

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

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

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 شیمیایی، خصوصیات مکانیکی و رفتار پروتئین ها در نمونه های خام و مایکروویو شده مورد مطالعه و مقایسه قرار گرفت. همچنین تغییرات افت پخت در سه توان ۳۰۰، ۶۰۰ و ۹۰۰ وات اندازه گیری شد که همگی از مدل کینتیکی نوع صفر پیروی کردند. درصد چربی، پروتئین و خاکستر با توجه به افت پخت بالا افزایش و رطوبت کاهش نشان داد. در میان عناصر، سدیم کاهش و آهن و روی افزایش یافتند. نیروی برشی و فشارش نسبت به نمونه خام افزایش نشان داد و بررسی تغییرات نیروی 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 مایکروویو نیز مطالعه شد میکروگراف ها نمایان گر از هم گسیختگی ساختار گوشت و کواگولاسیون بافت پیوندی بودند. برای بررسی دنا توراسیون 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

مطالعه ای بر روی روند تغییرات خصوصیات مکانیکی گوشت شتر صورت نگرفته است. هدف از این تحقیق بررسی اثر تیمار حرارتی مایکروویو بر روی عضله راسته شتر یک کوهانه و مقایسه تغییر ترکیبات شیمیایی، تعدادی از عناصر مهم گوشت، خصوصیات مکانیکی و رفتار پروتئین ها و ریز ساختار تحت تأثیر تیمار حرارتی اعمال شده با نمونه اولیه بود.

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

۲- مواد و روش ها

۲-۱- انتخاب و آماده سازی نمونه های آزمایشی

سه شتر با سن ۳-۱ سال در کشتارگاه بسیم گوشت کهریزک به طور تصادفی انتخاب و به طریق 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 اتیلنی 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 بافتی و آزمون DSC بعد از اعمال حرارت به روش مایکروویو، مورد استفاده قرار گرفت.

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

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

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

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 دما های بالا، تابش زیاد نور خورشید و نیز کمبود آب دارد، در نتیجه پرورش شتر به سهولت در این مناطق انجام می شود. بخش های خوراکی شتر محتوای مقدار کمتری کلسترول نسبت به گوشت گاو یا گوشت گوسفند است بنابراین این گوشت شتر سالم تر است [۴].

حرارت دادن گوشت برای تولید محصول ایمن و دلپذیر ضروریست [۵]. به هر حال از معایب فرآیند های حرارتی این است که باعث افت مواد مغذی مانند ویتامین ها و مواد معدنی می شود. مایکروویو در مقایسه با آون های گازی و الکتریکی متداول راندمان بالایی دارد. تقریباً ۷۵٪ انرژی کمتر برای پختن یا حرارت دادن با مایکروویو، در مقایسه با روش های معمول لازم است [۳] زمان پخت در آون های رایج نسبت به آون مایکروویو بسیار بالاتر است [۶]. میانگین زمان پخت با روش های معمولی ۴۵ دقیقه و با مایکروویو ۱۵ دقیقه است [۶] اما تحقیقات نشان داده است که افزایش سریع دما به بافت گوشت صدمه می زند و در مقایسه با روش های سنتی، آب چک آن افزایش می یابد [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 می شود. 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 می شود. تا کنون هیچ

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

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

$$x = \frac{(a + 1.75 L)}{(5.645 L + a - 3.012 b)} \quad (5)$$

۲-۶- بررسی خصوصیات مکانیکی

۲-۶-۱- بررسی تردی

تردی قطعات گوشت با اندازه گیری نیروی برشی بوسیله دستگاه اینسترون (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 اینسترون مورد برش قرار گرفت در ضمن سرعت روی ۲۵۰-۲۰۰ 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 نیوتن گزارش شد [۱۱].

مشخصات تیغه وارنر-براتزلر:

۱- ضخامت تیغه ۱/۰۱۶

۲- V شکل با زاویه ۶۰ درجه باشد.

۲-۶-۲- بررسی فشارش

یک پلانژر استوانه ای ته صاف (قطر ۱/۱۳ سانتی متر و سطح یک سانتی متر مربع) مورد استفاده قرار گرفت. پلانژر 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 ایزوترمال 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 کینتیکی مرتبه صفر، اول و دوم به صورت معادلات ۲ و ۳ و ۴ نشان داده شده است:

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

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 ۲۲۰ ثانیه حرارت داده شد [۶].

