و n مرتبه واکنش است. مدل های کیتیکی مرتبه صفر، اول و دوم به صورت معادلات ۲ و ۳ و ۴ نشان داده شده است:

$$\text{Zero-order: } C_t = C_0 \cdot k \cdot t \quad (2)$$

۲-۲- پخت در مایکروویو

در این روش نمونه آماده به روش فوق با مایکروویو خانگی در ۲۴۵۰ مگا هرتز، با توان قابل تنظیم ۶۰۰ وات و به مدت ۲۰ ثانیه حرارت داده شد [۱۶].

۲-۳- آنالیز شیمیایی

مقدادیر خاکستر، رطوبت، چربی، پروتئین و نیز عناصر آهن، روی و سدیم با روش AOAC(2002) اندازه گیری شد.

۲-۴- افت پخت

بدین منظور وزن گوشت پخته شده به روش های مذکور، قبل و بعد از پخت اندازه گیری شد و درصد افت ناشی از پخت مطابق فرمول زیر محاسبه گردید:

$$\frac{\text{وزن گوشت پخته} - \text{وزن گوشت خام}}{\text{وزن گوشت خام}} \times 100 = \text{درصد افت پخت}$$

۲-۵- بررسی رنگ نمونه های گوشت

رنگ نمونه های گوشت با استفاده از دستگاه رنگ سنجی هانتر لب، با اندازه گیری اندیس های رنگ L,a,b بررسی گردید. اندیس L^* درجه روشنایی (سفیدی) از +۱۰۰ تا ۰، اندیس a^* درجه قرمزی (+/-)، قرمز تا سبز) و اندیس b^* درجه زردی (+/-، زرد تا آبی) را نشان می دهد. طول و ضخامت تقریبی نمونه ها ۲ و ۱ سانتی متر بود.

سه پارامتر رنگ اندازه گیری شده به اندیس قهوه ای شدن BI تبدیل شدند. خلوص رنگ قهوه ای (Browning Index)

جدول ۱ مقایسه میانگین تیمارها در گوشت شتر

تیمار	خاکستر(%)	چربی(%)	پروتئین(%)	رطوبت(%)	افت پخت(%)
خام	-	22.123 ± 0.97 ^a	4.877 ± 0.89 ^b	76.29 ± 0.89 ^a	11.0 ± 0 ^a
مايكروپيو		29.98 ± 1.18 ^b	8.82 ± 0.22 ^a	39.52 ± 0.66 ^a	13.6 ± 0.67 ^a

داشتن حروف مشابه به معنی عدم وجود تفاوت معنی دار می باشد.

۸-۲ طرح آماری مورد استفاده و روش آنالیز

نتایج

کلیه آزمایشات در سه تکرار انجام شد، تجزیه و تحلیل آماری در یک طرح بلوک کامل تصادفی صورت گرفت و برای مقایسات میانگین از آزمون دانکن و سطح احتمال ۱٪ استفاده شد و مقایسه میانگین ها با آزمون دانکن در سطح ۱٪ با استفاده از نرم افزار SAS(9.1) و همچنین میزان همبستگی و تجزیه رگرسیون با نرم افزار SPSS انجام شد.

۳- نتایج و بحث

۱- آنالیز شیمیایی

نتایج آنالیز شیمیایی نمونه های گوشت شتر (خام و حرارت دیده) شامل مقدار رطوبت، پروتئین، چربی و خاکستر در جدول ۱ آمده است. نتایج مقایسه میانگین تیمارهای عضله راسته شتر به روش دانکن (جدول ۱) نشان داد که بین نمونه خام و مايكروپيو در سطح یک درصد تفاوت معنی داری وجود ندارد. محتوای خاکستر گوشت شتر بین ۱۱٪ تا ۱۵٪ متغیر است [۱۵] و [۱۶]. نتایج تجزیه رگرسیون نشان داد که افت پخت ۳۶٪ تغییرات خاکستر را توجیه می کند. مشاهده شد که در گوشت شتر، درصد خاکستر در مايكروپيو نسبت به نمونه خام افزایش می یابد علت آن مقدار زیاد افت پخت است به دلیل این که مقدار خاکستر نسبت به وزن افزایش می یابد. نتایج مقایسه میانگین رطوبت تیمارهای عضله راسته شتر (جدول ۱) نشان داد که نمونه خام دارای میانگین (۷۶/۲۹) و تفاوت معنی داری را با تیمار مايكروپيو با میانگین (۳۹/۹۸) نشان داد. گوشت شتر محتوای ۷۷-۷۰ درصد آب است [۱۷]. با توجه به افت پخت زیاد در روش مايكروپيو، درصد رطوبت در این تیمار

۷-۲ روش اندازه گیری با دستگاه گرماسنج (DSC) روبشی تفاضلی

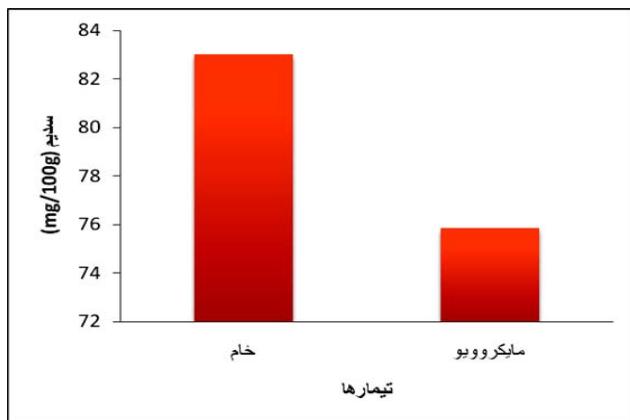
ابتدا تقریباً ۹ میلی گرم از نمونه را داخل ظرف سوراخ دار می ریزیم و بعد پرس می کنیم و روی کوره دستگاه قرار می دهیم. اساس کار این است که یک ظرف خالی و یک ظرف حاوی نمونه را حرارت داده و گرمایی که ظرف نمونه باید بگیرد یا از دست بددهد تا با ظرف خالی هم دما شود را اندازه گیری می کند (براساس یک برنامه حرارتی که برای آن تعریف شد). برای تعديل تغییرات طبیعی pH، و اطمینان از رطوبت اضافی و افزایش تماس حرارتی، $5 \mu\text{l}$ از بافر فسفات M Sorenson $\text{pH}=5/4$ قبل از دریندی در ظرف ریخته شد. سل ها برای اسکن نمونه ها به طور متوسط از صفر تا $100^\circ\text{C}/\text{min}$ در $20 \text{ ml}/\text{min}$ مورد استفاده قرار گرفت. نمودار شار حرارتی در مقابل دما برای هر نمونه بدست آمد. برنامه آنالیز داده ها برای منحنی حرارتی استفاده شد تا گرمایی انتقال ($H\Delta$) و دمای انتقال ماکریم (T_{\max}) را بدست دهد [۱۳].

۷-۲ بررسی ریز ساختار گوشت

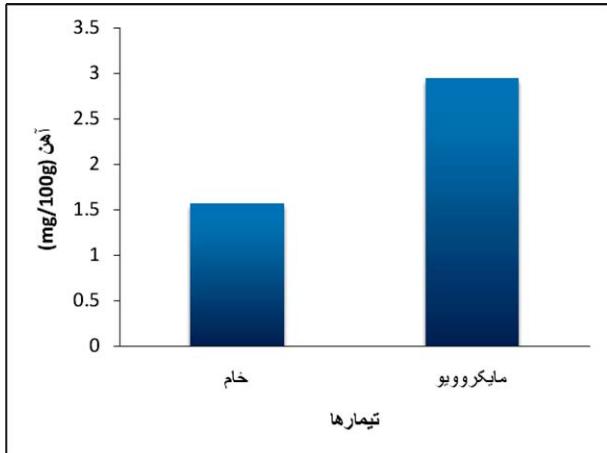
در این قسمت ریز ساختار گوشت تازه و پخته با استفاده از میکروسکوپ الکترونی بررسی شد. نمونه ها در جهت فیبر های عضلانی و به صورت موازی و عمودی برش زده شدند. نمونه های گوشت پخته و خام در ابعاد $3*2*2$ میلی متر برش زده و در اثانول با غلظت های مختلف طبق جدول زیر، جهت آبگیری تیمار شدند. جهت جلوگیری از ایجاد شوک در بافت عمل آبگیری با الكل از غلظت های کم شروع شد. برای آبگیری از اثانول با غلظت های ۲۵، ۵۰، ۷۰، ۹۵، ۱۰۰، ۱۰۰ استفاده شد و نمونه در هر غلظت به مدت ۱۰-۱۵ دقیقه آبگیری شد [۱۴].