۲-۳- آنالیز شیمیایی

مقادیر 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:

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

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 ۰ تا ۱۰۰+، 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 (Browning Index) تبدیل شدند. BI خلوص رنگ قهوه ای

جدول ۱ مقایسه میانگین تیمارها در گوشت شتر

تیمار	افت پخت (%)	پروتئین (%)	چربی (%)	رطوبت (%)	خاکستر (%)
خام	-	22.143 ± 0.947 ^b	4.277 ± 0.29 ^b	76.29 ± 0.239 ^a	1.1 ± 0 ^a
مایکروویو	42.463 ± 1.180 ²	29.52 ± 0.066 ^a	8.82 ± 0.225 ^a	39.98 ± 1.185 ^b	1.36 ± 0.067 ^a

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

۲-۸- 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

۳-۱- 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 مایکروویو در سطح یک درصد تفاوت معنی داری وجود ندارد. محتوای خاکستر گوشت شتر بین ۱/۱٪ تا ۱/۵٪ 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 مایکروویو 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 مایکروویو با میانگین (۳۹/۹۸) نشان داد. گوشت شتر محتوای ۷۰-۷۷ درصد آب است [۱۷]. با توجه به افت پخت زیاد در روش مایکروویو، درصد رطوبت در این تیمار

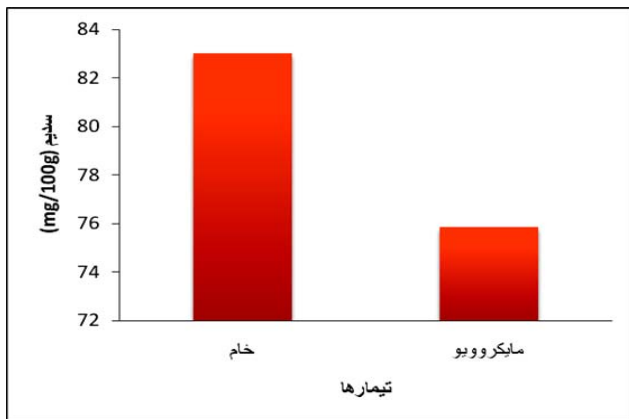
۲-۷- روش اندازه گیری با دستگاه گرماسنج روبشی تفاضلی (DSC)

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 بدهد تا با ظرف خالی هم دما شود را اندازه گیری می کند (براساس یک برنامه حرارتی که برای آن تعریف شد). برای تعدیل تغییرات طبیعی pH و اطمینان از رطوبت اضافی و افزایش تماس حرارتی، ۵ μl از بافر فسفات M Sorenson ۰/۰۷ (pH= ۵/۴) قبل از در بندی در ظرف ریخته شد. سل ها برای اسکن نمونه ها به طور متوسط از صفر تا ۱۰۰ درجه در ۱۰°C/min، تحت گاز نیتروژن با جریان ۲۰ ml/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 گرمای انتقال (HΔ) و دمای انتقال ماکزیم (T_{max}) را بدست دهد [۱۳].

۲-۷- بررسی ریز ساختار گوشت

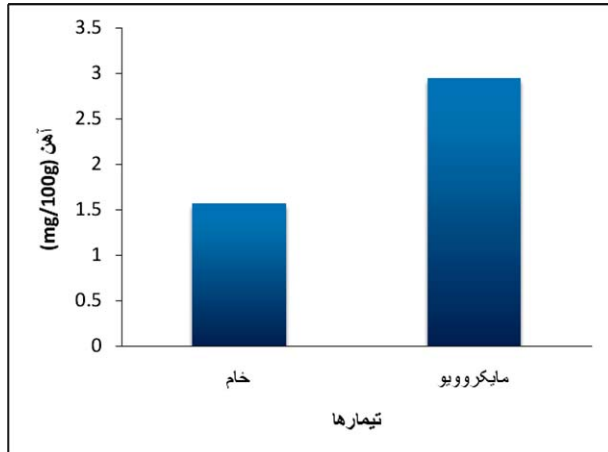
در این قسمت ریز ساختار گوشت تازه و پخته با استفاده از میکروسکوپ الکترونی بررسی شد. نمونه ها در جهت فیبر های عضلانی و به صورت موازی و عمودی برش زده شدند. نمونه های گوشت پخته و خام در ابعاد ۲*۲*۳ میلی متر برش زده و در اتانول با غلظت های مختلف طبق جدول زیر، جهت آگیری تیمار شدند. جهت جلوگیری از ایجاد شوک در بافت عمل آگیری با الکل از غلظت های کم شروع شد. برای آگیری از اتانول با غلظت های ۲۵، ۵۰، ۷۰، ۹۵، ۱۰۰، ۱۰۰، ۱۰۰ استفاده شد و نمونه در هر غلظت به مدت ۱۵-۱۰ دقیقه آگیری شد [۱۴].

نمونه ها در دستگاه پوشش دهنده طلا تحت خلاء (۱ mbar^{-۱} ۱۰*۵) 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 pas^{-۳} ۱۰*۹/۹ بودند زیر میکروسکوپ مشاهده شدند.



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 می یابد. علت آن اینست که آهن یک عنصر نامحلول است و عناصر نامحلول به اجزای غیر چربی همچون پروتئین ها متصل اند بنابراین پس از حرارت دهی از دست نمی روند.



شکل ۲ اثر مایکروویو بر روی مقدار آهن عضله راسته شتر

نتایج مقایسه میانگین روی در نمونه های عضله راسته شتر (شکل ۳) نشان داد که نمونه مایکروویو با میانگین $mg/100\ g$ (۱/۶۹۷) تفاوت معنی داری با تیمار خام $mg/100\ g$ (۰/۶۱۱) داشت. ضمن مایکروویو کردن نمونه خام، روی به صورت محلول خارج نمی شود و در بافت گوشت باقی می ماند. روی موجود در گوشت به شدت به میوفیبریل ها متصل می شود و بر

بسیار کمتر از نمونه خام بود. (2005) گزارش داد که مقدار زیادی آب در میان میوفیبریل ها ننگه داری می شود و هرگونه تغییری در نحوه توزیع آب در ساختار گوشت از تغییرات در این فضا نشئت می گیرد. حرارت دادن موجب تغییرات ساختاری می شود، که ظرفیت ننگه داری آب گوشت را کاهش می دهد.

نتایج مقایسه میانگین چربی تیمارهای عضله راسته شتر (جدول ۱) نشان داد که نمونه مایکروویو دارای میانگین بالاتر (۸/۸۲) نسبت به نمونه خام (۴/۳۷۷) بود. سطح چربی درون ماهیچه ای در گوشت شتر تنوع زیادی دارد. Al- Owaimer (۲۰۰۰) مقدار ۵/۲٪ برای عضله راسته شتر گزارش داد. Kadim et al., (۲۰۰۶) چربی شیمیایی میانگین را برای آن ۶/۴٪ گزارش دادند که با ۷٪ 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 می شود اما زمانیکه با نمونه اولیه مقایسه می شود افت چربی مطلق مشاهده می گردد.

نتایج مقایسه میانگین پروتئین تیمارهای عضله راسته شتر (جدول ۱) نشان داد که نمونه خام دارای میانگین ۲۲/۱۴۳٪ و تفاوت معنی داری با تیمار مایکروویو با مقدار ۲۹/۵۲٪ 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.

۳-۲- میزان سدیم، آهن و روی

نتایج مقایسه میانگین 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 می دهد که سدیم همراه با پروتئین های محلول در آب از دست می رود و افت پیدا می کند. سدیم یک عنصر محلول در آب است و بخش عمده ای از آن در مایع خارج سلولی یافت می شود و در خلال پخت بخش اعظم آن وارد مایع تراوش شده می گردد و از دست می رود از آنجا که مقدار زیادی آب در مدت زمان مایکروویو کردن از دست می رود بنابراین مقدار زیادی سدیم از طریق آن افت پیدا می کند.

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 ۶۰-۵۰ و ۷۰-۶۰ 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 ۸۰-۷۰ درجه، تغییرات احتمالاً به طور عمده با دناتوراسیون حرارتی میوزین (۶۰-۴۰ درجه) و اکتین (۷۳-۶۶ درجه) و چروکیدگی کلاژن (۶۲-۵۶ درجه) مرتبط شده‌اند. سیستم پروتئین‌های 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 شده‌است. 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 شده‌است [۸]. حرارت دادن باعث دناتوراسیون میوزین و چروکیدگی میوفیبریل‌ها و در نتیجه آن خروج آب می‌شود [۲۳].

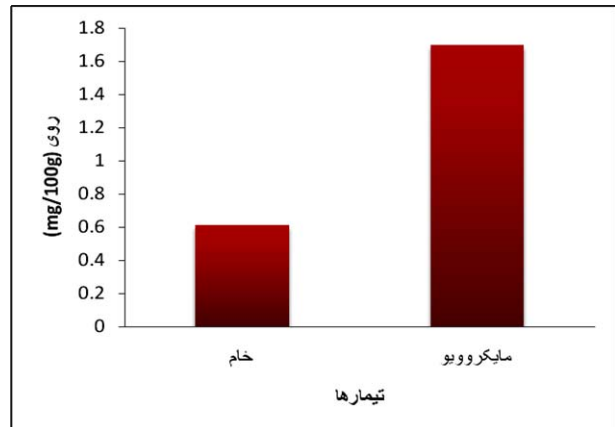
۴-۳- خصوصیات مکانیکی

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 فشردگی 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 معنی‌داری 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 معنی‌داری 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

۳-۳- 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 گسستن 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 ۱۰* 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 نگه‌داری 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 می یابد، (۳) سخت شدن کند، نیروی برش مجدداً تا دومین پیک افزایش می یابد. کیتیک فاز ترد شدن سریع و سخت شدن کند ارزیابی شد. مدل کیتیکی نوع صفر برای برازش داده های آزمایشی مورد استفاده قرار گرفت. ثابت واکنش ها در مرحله اول، دوم و سوم به ترتیب 0.834 s^{-1} ، 1.374 و 0.285 بودند.

۳-۴-۲- نیروی فشارش

نتایج مقایسه میانگین نیروی فشارش عضله راسته شتر (جدول ۳) نشان داد که نمونه مایکروویو دارای میانگین بالاتری ($86/67 \text{ N}$) نسبت به تیمار خام (36 N) بوده و تفاوت معنی داری با هم داشتند. به نظر می رسد عواملی مانند چربی، بافت پیوندی و... در نیروی فشارش تأثیر مستقیم دارند و باعث افزایش آن می شوند و رطوبت روی نیروی فشارش اثر عکس دارد. همچنین نمونه ها 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 پروتئین های بافت پیوندی و اکتین که مقاوم ترین پروتئین ها در مقابل حرارت هستند دنا توره 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 کلاژن را کاهش می دهد و نیروی فشارش افزایش می یابد.