نمونه ها در دستگاه پوشش دهنده طلا تحت خلاء 10^5 mbar قرار گرفت سپس کوتینگ به روش کند و پاش انجام شده و در نهایت در دستگاه SEM که در آن نمونه ها، تحت خلاء معادل $9.9*10^{-3} \text{ pas}$ بودند زیر میکروسکوپ مشاهده شدند.

اثر حرارت دهی با مایکروویو بر عضله راسته شتر یک کوهانه



شکل ۱ اثر مایکروویو بر روی مقدار سدیم عضله راسته شتر
نتایج مقایسه میانگین آهن در عضله راسته شتر (شکل ۲) نشان داد که نمونه خام و مایکروویو شده تفاوت معنی داری با هم ندارند. مقدار آهن در همه تیمارهای حرارتی نسبت به نمونه خام افزایش نشان داد. Gerbar et al., (۲۰۰۹) دریافتند که آهن بعد از حرارت دهی افزایش می‌یابد. علت آن اینست که آهن بعد از افزایش نامحلول است و عناصر نامحلول به اجزای غیر چربی همچون پروتئین‌ها متصل اند بنابراین پس از حرارت دهی از دست نمی‌رودند.



شکل ۲ اثر مایکروویو بر روی مقدار آهن عضله راسته شتر

نتایج مقایسه میانگین روى در نمونه‌های عضله راسته شتر (شکل ۳) نشان داد که نمونه مایکروویو با میانگین $mg/100\text{ g}$ 0.611 $mg/100\text{ g}$ تفاوت معنی داری با تیمار خام (0.697 $mg/100\text{ g}$) داشت. ضمن مایکروویو کردن نمونه خام، روى به صورت محلول خارج نمی‌شود و در بافت گوشت باقی می‌ماند. روى موجود در گوشت به شدت به میوفیبریل‌ها متصل می‌شود و بر

بسیار کمتر از نمونه خام بود. Tornberg (2005) گزارش داد که مقدار زیادی آب در میان میوفیبریل‌ها نگه داری می‌شود و هرگونه تغییری در نحوه توزیع آب در ساختار گوشت از تغییرات در این فضا ناشیت می‌گیرد. حرارت دادن موجب تغییرات ساختاری می‌شود، که ظرفیت نگه داری آب گوشت را کاهش می‌دهد.

نتایج مقایسه میانگین چربی تیمارهای عضله راسته شتر (جدول ۱) نشان داد که نمونه مایکروویو دارای میانگین بالاتر ($8/82$) نسبت به نمونه خام ($4/377$) بود. سطح چربی درون ماهیچه ای در گوشت شتر تنوع زیادی دارد. Al- Owaimer (۲۰۰۰) مقدار Kadim et al., (۲۰۰۶) $5/2$ ٪ برای عضله راسته گزارش داد. چربی شیمیابی میانگین را برای آن $6/4$ ٪ گزارش دادنده با $7/7$ ٪ گزارش شده توسط Dawood and Alkanhal (۱۹۹۵) قابل مقایسه است. Gerbar et al., (۲۰۰۹) گزارش دادند که یک افزایش در چربی کل بعد از حرارت دهی مشاهده می‌شود اما زمانیکه با نمونه اولیه مقایسه می‌شود افت چربی مطلق مشاهده می‌گردد.

نتایج مقایسه میانگین پروتئین تیمارهای عضله راسته شتر (جدول ۱) نشان داد که نمونه خام دارای میانگین $22/143$ ٪ و تفاوت معنی داری با تیمار مایکروویو با مقدار $29/52$ ٪ داشت و مقدار پروتئین به صورت نسبی مانند نتایج چربی در مقایسه با نمونه خام افزایش یافت زیرا به دلیل افت رطوبت چربی و پروتئین نسبت به وزن افزایش یافتند.

۲-۳- میزان سدیم، آهن و روى

نتایج مقایسه میانگین سدیم سدیم عضله راسته شتر (شکل ۱) نشان داد که بین نمونه خام و مایکروویو تفاوت معنی داری وجود نداشت. مقدار سدیم پس از مایکروویو کردن کاهش یافته و این نشان می‌دهد که سدیم همراه با پروتئین‌های محلول در آب از دست می‌رود و افت پیدا می‌کند. سدیم یک عنصر محلول در آب است و بخش عمده‌ای از آن در مایع خارج سلولی یافت می‌شود و در خلال پخت بخش اعظم آن وارد مایع تراویش شده می‌گردد و از دست می‌رود از آنجا که مقدار زیادی آب در مدت زمان مایکروویو کردن از دست می‌رود بنابراین مقدار زیادی سدیم از طریق آن افت پیدا می‌کند.

تغییرات در افت پخت با زمان و افزایش دما رابطه خطی دارد و مقدار آب پیوسته در سیستم بافت، با افزایش دمای پخت کاهش می‌یابد. بیشترین افزایش در افت ناشی از پخت در دمای ۵۰–۶۰ و ۶۰–۷۰ درجه اتفاق می‌افتد. تغییرات در سیستم افت پخت را می‌توان به دو سیستم پروتئینی ساختاری نسبت داد که کمپلکس آکتو میوزین و کلاژن نامیده می‌شوند [۲۱]. تا حدود ۷۰–۸۰ درجه، تغییرات احتمالاً به طور عمده با دناتوراسیون حرارتی میوزین (۴۰–۶۰ درجه) و اکتین (۶۶–۷۳ درجه) و چروکیدگی کلاژن (۵۶–۶۲ درجه) مرتبط شده‌اند. سیستم پروتئینی‌های منقبض احتمالاً به علت دفع آب است. بخش عمده افت پخت (<۸۵٪) از آب و بقیه آن از چربی‌ها و مواد جامد شامل کلاژن یا ژلاتین، اجزای ماهیچه و پروتئین‌های سارکوپلاسمی منعقد شده تشکیل شده است. دناتوراسیون حرارتی پروتئین‌های عضلانی، مکانیسم اولیه‌ای است که منجر به افت آب می‌شود [۲۲]. بیشتر آب عضله در میان میوفیبریل‌ها، در کانال‌های باریک بین فیلامان‌های ضخیم و نازک واقع شده است [۸]. حرارت دادن باعث دناتوراسیون میوزین و چروکیدگی میوفیبریل‌ها و درنتیجه آن خروج آب می‌شود [۲۳].

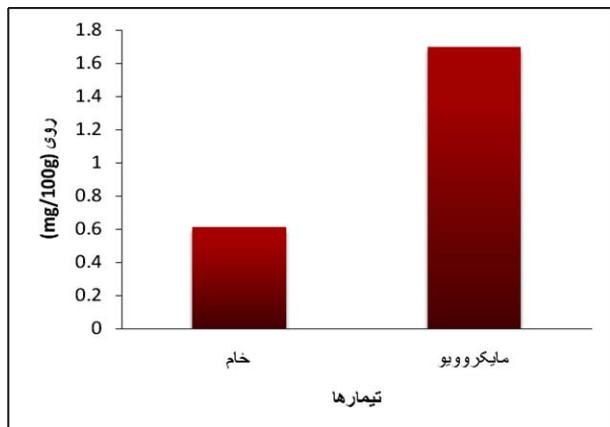
۴-۳- خصوصیات مکانیکی

خواص مکانیکی گوشت پخته تابعی از ویژگی‌های مکانیکی میوفیبریل‌ها و شبکه بافت پیوندی آن نمونه است [۲۵]. در ماهیچه‌هایی که مقدار زیادی بافت پیوندی دارند، ویژگی‌های مکانیکی گوشت تحت تأثیر تغییرات حلالیت کلاژن قرار می‌گیرد. تغییرات سیستماتیک در طول سارکومر افزایش نقش آن را در ویژگی‌های مکانیکی گوشت پخته نشان می‌دهد. همچنین بررسی تأثیر توزیع بافت پیوندی روی ویژگی‌های بافت پیوندی گوشت پخته بستگی به تست‌های مکانیکی استفاده شده یا پانل تست‌ها دارد [۲۶] پیک نیروی برش نسبتاً به تغییرات در استحکام بافت پیوندی حساس نیست ولی مقدار فشردنگی اینسترون بسیار حساس به نظر می‌رسد.