نیروی فشردگی تا زمان ۱۰۰ ثانیه افزایش می یابد و از ۱۰۰ تا ۱۲۰ ثانیه یک کاهش و بعد از آن مجدداً افزایش می یابد. نیروی لازم برای فشردگی ضمن افزایش زمان، با افزایش دنا توراسیون کلاژن درون ماهیچه ای (intramuscular) یا تغییرات در ساختار میوفیبریلی افزایش می یابد. دنا توراسیون بافت پیوندی باعث افزایش نیروی لازم برای فشردگی می شود در مرحله دوم دنا توراسیون فیبرهای عضلانی است که باعث افزایش نیروی لازم می شود.

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 روشنایی رنگ (L) 36% تغییرات نیروی برشی را توجیه می کند. مسلماً حضور پروتئین ها به خصوص پروتئین های میوفیبریلی باعث افزایش نیروی برش شده و تردی را کاهش می دهند همچنین عواملی که در روشنایی رنگ مؤثرند مانند چربی ها و پروتئین های بافت پیوندی باعث کاهش تردی می شوند. در مقابل رطوبت بیشتر باعث کاهش نیروی برش و افزایش تردی می شود.

جدول ۲ ضرائب همبستگی و ثابت واکنش افت پخت در عضله راسته بعد از تیمار حرارتی در سه توان مختلف

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

جدول ۳ جدول مقایسه میانگین تیمارها در گوشت شتر

نیروی برش (N)	نیروی فشارش (N)	تیمار
$12/587 \pm 2/576^b$	$36/0 \pm 2/081^b$	خام
$54/197 \pm 0/531^a$	$86/67 \pm 13/383^a$	مایکروویو

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

(Harris & Shorthose, 1988)، استنباط کردند که صعود اولیه در سختی گوشت احتمالاً تابع چروکیدگی گرمایی بافت پیوندی است در حالی که صعود دوم تابع دنا توراسیون حرارتی پروتئین های میوفیبریلی است. کاهش سختی بین ۶۰-۵۰ احتمالاً به علت قدرت شکست کاهش یافته بافت پیوندی پریمیال به دلیل دنا توراسیون بخشی و چروکیدگی فیبرهای کلاژن است دومین صعود بین ۸۰-۶۰ درجه احتمالاً به علت استحکام افزایش یافته بخش میوفیبریلی گوشت کامل به دلیل دنا توراسیون پروتئین های میوفیبریلی است. احتمالاً نتایج حاصل از واکنش های مختلف باعث سخت شدن گوشت می شود که به علت دنا توراسیون پروتئین ها و دهیدراتاسیون ماهیچه و ترد شدن با قابلیت حل پذیری کلاژن می باشد. حرارت باعث چروکیدگی پیش رونده، از هم گسیختگی میوفیبریل ها شده و آب و پروتئین های محلول و چربی را از بافت خارج می کند [۲۷ و ۲۸]. شکل ۶ تغییرات نیروی برش با زمان را نشان می دهد و تغییرات در

۳-۵-رنگ

نتایج مقایسه میانگین روشنایی رنگ (L) عضله راسته شتر (جدول ۴) نشان داد که نمونه خام با میانگین (۳۴/۰۱) با تیمار مایکروویو با میانگین ۵۲/۸۳۷ تفاوت معنی داری داشت. به نظر می رسد مهمترین عوامل مؤثر در روشنایی 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، روشنایی رنگ بیشتر می شود و مقدار رطوبت تأثیر عکس دارد هرچه رطوبت بیشتر باشد روشنایی رنگ کمتر می شود و برعکس. نتایج مقایسه میانگین قرمزی رنگ در عضله راسته شتر (جدول ۴) نشان داد که نمونه خام با میانگین (۲۱/۲۴) با تیمار مایکروویو با میانگین ۸/۱۹ تفاوت معنی داری داشت. نتایج مقایسه میانگین زردی رنگ در عضله راسته شتر (جدول ۴) نشان داد که نمونه خام میانگین (۷/۸۱) داشت و با تیمار مایکروویو با میانگین ۱۲/۶۳۳ تفاوت معنی داری داشت.

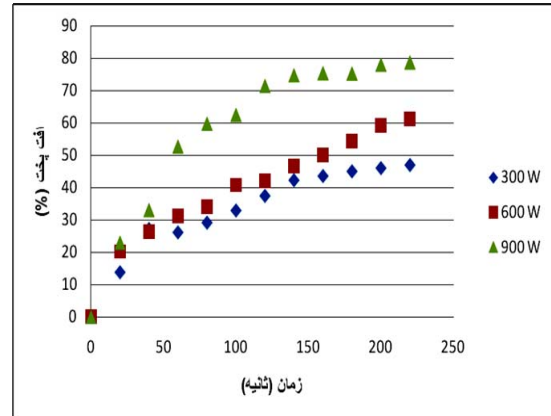
جدول ۴ جدول مقایسه میانگین تیمارها در گوشت شتر به روش دانکن ($\alpha=0/01$) (میانگین \pm SE)