۴-۳-۱- نیروی برش

نتایج مقایسه میانگین نیروی برشی در عضله راسته شتر (جدول ۳) نشان داد که تیمار مایکروویو دارای میانگین (۵۴/۱۹۷ N) بوده و تفاوت معنی داری با نمونه خام در سطح ۱٪ داشت. نتایج

ظرفیت اتصال به آب اثر می‌گذارد [۲۰]. Gerbar et al. (۲۰۰۹) با بررسی گوشت گاو، گوساله و خوک مشاهده کردند که مقدار روی به طور معنی داری پس از پخت افزایش می‌یابد. نتایج بدست آمده با نتایج تحقیقات Gerbar et al. (۲۰۰۹) مطابقت داشت.



شکل ۳ اثر مایکروویو بر مقدار روی در عضله راسته شتر

۴-۳-۲- افت ناشی از پخت

نمونه مایکروویو دارای میانگین (۴۲/۴۶۳٪) بود. به احتمال زیاد میدان الکترومغناطیسی بالا، توان بالا و رسیدن به دمای نهائی در چند دقیقه موجب دناتوراسیون پروتئین‌ها در طی حرارت، از هم گستین ماتریس (بافت)، تخریب سریع پروتئین‌ها در اثر شوک حرارتی و در نهایت آزاد سازی مقدار زیادی آب و چربی می‌شود. افت پخت بیشتر در مایکروویو به دلیل مکانیسم حرارتی آن است به گونه‌ای که قرار گرفتن مولکول‌ها به اندازه $10^{*} ۲۴۵۰$ بار در ثانیه در راستای میدان باعث ایجاد اصطکاک و در نتیجه تولید حرارت و افزایش انرژی جنبشی می‌شود پس ضمن ایجاد شوک حرارتی به پروتئین‌ها، آب به سهولت از لابلای فیبرهای عضلانی به خارج از بافت هدایت می‌شود. امکان دارد دلیل چروک شدن و از بین رفتن آب میان بافتی گوشت خام در هنگام پخت، وجود pH نهائی بالا در عضله باشد و گروه‌های اسیدی آزاد شده و ظرفیت نگه داری آب را کاهش می‌دهند.

هر چه زمان پخت بیشتر باشد، تغییرات ساختاری بیشتر به علت دمای بالاتر باعث افت پخت بیشتری می‌شود. هنگامی که دما افزایش می‌یابد، مقدار آب اتصال یافته کاهش می‌یابد.

نیروی برش در طی حرارت دهی یک پیک را نشان داد و پروفیل را به سه قسمت تقسیم کرد: (۱) سخت شدن سریع، نیروی برش از گوشت خام تا اولین پیک افزایش یافت، (۲) ترد شدن سریع، نیروی برش از اولین پیک تا مینیمم کاهش می‌یابد، (۳) سخت شدن کند، نیروی برش مجددًا تا دومین پیک افزایش می‌یابد. کیتیک فاز ترد شدن سریع و سخت شدن کند ارزیابی شد. مدل کیتیکی نوع صفر برای برآش داده‌های آزمایشی مورد استفاده قرار گرفت. ثابت واکنش‌ها در مرحله اول، دوم و سوم به ترتیب $1/۳۷۴$ ، $۰/۸۲۴$ و $۰/۲۸۵$ بودند.

۲-۴-۳ نیروی فشارش

نتایج مقایسه میانگین نیروی فشارش عضله راسته شتر (جدول ۳) نشان داد که نمونه مایکروویو دارای میانگین بالاتری ($۸۶/۶۷$ N) نسبت به تیمار خام (۳۶ N) بوده و تفاوت معنی داری با هم داشتند. به نظر می‌رسد عواملی مانند چربی، بافت پیوندی و... در نیروی فشارش تأثیر مستقیم دارند و باعث افزایش آن می‌شوند و رطوبت روی نیروی فشارش اثر عکس دارد. همچنین نمونه‌ها در امتداد طول آزمایش شدند پس نیروی فشارش بیشتر نشان دهنده استحکام و مقاومت مکانیکی فیبرهای عضلانی و بافت پیوندی است. در تیمار حرارتی مایکروویو به علت مدت زمان کوتاه حرارت دهی پروتئین‌های بافت پیوندی و اکتنین که مقاوم ترین پروتئین‌ها در مقابل حرارت هستند دناتوره نشده و تا حدودی ماهیت اولیه خود را حفظ می‌کنند، پس نیروی لازم برای فشردن هم بیشتر می‌شود. به نظر می‌رسد که مدت زمان کوتاه حرارت دهی حلالیت کامل کلاژن را کاهش می‌دهد و نیروی فشارش افزایش می‌یابد.

نیروی فشردگی تا زمان ۱۰۰ ثانیه افزایش می‌یابد و از ۱۰۰ تا ۱۲۰ ثانیه یک کاهش و بعد از آن مجددًا افزایش می‌یابد. نیروی لازم برای فشردگی ضمن افزایش زمان، با افزایش دناتوراسیون کلاژن درون ماهیچه‌ای (intramuscular) یا تغییرات در ساختار میوفیبریلی افزایش می‌یابد. دناتوراسیون بافت پیوندی باعث افزایش نیروی لازم برای فشردگی می‌شود در مرحله دوم دناتوراسیون فیبرهای عضلانی است که باعث افزایش نیروی لازم می‌شود.

در شکل ۵ نمودار به سه قسمت تقسیم شدند و هر قسمت از مدل نوع صفر پیروی کرد بر این اساس ثابت واکنش در قسمت

تجزیه رگرسیون نشان داد که صفت روشناهی رنگ (L) $٪۳۶$ تغییرات نیروی برشی را توجیه می‌کند. مسلماً حضور پروتئین‌ها به خصوص پروتئین‌های میوفیبریلی باعث افزایش نیروی برش شده و تردی را کاهش می‌دهند همچنین عواملی که در روشناهی رنگ مؤثرند مانند چربی‌ها و پروتئین‌های بافت پیوندی باعث کاهش تردی می‌شوند. در مقابل رطوبت بیشتر باعث کاهش نیروی برش و افزایش تردی می‌شود.

جدول ۲ ضرائب همبستگی و ثابت واکنش افت پخت در عضله

راسته بعد از تیمار حرارتی در سه نشان مختلف

R^2	$K(s^{-1}) \times 10^{-3}$ (وات)	توان مایکروویو (وات)
$۰/۸۶۶$	۱۸۵	۳۰۰
$۰/۹۲۸$	۲۳۶	۶۰۰
$۰/۸۱۴$	۳۱۹	۹۰۰

جدول ۳ جدول مقایسه میانگین تیمارها در گوشت شتر

نیروی برش (N)	نیروی فشارش (N)	تیمار
$۳۶/۰۰ \pm ۲/۰۸۱$ ^b	$۱۲/۵۸۷ \pm ۲/۵۷۶$	خام
$۸۶/۶۷ \pm ۱۳/۳۸۳$ ^a	$۵۴/۱۹۷ \pm ۰/۵۳۱$	مایکروویو

داشتن حروف مشابه به معنی عدم وجود تفاوت معنی دار می‌باشد.

Harris & Shorthose (1988) استنباط کردند که صعود اولیه در سختی گوشت احتمالاً تابع چروکیدگی گرمایی بافت پیوندی است در حالی که صعود دوم تابع دناتوراسیون حرارتی پروتئین‌های میوفیبریلی است. کاهش سختی بین $۵۰-۶۰$ احتمالاً به علت قدرت شکست کاهش بافت پیوندی پریمیزیال به دلیل دناتوراسیون بخشی و چروکیدگی فیبرهای کلاژن است دومین صعود بین $۶۰-۸۰$ درجه احتمالاً به علت استحکام افزایش یافته بخش میوفیبریلی گوشت کامل به دلیل دناتوراسیون پروتئین‌های میوفیبریلی است. احتمالاً نتایج حاصل از واکنش‌های مختلف باعث سخت شدن گوشت می‌شود که به علت دناتوراسیون پروتئین‌ها و دهیدراتاسیون ماهیچه و ترد شدن با قابلیت حل پذیری کلاژن می‌باشد. حرارت باعث چروکیدگی پیش‌رونده، از هم گسیختگی میوفیبریل‌ها شده و آب و پروتئین‌های محلول و چربی را از بافت خارج می‌کند [۲۷ و ۲۸]. شکل ۶ تغییرات نیروی برش با زمان را نشان می‌دهد و تغییرات در

۳-۵-رنگ

نتایج مقایسه میانگین روشنائی رنگ (L) عضله راسته شتر (جدول ۴) نشان داد که نمونه خام با میانگین (۳۴/۰/۱) با تیمار مایکروویو با میانگین ۵۲/۸/۳۷ تفاوت معنی داری داشت. به نظر می رسد مهمترین عوامل مؤثر در روشنائی رنگ هر دو نوع گوشت چربی، پروتئین های بافت پیوندی (که عامل اصلی در افزایش نیروی برش می باشد) پس هرچه این دو عامل بیشتر باشند، روشنائی رنگ بیشتر می شود و مقدار رطوبت تأثیر عکس دارد هرچه رطوبت بیشتر باشد روشنائی رنگ کمتر می شود و بر عکس. نتایج مقایسه میانگین قرمزی رنگ در عضله راسته شتر (جدول ۴) نشان داد که نمونه خام با میانگین (۲۱/۲/۴) با تیمار مایکروویو با میانگین ۸/۱/۹ تفاوت معنی داری داشت. نتایج مقایسه میانگین زردی رنگ در عضله راسته شتر (جدول ۴) نشان داد که نمونه خام میانگین (۷/۸/۱) داشت و با تیمار مایکروویو با میانگین ۱۲/۶/۳۳ تفاوت معنی داری داشت.

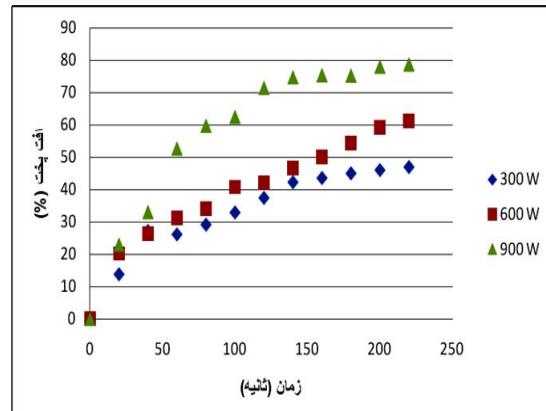
جدول ۴ جدول مقایسه میانگین تیمارها در گوشت شتر به روش دانکن ($a=0.01$) (میانگین \pm SE)

تیمار	L	a	B	E	Δ
خام	۳۴/۰/۱ \pm ۱/۲ ^b	۲۱/۲/۴ \pm ۱/۴ ^a	۷/۸/۱ \pm ۱/۲ ^b	-	
مایکروویو	۵۲/۸/۳۷ \pm ۰/۳۹ ^a	۸/۱/۹ \pm ۰/۴۶ ^b	۱۲/۶/۳ \pm ۰/۳۳ ^a	۴۲/۴/۹ \pm ۰/۴۱ ^a	
روستینگ	۴۷/۷/۳۳ \pm ۱/۰۳ ^a	۸/۴/۳۳ \pm ۰/۴۶ ^b	۱۲/۴/۹ \pm ۱/۰۴ ^a	۳۳/۵/۵ \pm ۱/۱۱ ^b	
بریسینگ	۵۲/۶/۴ \pm ۰/۸ ^a	۹/۷/۳ \pm ۰/۳۵ ^b	۱۳/۵/۱ \pm ۰/۴۱ ^a	۳۰/۷/۵ \pm ۰/۲۹ ^b	

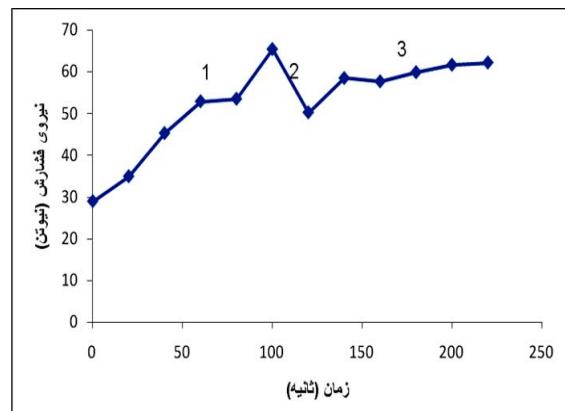
داشتن حروف مشابه به معنی عدم وجود تفاوت معنی دار می باشد.

نمونه های پخته عموماً روش تر (L بالاتر) و زردتر (b بالاتر) هستند در حالی که a (قرمزی رنگ) هنگامی که دما و زمان پخت بالا می رود، کاهش می یابد [۱۲]. L بیشتر رنگ روشن تری رانشان می دهد و این موضوع منجر به پذیرش بهتر از سوی مصرف کننده می شود [۲۹]. با گذشت زمان رنگ سطح گوشت در نمونه های روستینگ تیره تر شد که البته افزایش تیرگی در سطح گوشت (به علت افزایش دما) توسط افت آب قابل توجیه است [۲۹] ولی داخل نمونه ها رنگ روشن تری پیدا کرد.

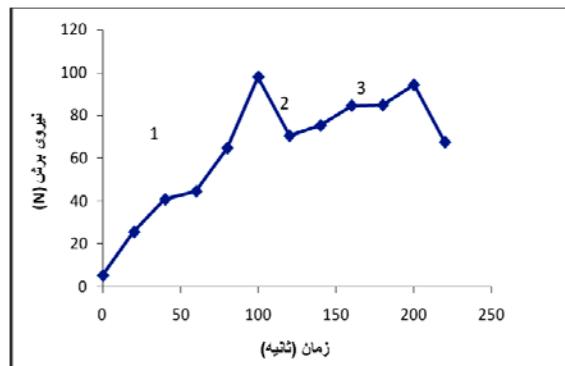
اول 0.351 s^{-1} در مرحله دوم که یک مرحله نزولی بود ثابت واکنش 0.759 s^{-1} و در نهایت در مرحله سوم ثابت واکنش به ترتیب برای روش های مایکروویو 1.02 s^{-1} بود.



شکل ۴ تغییرات افت پخت تابع زمان در عضله راسته شتر پس از مایکروویو



شکل ۵ نیروی فشارش لازم برای نمونه های گوشت شتر حرارت داده شده به روش مایکروویو



شکل ۶ نیروی برشی لازم برای نمونه های گوشت شتر حرارت داده شده به روش مایکروویو

اثر حرارت دهی با مایکروویو بر عضله راسته شتر یک کوهانه

همراه است. همچنین ثابت واکنش قرمزی رنگ در این روش s^{-1} بود.^{۰/۰۴}

به دنبال تغییرات در پارامترهای رنگ هانتر، BI در طی فرآیند تغییر کرد (شکل ۸). دو رفتار متفاوت در هر سه روش مشاهده شد: یک افزایش سریع در BI تا زمان کمتر از ۶۰ ثانیه (با ثابت $s^{-1} ۰/۳۸۷$) و بعد از این نقطه، یک کاهش تدریجی در BI وجود داشت و ثابت واکنش $s^{-1} ۰/۱۶۴$ بود تا اینکه به مقدار نهانی ($۷۹۹/۴۱$) رسید. رنگ قهوه ای به علت کاراملی شدن کربوهیدرات ها و واکنش میلارد میان قندهای احیا کننده و اسیدهای آمینه بوجود می آید. ترکیبات رنگ گوشت پخته، هموپروتئین ها را دناتوره می کند. گلوبین همی کروموزن و گلوبین نیکوتین آمید همی کروموزن در رنگ گوشت پخته دخیل اند. دمای پخت گوشت بر تبدیل رنگ دانه ها اثر می گذارد. رنگ داخلی گوشتی که دمای داخلی آن $۷۰-۸۰$ درجه سانتی گراد یا بالاتر باشد، قهوه ای متمایل به خاکستری است [۱].

به منظور توصیف تغییرات رنگ کلی عضله راسته شتر اختلاف رنگ ($E\Delta$) با استفاده از معادله زیر بدست آمد [۳۰].