تیمار	L	a	B	E Δ
خلم	۳۴/۰۱ \pm ۱/۲۳ ^b	۲۱/۲۴ \pm ۱/۱۴ ^a	۷/۸۱ \pm ۱/۲۹ ^b	-
مایکروویو	۵۲/۸۳۷ \pm ۰/۲۹ ^a	۸/۱۹ \pm ۰/۲۳ ^b	۱۲/۶۳۳ \pm ۰/۳۳ ^a	۴۲/۴۶۳ \pm ۰/۴۱ ^a
روستینگ	۴۸/۸۳۳ \pm ۱/۵۳ ^a	۸/۴۳۳ \pm ۰/۴۶ ^b	۱۲/۴۹۳ \pm ۱/۰۴ ^a	۲۳/۵۵۳ \pm ۱/۱۱ ^b
برایسینگ	۵۲/۶۳۳ \pm ۰/۰۸ ^a	۹/۸۶۳ \pm ۰/۲۵ ^b	۱۳/۵۱۳ \pm ۰/۴۱ ^a	۳۰/۸۵۳ \pm ۰/۶۹ ^b

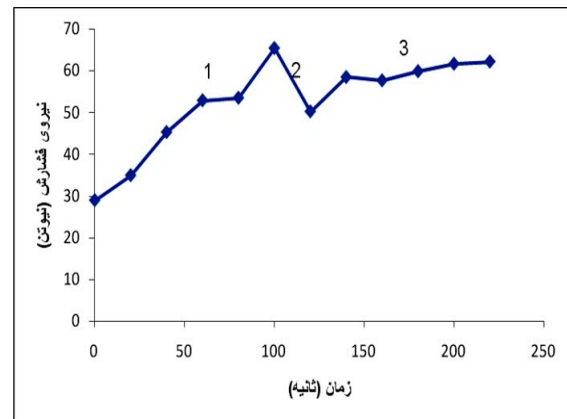
داشتن حروف مشابه به معنی عدم وجود تفاوت معنی دار می باشد.

نمونه های پخته عموماً روشن 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 [۱۴]. L بیشتر رنگ روشن تری را نشان 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 توجه است [۲۹] ولی داخل نمونه ها رنگ روشن تری پیدا کرد.

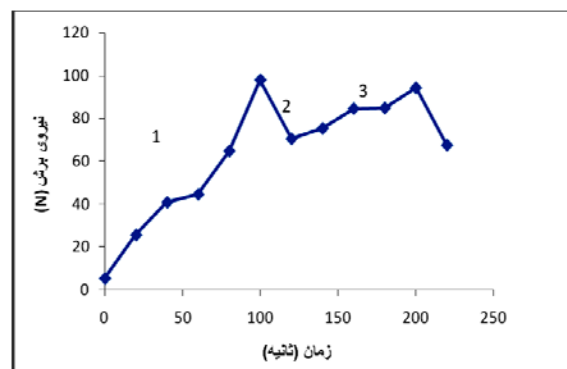
اول $0/351 \text{ s}^{-1}$ ، در مرحله دوم که یک مرحله نزولی بود ثابت واکنش $-0/759 \text{ s}^{-1}$ و در نهایت در مرحله سوم ثابت واکنش به ترتیب برای روش های مایکروویو $0/102 \text{ s}^{-1}$ بود.



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

همراه است. همچنین ثابت واکنش قرمزی رنگ در این روش S^{-1} $0/004$ - بود.

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} $0/387$) و بعد از این نقطه، یک کاهش تدریجی در BI وجود داشت و ثابت واکنش S^{-1} $0/164$ - بود تا اینکه به مقدار نهائی (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 کروموژن و گلوبین نیکوتین آمید همی کروموژن در رنگ گوشت پخته دخیل اند. دمای پخت گوشت بر تبدیل رنگ دانه ها اثر می گذارد. رنگ داخلی گوشتی که دمای داخلی آن $70-80$ درجه سانتی گراد یا بالاتر باشد، قهوه ای متمایل به خاکستری است [۱].

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

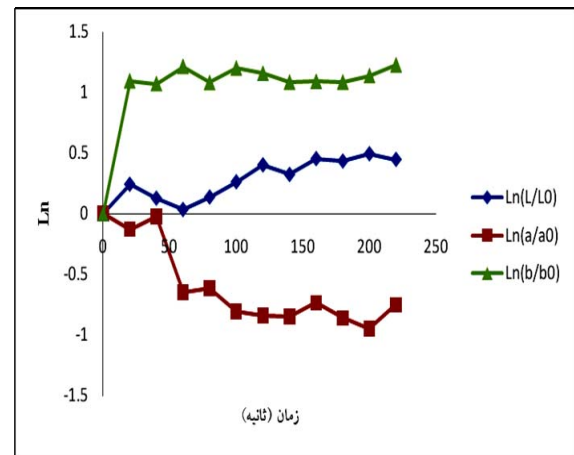
$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L^*_0)^2 + (a^* - a^*_0)^2 + (b^* - b^*_0)^2}$$

تغییرات شدت رنگ با واکنش نوع صفر به خوبی برازش داده شد و ثابت واکنش S^{-1} $3/103$ بود. تخریب رنگ تحت تأثیر قند و اسیدهای آمینه، محتوای مواد جامد کل، pH، اسیدیته و همچنین رنج دمای مورد مطالعه قرار می گیرد [۳۱].

۳-۶- بررسی تغییرات پروتئین ها بعد از پخت

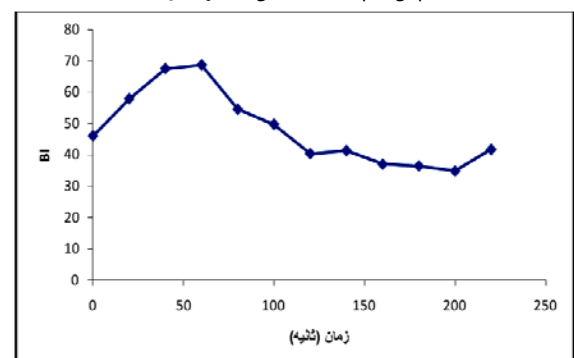
منحنی حرارتی نمونه های اصلی تیمار نشده می تواند قابل مقایسه با نمونه های حرارت دیده باشد. جریان حرارتی اولیه در 56 درجه منجر به ناپدید شدن انتقال T1 می شود. حرارت دادن تا 70 درجه منجر به ناپدید شدن انتقال T1 و T2 می شود. حرارت دادن تا 82 درجه منجر به ناپدید شدن هر سه انتقال می شود [۱۳]. همچنین این نکته 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 بقایایی از پیک می شوند.

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



شکل ۷ تغییرات پارامترهای L, a, b تابع زمان در نمونه راسته شتر

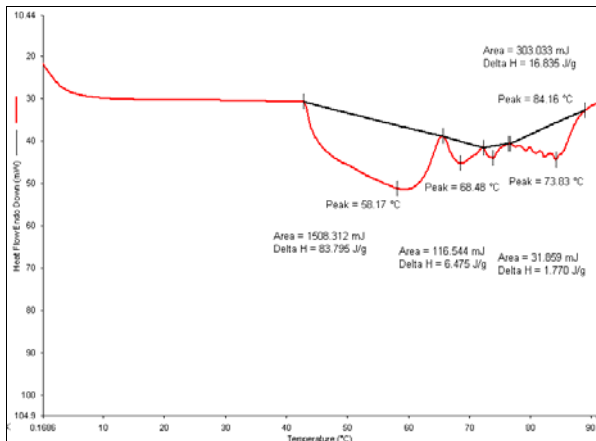
پس از پخت به روش مایکروویو



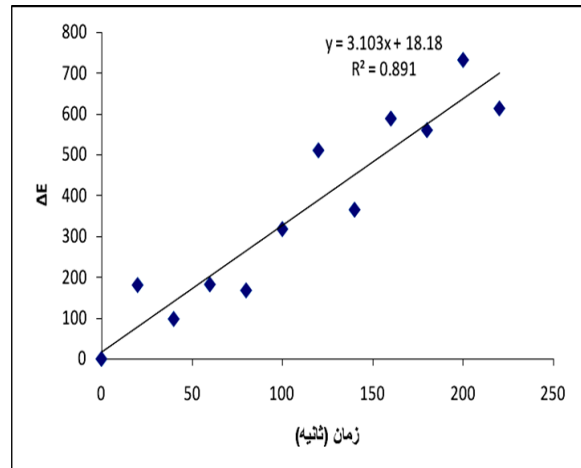
شکل ۸ تغییرات اندیس قهوه ای شدن در نمونه گوشت شتر بعد از

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} $0/021$ 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

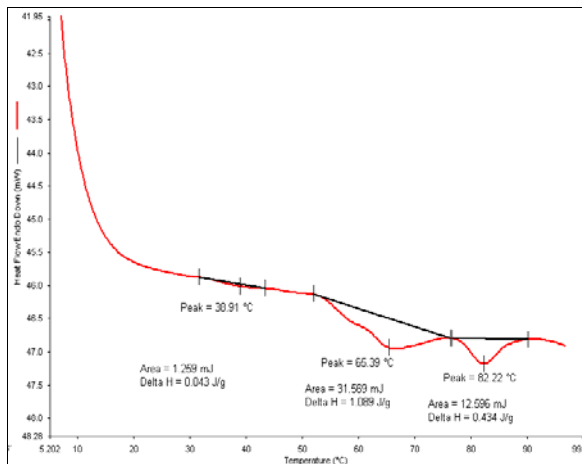


الف)



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 و نظم آن است. روی مقطع عرضی ماهیچه های خام، شکاف بین فیبرها ولوله های اندومیزیال کاملاً مشخص بودند و به نوعی ساختار شاخه ای (دندریت) داشتند [۳۲ و 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. ازهم 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 کلاژن 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 دناتوره نشده اند همین عامل باعث کاهش تردی در نمونه مایکروویو نسبت به دو روش دیگر می شود.