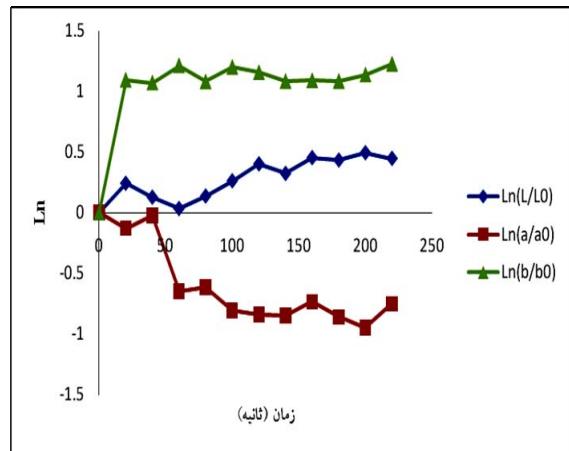
$$\Delta E = \sqrt{(L^o - L^*)^2 + (a^o - a^*)^2 + (b^o - b^*)^2}$$

تغییرات شدت رنگ با واکنش نوع صفر به خوبی برازش داده شد و ثابت واکنش $s^{-1} ۳/۱۰۳$ بود. تخریب رنگ تحت تأثیر قند و اسیدهای آمینه، محتوای مواد جامد کل، اسیدیته و همچنین رنج دمای مورد مطالعه قرار می گیرد [۳۱].

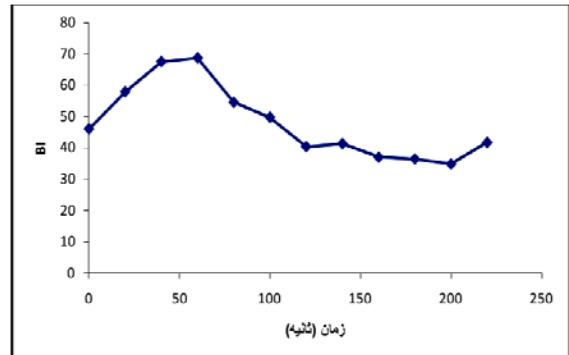
۶-۳- بررسی تغییرات پروتئین ها بعد از پخت

منحنی حرارتی نمونه های اصلی تیمار نشده می تواند قابل مقایسه با نمونه های حرارت دیده باشد. جریان حرارتی اولیه در ۵۶ درجه منجر به ناپدید شدن انتقال T1 می شود. حرارت دادن تا ۷۰ درجه منجر به ناپدید شدن انتقال T1 و T2 می شود. حرارت دادن تا ۸۲ درجه منجر به ناپدید شدن هر سه انتقال می شود [۱۳]. همچنین این نکته شایان توجه است که ممکن است یک ترکیب انتقال T1 شرکت داشته باشد که قادر به تحمل بعضی از درجات دناتوراسیون هستند و باعث پدید آمدن بقایابی از پیک می شوند.

تغییرات مقادیر رنگ هانتر (L، a و BI) در طی حرارت دهی به روش مایکروویو اندازه گیری شد. تغییرات قابل مشاهده ای در مقادیر هانتر (L، a و BI) وجود داشت که مؤید تخریب رنگدانه های قابل مشاهده در گوشت است (شکل ۷ و ۸).

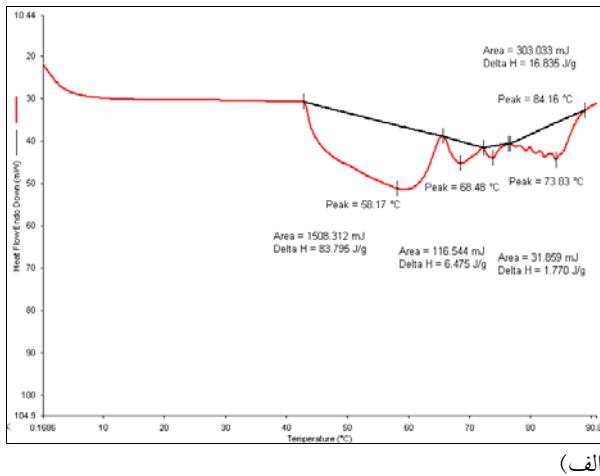


شکل ۷ تغییرات پارامتر های L، a و b تابع زمان در نمونه راسته شتر پس از پخت به روش مایکروویو

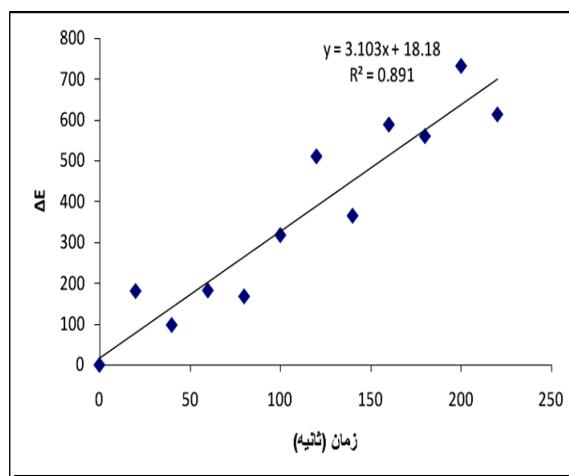


شکل ۸ تغییرات اندیس قهوه ای شدن در نمونه گوشت شتر بعد از مایکروویو کردن

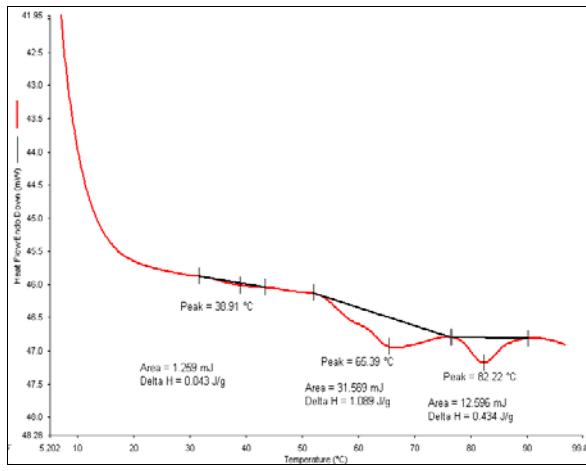
روشنائی رنگ به تدریج با زمان افزایش نشان داد در حالی که قرمزی رنگ کاهش نشان داد. حرارت یکنواخت فراهم شده و مدت زمان کوتاه حرارت دهی در روش مایکروویو منجر به افزایش سریع روشنائی و زردی رنگ می شود به طوری که ثابت واکنش روشنائی رنگ در مورد روش مایکروویو (شکل ۷) $s^{-1} ۰/۰۰۲$ بود. رنگ قرمز گوشت شتر به سرعت محو می شود و تبدیل به رنگ صورتی می شود بعد از آن روشنائی رنگ به تدریج افزایش می یابد. این سرعت زیاد اولیه از دناتوراسیون سریع پروتئین های هم (هموگلوبین و میوگلوبین) نشأت می گیرد. فاز روشن شدن با تشکیل هموپروتئین های گوشت پخته



(الف)



شکل ۹ تغییرات شدت رنگ تابع زمان در نمونه راسته شتر پس از پخت به روش مایکروویو



(ب)

شکل ۱۰ نمودار اندوترمیک حرارتی نمونه عضله راسته شتر الف-خام
ب-پخته شده به روش مایکروویو

در تصویر میکروسکوپی (شکل ۱۱) که مربوط به عضله راسته خام شتر است، حالت ظاهری فیبرها نشان دهنده به هم پیوستگی در راستای طول و انسجام ونظم آن است. روی مقطع عرضی ماهیچه های خام، شکاف بین فیبرها و لوله های اندومیزیال کاملاً مشخص بودند و به نوعی ساختار شاخه ای (دندریت) داشتند [۳۲، ۳۳].

تصویر میکروسکوپی عضله راسته پخته شده شتر با مایکروویو (شکل ۱۲) نشان می دهد که هیچ گونه چروکیدگی قابل مشاهده ای در امتداد طول فیبرهای عضلانی مشاهده نشد که احتمالاً علت آن کوتاه بودن مدت زمان حرارت دهی و عدم ایجاد فرصت جهت چروکیدگی طولی فیبرها بوده است. از هم گسیختگی که در فیبرهای عضلانی مشاهده می شود مربوط به مکانیسم حرارتی

شکل ۱۰-الف نشان داد که در پروفیل اندوترمیک نمونه عضله راسته شتر خام همچون مطالعات قبلی هر سه پیک مشاهده شدند. پیک اول در دمای ۵۸/۱۷ درجه، مربوط به میوزین، پیک دوم در دمای ۶۸/۴۸ درجه، مربوط به کلائز و پروتئین های سارکوپلاسمی و در نهایت پیک سوم در دمای ۸۴/۱۶ درجه و مربوط به اکتین ظاهر شدند.

شکل ۱۰-ب نشان داد که در پروفیل اندوترمیک نمونه عضله راسته شتر پخته شده به روش مایکروویو، پیک های مربوط به دو انتقال T2 و T3 ظاهر شدند اگر چه سطح زیر پیک ها و انرژی لازم برای هر دو نسبت به نمونه خام کمتر بود. این موضوع نشان داد که در این روش پروتئین های بافت پیوندی کاملاً دنا توره نشده اند همین عامل باعث کاهش تردی در نمونه مایکروویو نسبت به دو روش دیگر می شود.

۷-۳ بررسی ریز ساختار

تغییرات کیفی در ریز ساختار عضله لانگیسیموس درسی شتر به صورت خام و مایکروویو شده به صورت تصاویر میکروسکوپی (SEM) Scanning Electron Microscope شده است.

اثر حرارت دهی با مایکروویو بر عضله راسته شتر یک کوهانه

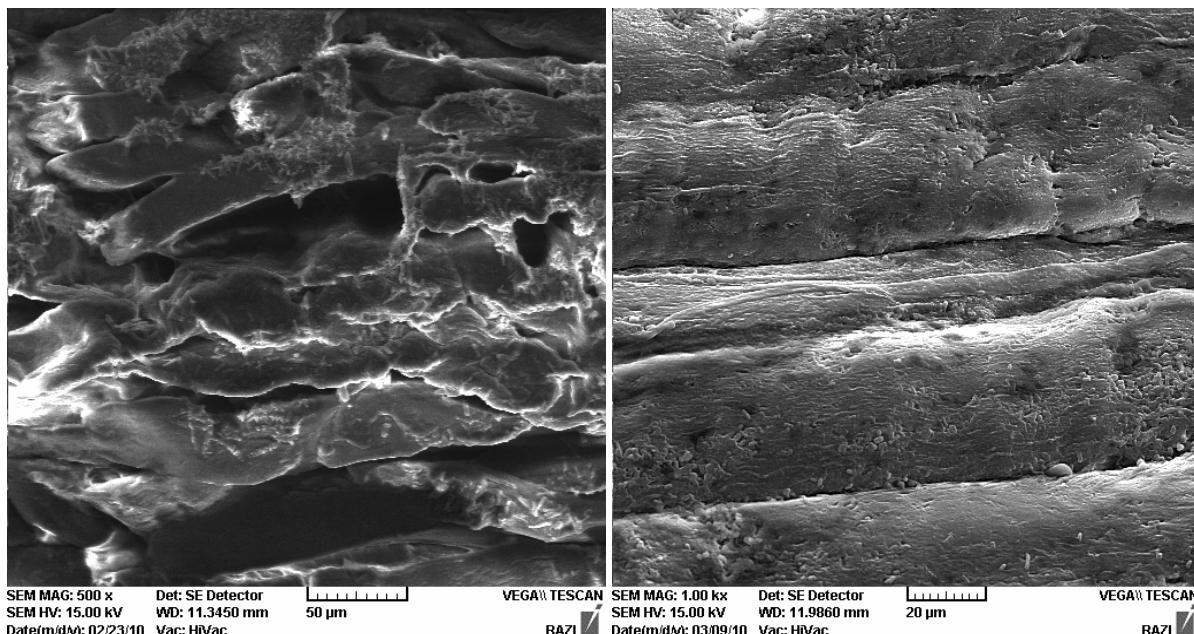
درجه، گرانول ها، فضای بین فیبرها و لوله های اندومیزیم و بین دسته های فیبرهای ماهیچه را پر می کند. اثر فشرده گی ممکن است به علت چروکیدگی کلاژن اندومیزیال باشد. هنگامی که دما بالا می رود، فشرده گی تدریجی در ساختار گوشت اتفاق می افتد. مهم ترین تفاوت ها می توانند بین گوشت خام و پخته مشاهده شوند. تغییرات ساختاری به علت کاهش آب، تخریب غشای سلولی، چروکیدگی فیبرهای ماهیچه ای در مقطع طولی و عرضی، تراکم و تشکیل ژل پروتئین های سارکوپلاسمی و حلالیت بافت پیوندی است که عامل اصلی ظاهر گرانولی فیبرهاست [۳۲ و ۳۳] و [۳۵] و [۳۷]. تغییرات سختی در طی پخت می تواند با سختی مکانیکی پرمیزیوم در فضای اندومیزیوم-پرمیزیوم توجیه شود، در حالی که کوتاه شدن اندومیزیوم احتمالاً به دلیل افت آب ماهیچه است. هر دو پدیده در بافت نهایی گوشت پخته سهیم آند [۳۳].

همچنین در شکل ۱۲ بعضی از آسیب ها به ساختار گوشت قابل مشاهده بودند که چروکیدگی و شکست در ساختار را نشان داد. سطح میوفیبریل ها نرمال نبودند، اما سطح نمونه آسیب بافتی قابل ملاحظه ای را نشان نداد. نتایج نشان دادند که حرارتی دهی با مایکروویو خانگی باعث هیدرولیز بافت پیوندی می شود. این نتایج با تحقیقات Hsieh et al. (1980) مطابقت داشت.

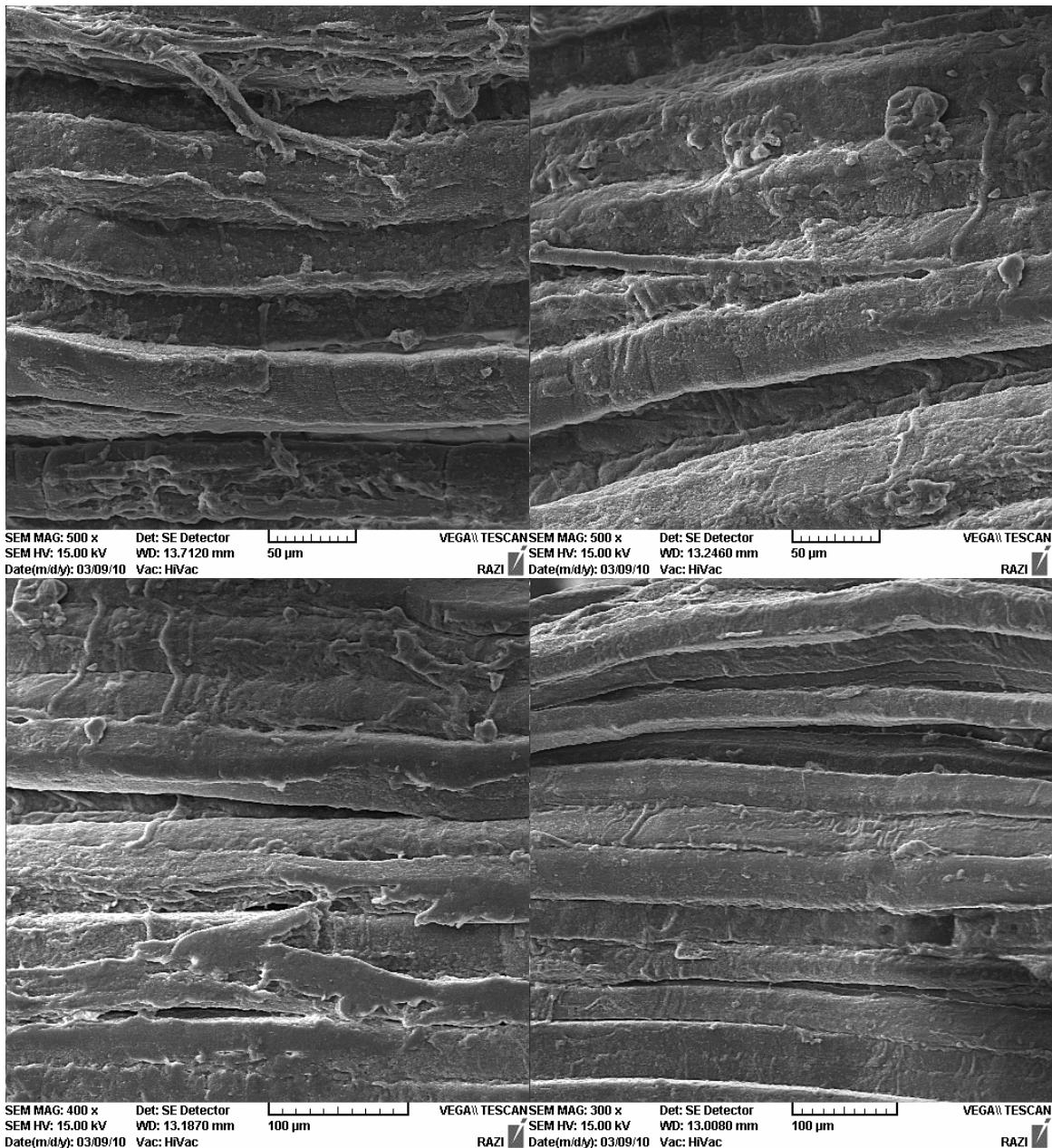
مایکروویو می شود چون در این روش حرارت از داخل جسم ایجاد می شود برخلاف روش های دیگر که حرارت از بیرون به داخل جسم نفوذ می کند، لذا از هم گسیختگی ایجاد می شود. در وهله اول چروکیدگی ممکن است به علت دنا تو راسیون حرارتی میوزین و کاهش خیلی زیاد در نگه داری آب باشد و در وهله دوم با دهیدراسیون بیشتر کمپلکس اکتو میوزین دنا توره شده، بوجود می آید [۳۳].