۳-۷- 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 (SEM) نشان داده شده است.

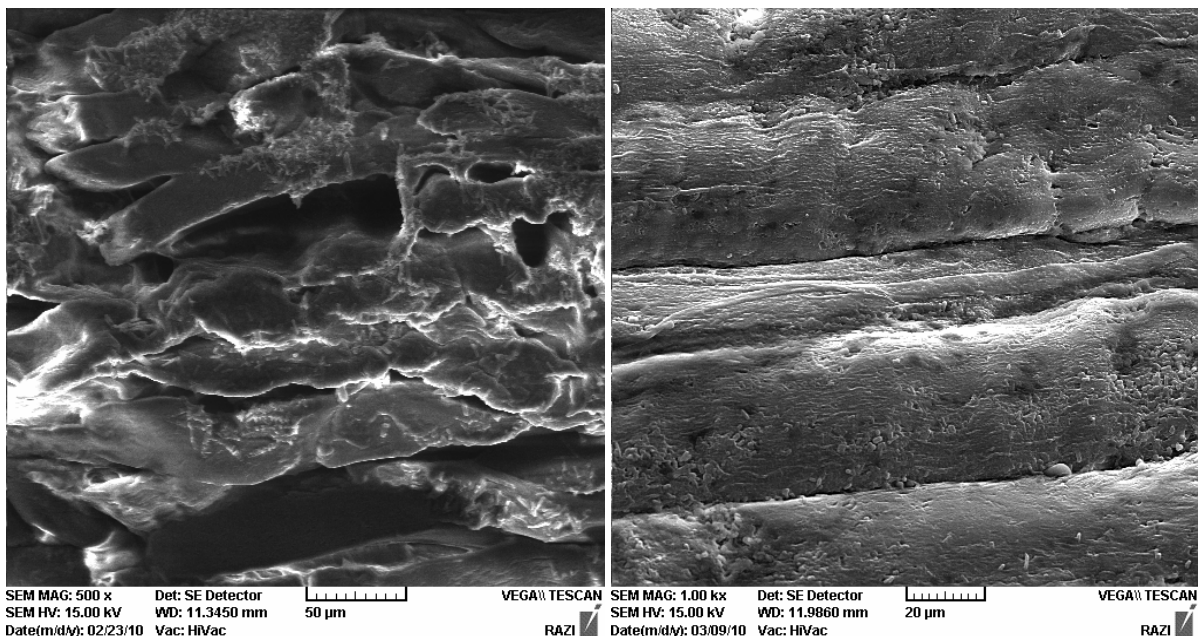
درجه، گرانول ها، فضای بین فیبرها و لوله های اندومیزیم و بین دسته های فیبرهای ماهیچه را پر می کند. اثر فشردگی ممکن است به علت چروکیدگی کلاژن اندومیزیال باشد. هنگامی که دما بالا می رود، فشردگی تدریجی در ساختار گوشت اتفاق می افتد. مهم ترین تفاوت ها می توانند بین گوشت خام و پخته مشاهده شوند. تغییرات ساختاری 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]. تغییرات سختی در طی پخت می تواند با سختی مکانیکی پریمیزیوم در فضای اندومیزیوم-پریمیزیوم توجیه شود، در حالی که کوتاه شدن اندومیزیوم احتمالاً به دلیل افت آب ماهیچه است. هر دو پدیده در بافت نهایی گوشت پخته سهم اند [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.