Wu, Dutson & Smith (1985) هیچ تغییراتی در ساختار اپیمیزیوم، بعد از یک ساعت حرارت دهی در ۸۰-۶۰ درجه سانتی گراد مشاهده نکردند، اما اندومیزیوم و پرمیزیوم در ۶۰ درجه دانه می شوند و در ۸۰ درجه ژلاتینه می شوند. روی مقطع طولی تغییرات خیلی کمی در ۵۰ درجه و از هم پاشیدگی و تجزیه تدریجی ساختار میوفیبریلی با افزایش دما مشاهده می شود [۳۳].

در تحقیقات قبلی [۳۲ و ۳۳] تغییرات عضله در طی حرارت دهی بررسی شد به این صورت که در گوشت خام، شکاف ها بین فیبرها و لوله های اندومیزیال قابل مشاهده بودند و بعد از پخت در ۶۰ درجه سانتی گراد، گرانوله شدن پرمیزیوم و سارکولم شروع می شود. در ۷۰ درجه سانتی گراد گرانوله شدن ترکیبات فوق الذکر تشدید می شود. بعد از پخت در ۸۰



شکل ۱۱ تصویر میکروسکوپی عضله راسته خام شتر



شکل ۱۲ تصویر میکروسکوپی عضله پخته شده شتر با مایکروویو

گسیختگی زیادی را در فیبرهای عضلانی نشان دادند که به دلیل مکانیسم حرارتی مایکروویو می‌باشد و همین عامل موجب افت پخت شدید در طی حرارت دهی با مایکروویو می‌باشد. گوشت شتر دارای مقدار نسبتاً بالایی آهن و روی و سدیم است. مقدار سدیم به دلیل حلالیت بالا از طریق آب خارج شده از لابلای میوفیبریل ها از دست می‌رود در مقابل آهن و روی به دلیل

۴- نتیجه گیری

مقدار خاکستر، پروتئین و چربی بعد از حرارت دهی با مایکروویو افزایش نسبی یافته زیرا افت رطوبت بعد از مایکروویو بسیار زیاد بود. مقدار رطوبت بعد از حرارت دهی به شدت کاهش یافت و افت پخت عدد بالایی را نشان داد که این از معایب مایکروویو است. تصاویر میکروسکوپی از هم

در عضله راسته شتر نمونه حرارت داده شده نسبت به خام روشنائی رنگ بالاتری داشتند. به طور کلی نمونه ها بعد از حرارت دهی به علت اکسیداسیون پیگمان های گروه (هم) بی رنگ شدند. نمونه های پخته عموماً روشن تر و زردتر هستند در حالی که قرمزی رنگ هنگامی که دما و زمان پخت بالا می رود، کاهش می یابد. حرارت یکنواخت فراهم شده و مدت زمان کوتاه حرارت دهی در روش مایکروویو منجر به افزایش سریع روشنائی و زردی رنگ می شود. این سرعت زیاد ناشی از دناتوراسیون سریع پروتئین های هم (هموگلوبین و میوگلوبین) است. دو رفتار متفاوت در تغییرات قهقهه ای شدن مشاهده شد: یک افزایش سریع و کوتاه در مرحله اول و بعد از این نقطه، یک کاهش تدریجی در BI وجود داشت تا اینکه به مقدار نهائی رسید. فاز روشن شدن با تشکیل هموپروتئین های گوشت پخته همراه است. هنگامی که زمان و دمای فرآیند افزایش می یابد، فرآورده های قهقهه ای تری بدست می آیند، که در کاهش قرمزی و افزایش زردی انعکاس پیدا می کند. تخریب رنگ تحت تأثیر قند و اسیدهای آمینه، محتوای مواد جامد کل، pH، اسیدیته و همچنین رنج دمای مورد مطالعه قرار می گیرد.

۵- منابع

- [1] Yarmand, M.S. (2005). Science and technology of meat and meat products, Agriculture Research and Education Organization.
- [2] Williamson ,C.S.,Faster R.k., Staner .S.A. and Buttriss J.L. 2005.Red meat in diet.Br.Nutr.Found.30, 322-355.
- [3] Quenzer, N. M. & Burns, E. E. (1981). Effect of the microwave steam and water blanching on freeze dried spinach. J. Food Sci., 46(2), 410.
- [4] Paterson, B. C. & Parrish, F. C. (1988). Factors affecting the palatability and shelf life of precooked, microwave reheating beef roasts. J. Food Sci., 53(l), 31.
- [5] Tornberg, E. (2005). Effects of heat on meat proteins – Implications on structure and quality of meat products. Meat Science, 70(3), 493–508.
- [6] El-Shimi, N. M. (1992). Influence of microwave and conventional cooking and

اتصال به اجزای غیر چربی همچون پروتئین ها و عدم حساسیت به دما و خروج آب از بین نمی روند و مقدار نسبی آنها هم پس از حرارت دهی افزایش یافت. بررسی افت پخت با سه توان ۳۰۰، ۶۰۰ و ۹۰۰ وات هم نشان داد که هرچه توان بالاتر باشد سرعت واکنش افت پخت بالاتر خواهد بود. تغییرات ساختاری در اثر حرارت دهی و چروکیدگی بافت پیوندی و لایه اندومیزیال باعث تغییر در نحوه ارتباط و به هم پیوستگی میوفیبریل ها شده و باعث از دست رفتن آب، چربی، پروتئین های سارکوپلاسمی و عناصر محلول در آب می شود.

نتایج نیروی برش و فشارش هر دو بیانگر آن بودند که در اثر اعمال حرارت به گوشت دناتوراسیون پروتئین ها که مرحله اول مربوط به چروکیدگی گرمائی بافت پیوندی و مرحله دوم مربوط به دناتوراسیون حرارتی پروتئین های میوفیبریلی می باشد، موجب افزایش قابل توجه نیرو های برش و فشارش می گردد. در تیمار حرارتی مایکروویو به علت مدت زمان کوتاه حرارت دهی پروتئین های بافت پیوندی و اکتین که مقاوم ترین پروتئین ها در مقابل حرارت هستند دناتوره نشده و تا حدودی ماهیت اولیه خود را حفظ می کنند، پس نیروی لازم برای فشردن هم بیشتر می شود. به نظر می رسد که مدت زمان کوتاه حرارت دهی حلالیت کامل کلازن را کاهش می دهد و نیروی فشارش افزایش می یابد. همچنانکه نتایج آزمایش DSC هم مؤید این مطلب بود و نشان داد که از سه پیک ظاهر شده در نمونه خام (شاهد) در دماهای ۱۷/۵۸، ۴۸/۶۸ و ۱۶/۸۴ درجه سانتی گراد که به ترتیب انتقال اول نشان دهنده میوزین، انتقال دوم مربوط به پروتئین های سارکوپلاسمی و کلازن و انتقال سوم مربوط به اکتین بود، تنها دو پیک نهائی ظاهر شدند. با توجه به افت پخت بالایی که در طی حرارت دهی در مایکروویو اتفاق می افتد انتظار داریم که پروتئین های سارکوپلاسمی همراه با مایع مترشحه خارج شده باشند و میوزین در دماهای پائین تر دناتوره شده است بنابراین تنها کلازن و اکتین که مقاومت حرارتی بالاتری دارند با تغییر کمتری باقی می مانند. بنابراین می توان نتیجه گرفت که مدت زمان کوتاه حرارت دهی با مایکروویو فرصت لازم برای حلالیت کلازن و دناتوراسیون کامل پروتئین ها و رسیدن به تردی مطلوب را فراهم نمی کند.

- acids profile of camel meat. *Journal of Applied Animal Research*, 18, 185–192.
- [17] Dawood, A., & Alkanhal, M. A. (1995). Nutrient composition of Najdi-Camel Meat. *Meat Science*, 39, 71–78.
- [18] Gerber N., Scheeder M.R.L. and Wenk C., (2009). The influence of cooking and fat trimming on the actual nutrient intake from meat, *Meat Science* 81, pp. 148–154.
- [19] Alkanhal, A. (1994). Nutrient composition of Najdi camel meat. *Meat Science*, 39, 71–78.
- [20] Hamm, R. (1966). Heating Of Muscle Systems. In “The Physiology & Biochemistry Of Muscle As a Food, I” (E. J. briskey ,R. G. Cassens, & J. C. trautman , Cds.), p.363 univ of Wisconsin Press,Madison.
- [21] Bailey, A.J., Light, N.D., 1989. Connective tissue in meat and meat products. Elsevier Applied science, London. 192.Baldwin, R. E. (1983). Microwave cooking : An overview. *J. Food Prot.* 46 : 266-269.
- [22] Bell, J. W., Farkas, B. E., Hale, S. A., & Lanier, T. C. (2001). Effect of thermal treatment on moisture transport during steam cooking of Skipjack Tuna (Katsuwonas pelamis). *Journal of Food Science*, 66(2), 307–313.
- [23] Ofstad, R., Kidman, S., Myklebust, R., & Hermansson, A. M. (1993). Liquid holding capacity and structural changes during heating of fish muscle: Cod (*Gadus morhua L.*) and salmon (*Salmo salar*). *Food Quality*, 12, 163–174.
- [24] Bradford, W., Berry, P. D., & Leddy, K. (1984). Beef fatty composition: Effect of fat content and cooking method. *Journal of American Dietetic Association*, 84, 654–658.
- [25] Bouton P. E., Ford A. L., Harris P. V., Shorthose W. R., Ratclif D. & Morgan J. H. L.(1978). Influence of animal age on the tenderness of beef: muscle differences. *Meat Science*.2, 301-311.
- [26] Cross, H. R., Carpenter, Z. L. and Smith, G. C. (1973).Effect of intramuscular collagen and elastin on bovine muscle tenderness. *Journal of Food Science* , 38,PP.998-1003.
- [27] Offer, G., Restall, D., & Trinick, J. (1984). Water-holding in meat. In A. J. Bailey (Ed.), Recent advances in chemistry of meat (pp. 71–86). London: The Royal Society of Chemistry.
- reheating on sensory and chemical characteristics of roast beef. *Food Chemistry* 45, 11-14.
- [7] Harris, P. V., & Shorthose, W. R. (1988). In R. Lawrie, *Developments in Meat Science* (Vol. 4, pp. 245–296). London: Elsevier Applied Science.
- [8] Bertola, N. C., Bevilacqua, A. E., & Zaritzky, N. E. (1994). Heat treatment effect on texture changes and thermal denaturation of proteins in beef muscle. *Journal of Food Processing and Preservation*, 18(1), 31–46.
- [9] Wang, Y., Lau, M. H., Tang, J., & Mao, R. (2004). Kinetics of chemical marker M-1 formation in whey protein gels for developing sterilization processes based on dielectric heating. *Journal of Food Engineering*, 64(10), 111–118.
- [10] AOAC. 2002. Official Methods of Analysis, Association of Official Analysis Chemists, 17th Ed., Washington, DC.
- [11] Wheeler T. L., Shackelford S. D. and Koohmaraie M. (2005). Shear Force Procedures for Meat Tenderness Measurement.
- [12] Honikel, K.O. (1998). Refference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Journal of meat science* vol.49, No. 4,447-457.
- [13] Findlay, C. J., Parkin, K. L., & Stanley, D. W. (1989). Differential scanning calorimetry can determine kinetics of thermal denaturation of beef muscle proteins. *Journal of Food Biochemistry*, 10, 1–15.
- [14] Garcia-Segovia, P., Andres-Bello, A., & Martinez-Monzo, J. (2007). Effect of cooking method on mechanical properties, color and structure of beef muscle (*M. pectoralis*). *Journal of Food Engineering* , 80, 813–821.
- [15] Kadim, I. T. & Mahgoub, O. (2006). Meat quality and composition of Longissimus thoracis from Arabian camel (*Camelus dromedaries*) and Omani beef: A comparative study. In First conference of the international society of camelids research and development (ISOCARD) (pp. 118). Al-Ain United Arab Emirates.
- [16] Al-Owaimer, A. N. (2000). Effect of dietary Halophyte *Salicornia bigelovii* Torr on carcass characteristics, minerals, fatty acids and amino

- [34] Wu, F. Y., Dutson, T. R., & Smith, S. B. (1985). A scanning electron microscopic of heat-induced alterations in bovine connective tissue. *Journal of Food Science*, 50, 1041–1044.
- [35] Cheng, C. S., & Parrish, F. C. Jr., (1976). Scanning electron microscopy of bovine muscle. Effect of heating on ultrastructure. *Journal of Food Science*, 41, 1449.
- [36] Bendall, J. R., & Restall, D. J. (1983). The cooking of single myofibres, small myofibre bundles and muscle strips from beef M. psoas and M.sternomandibularis muscles at varying heating rates and temperatures. *Meat Science*, 8, 93–117.
- [37] Rowe, R. W. D. (1989). Electron microscopy of bovine muscles: II – The effects of heat denaturation on post rigor sarcolem and endomysium. *Meat Science*, 26, 281–294.
- [38] Hsieh, Y. P. C., Cornforth, D. P., Pearson, A. M., & Hooper, G. R. (1980). Ultrastructural changes in pre- and post-rigor beef muscle caused by conventional and microwave cookery. *Meat Science*, 4, 299- 311.
- [28] Leander, R. C., Hedrick, H. B., Brown, M. F., & White, J. A. (1980). Comparison of structural changes in bovine longissimus and semitendinosus muscles during cooking. *Journal of Food Science*, 45(1), 1–6, p. 12.
- [29] Resurreccio'n, A. V. A. (2003). Sensory aspects of consumer choices for meat and meat products. *Meat Science*, 66, 11–20.
- [30] Feng, H., & Tang, J. (1998). Microwave finish drying of diced apples in spouted bed. *Journal of Food Science*, 63(4), 679–683.
- [31] Hui, Y. H., Cross, N., Kristinsson, H. G., Lim, M. H., Nip, W. K., Siow, L. F., et al. (2006). Biochemistry of seafood processing. In Y. H. Hui (Ed.), *Food biochemistry & food processing* (pp. 351–378). Ames, IA: Blackwell Publishing Professional.
- [32] Palka, K. (1999). Changes in intramuscular connective tissue and collagen solubility of bovine M. semitendinosus during retorting. *Meat Science*, 53, 189–194.
- [33] Palka, K., & Daun, H. (1999). Changes in texture, cooking losses, andmyofibrillar structure of bovine M. semitendinosus during heating. *Meat Science*, 51, 237–243.

Effect of microwave heating method on Longissimus.dorsi (L. d) muscle of camel (Camelus dromedaries)

Nikmaram, P. ¹, Yarmand, M. S. ^{2 *}, Emam jomeh, Z. ²

1. Department of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, Agriculture and Natural resources, University of Tehran, Islamic Republic of Iran
2. Department of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, Agriculture and Natural resources, University of Tehran, Islamic Republic of Iran
3. Department of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, Agriculture and Natural resources, University of Tehran, Islamic Republic of Iran

(Received: 89/8/7 Accepted: 90/10/28)

In this research the effect of microwave thermal treatment with power of 600 w on Longissimus.dorsi (L.d) muscle of camel by 1-3 years were examined. Chemical analysis, mechanical properties and proteins behavior of raw and microwaved samples were compared. Also the cook loss changes in three powers of 300, 600 and 900 w were measured which all of them were followed a zero-order kinetic model. The percentage of fat, protein and ash increased because of high cook loss. Sodium reduced while iron and zinc increased. Shear force and compression force increased in comparison with raw sample. Both Shear force and compression force followed a three-phase curve :(1) rapid toughening, (2) rapid softening, (3) slow toughening. The microstructures of raw and heated samples were also studied. The micrographs showed the rupture of meat structure and connective tissue coagulation. DSC was performed to assess protein denaturation.

KeyWords: Camele, Microwave, Muscle, Color, Mechanical properties, Microstructure

* Corresponding Author E-Mail Address: myarmand@ut.ac.ir