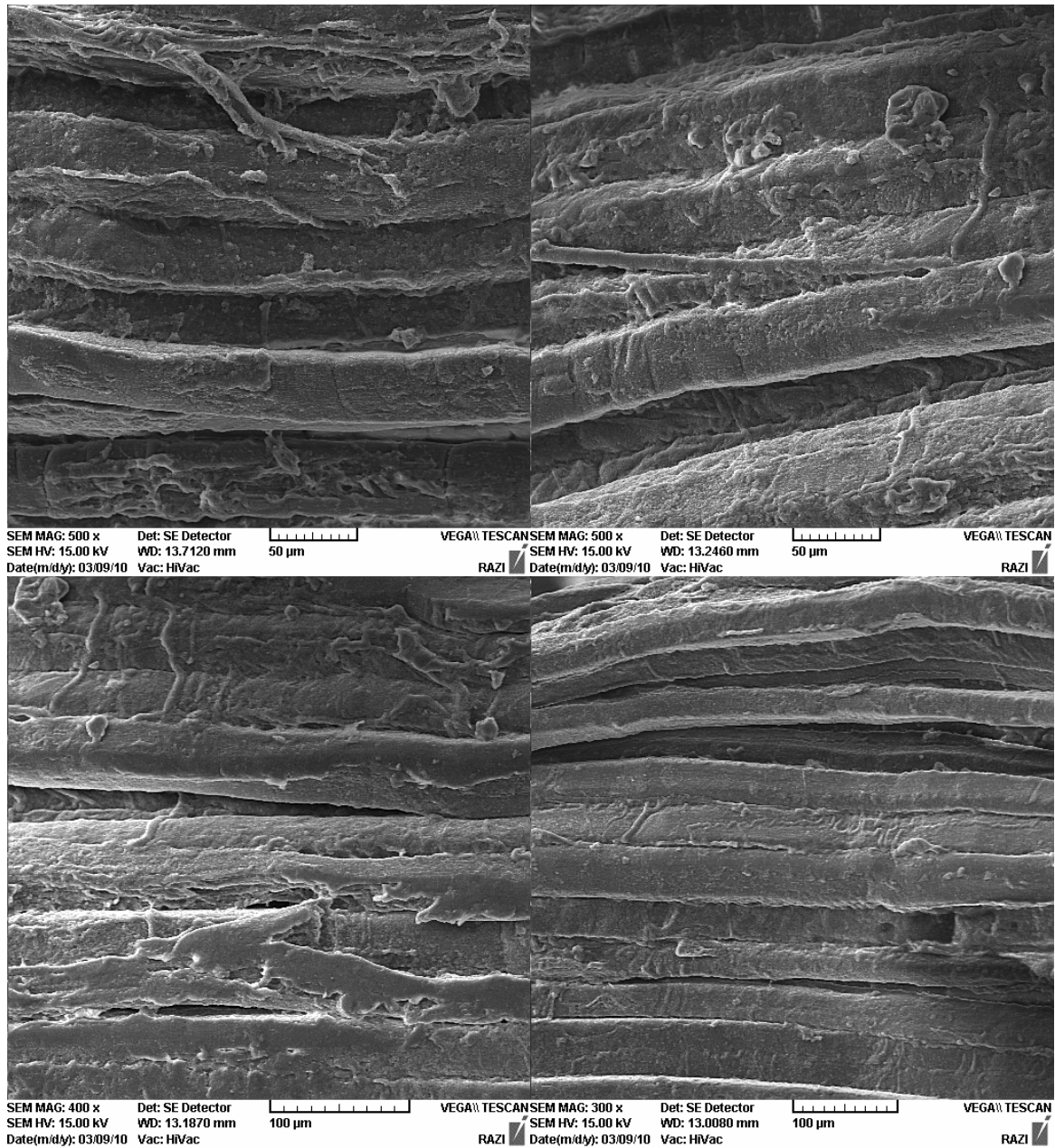
مایکروویو می شود چون در این روش حرارت از داخل جسم ایجاد می شود برخلاف روش های دیگر که حرارت از بیرون به داخل جسم نفوذ می کند، لذا از هم گسیختگی ایجاد می شود. در وهله اول چروکیدگی ممکن است به علت دناتوراسیون حرارتی میوزین و کاهش خیلی زیاد در نگه داری آب باشد و در وهله دوم با دهیدراسیون بیشتر کمپلکس اکتومیوزین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

Wu, Dutson & Smith (1985) هیچ تغییراتی در ساختار اپیمیزیوم، بعد از یک ساعت حرارت دهی در ۶۰-۸۰ درجه سانتی گراد مشاهده نکردند، اما اندومیزیوم و پریمیزیوم در ۶۰ درجه دانه دانه می شوند و در ۸۰ درجه ژلاتینه می شوند. روی مقطع طولی تغییرات خیلی کمی در ۵۰ درجه و ازهم 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 پریمیزیوم 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 شتر



شکل ۱۲ تصویر میکروسکوپی عضله راسته پخته شده شتر با میکروویو

۴- نتیجه گیری

مقدار خاکستر، پروتئین و چربی بعد از حرارت دهی با میکروویو افزایش نسبی یافتند زیرا افت رطوبت بعد از میکروویو 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 میکروویو است. تصاویر میکروسکوپی از هم

گسیختگی زیادی را در فیبرهای عضلانی نشان دادند که به دلیل مکانیسم حرارتی میکروویو می باشد و همین عامل موجب افت پخت شدید در طی حرارت دهی با میکروویو می باشد. 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 می رود در مقابل آهن و روی به دلیل

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 دناوراسیون سریع پروتئین های هم (هموگلوبین و میوگلوبین) است. دو رفتار متفاوت در تغییرات قهوه 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 قهوه 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. & Bums, 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(1), 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 دناوراسیون پروتئین ها که مرحله اول مربوط به چروکیدگی گرمائی بافت پیوندی و مرحله دوم مربوط به دناوراسیون حرارتی پروتئین های میوفیبریلی می باشد، موجب افزایش قابل توجه نیروی 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 دناوره 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 کلاژن 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 ۵۸/۱۷، ۶۸/۴۸ و ۸۴/۱۶ درجه سانتی گراد که به ترتیب انتقال اول نشان دهنده میوزین، انتقال دوم مربوط به پروتئین های سارکوپلاسمی و کلاژن 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 دناوره شده است بنابراین تنها کلاژن 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 کلاژن و دناوراسیون 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 (*Katsuwonus 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., Ratcliff 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 Koochmarai M. (2005). *Shear Force Procedures for Meat Tenderness Measurement*.
- [12] Honikel, K.O. (1998). Reference 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, and myofibrillar 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