Archive of SID

کد مقاله: Foodconf-100104

بررسی تاثیر فشار هیدرواستاتیک بالا (HHP) بر بافت و خصوصیات حسی در صنایع گوشت

سیده عسل فرخ [۱]، مسعود هنرور* [۲]،

۱- دانشجوی دکترای تخصصی مهندسی صنایع غذایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات ،تهران. ، ۲- عضو هیأت علمی دانشکده صنایع غذایی . دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات ،تهران

*asal_farokh@yahoo.com

چکیده

برای مصرف کننده ها، ویژگی های بسیار مهم محصولات غذایی، ویژگی- های حسی آن (از قبیل بافت، آروما، طعم، شکل و رنگ) است .هدف تولید کنندگان مواد غذایی، توسعه و به کارگیری تکنولوژی هایی است که باعث حفظ یا تولید ویژگیهای حسی مطلوب یا کاهش تغییرات نامطلوب در مواد غذایی طی فرآیند میشود .تکنولوژی فشار بالا باعث حفظ کیفیت مواد غذایی شده و نیاز به حرارت های بالا و مواد شیمیایی نگهدارنده را از بین میبرد .این تکنولوژی به تولیدکنندگان مواد غذایی فرصت بینظیری برای تولید محصولات با کیفیت برتر و عمر ماندگاری بالا را فراهم میکند. در مقاله حاضر به بررسی تاثیر فشار هیدرواستاتیک بالا (HHP) بر بافت و خصوصیات حسی در صنایع گوشت خواهیم پرداخت.

کلمات کلیدی: فشار هیدرواستاتیک بالا،فراورده های گوشتی، بافت، اروما

مقدمه

برای مصرف کننده ها، ویژگی های بسیار مهم محصولات غذایی، ویژگی های حسی آن (از قبیل بافت، آروما، طعم، شکل و رنگ) است. هدف تولید کنندگان مواد غذایی، توسعه و به کارگیری تکنولوژی هایی است که باعث حفظ یا تولید ویژگی های حسی مطلوب یا کاهش تغییرات نامطلوب در مواد غذایی طی فرآیند میشود. تکنولوژی فشار بالا باعث حفظ کیفیت مواد غذایی شده و نیاز به حرارت های بالا و مواد شیمیایی نگهدارنده را از بین میبرد. این تکنولوژی به تولیدکنندگان مواد غذایی فرصت بینظیری برای تولید محصولات با کیفیت برتر و عمر ماندگاری بالا را فراهم میکند[۱].

فناوری فشار هیدرواستاتیک بالا یک فناوری جدید غیر حرارتی است که در آن مواد غذایی در دمای اتاق یا همان محدوده در معرض فشار هیدرواستاتیک بالا عموما در گستره ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ مگا پاسکال به مدت حداکثر ۱۵ دقیقه قرار می گیرند. اثر فرایند فشار بالا در سیستم های غذایی نخستین بار توسط Hite [۲] محقق ژاپنی جهت کاهش فساد میکروبی میوه ها و سبزیجات ، گوشت و لبنیات گزارش شد. از جمله مزایای تکنیک فوق می توان به مواردی چون امکان کاربرد در مواد غذایی جامد با درصد آب بالا و مایع بویژه غذاهای با اسیدیته بالا ، افزایش ایمنی ، عمر انباری و پذیرش توسط مصرف کننده ، بهبود کیفیت ،

The 2nd National Conference of Novel Findings in Food Industries & Healthy Nutrition
www.foodconf.ir
www.SID.ir

Archive of SID

فرآوری کمینه (بدون نگهدارنده مشابه فراورده تازه ، بهبود عملیات فرآوری در بخش فراورده های دریایی , عدم تولید ترکیبات شیمیایی جدید یا فراورده جانبی ، استفاده از آب و الکتریسته به عنوان تنها منبع انرژی ، فرایند آرام و یکنواخت مستقل از اندازه ، شکل هندسی ، زمان و جرم بدون ایجاد نقطه سرد و حفظ ترکیبات با وزن مولکولی پایین (ترکیبات معطره و ویتامین ها) به دلیل مقاوم بودن اتصالات کوالانسی به فشار اشاره کرد[۳]. هدف از این تحقیق بررسی تاثیر فشار هیدرواستاتیک بالا (HHP) بر بافت و خصوصیات حسی در صنایع گوشت می باشد.

رنگ

ویژگی های رنگ گوشت در سیستم CIELAB ، L(Lightness ، b* yellowness (redness) a*) تحت تاثیر تیمار فشار تغییر می یابند. با افزایش فشار از ۲۵۰ به ۳۰۰ مگاپاسکال L* ، افزایش می یابد . تغییرات lightness به دلیل دناتوراسیون میوگلوبین و دناتوراسیون پروتئین های میوفیبریلار است. شاخص a* در فشار های بالاتر (۴۰۰ تا ۵۰۰ مگاپاسکال) به دلیل افزایش مت میوگلوبین کاهش می یابد . شاخص b* ثابت باقی می ماند و گوشت قهوه ای میشود. می توان با حذف کامل اکسیژن از طریق بسته بندی تحت خلا به همراه اسکاونجر های اکسیژن از تشکیل مت میوگلوبین و یا تشکیل نیتروزمیوگلوبین در فراورده های فراوری شده آب نمکی جلوگیری کرد. اگر چه تیمار فشار بالا تغییرات مشهودی را در رنگ گوشت خام ایجاد می کند ولی پس از پخت اختلافات رنگ کاهش می یابد. برخی محققین نشان دادند که فشار بالا (۸۰۰ مگاپاسکال ، ۲۰ دقیقه) در نمونه های گوشت خوک چرخ شده منجر به اکسیداسیون سریع تر نسبت به نمونه های کنترل می شودو در فشارهای بالاتر از ۴۰۰ مگاپاسکال به دلیل تبدیل فروس به فریک و دناتوره شدن گلوبین افت رنگ وجود دارد. همچنین دریافتند آهن رها شده از کمپلکس فلزی در طی تیمار فشار منجر به کاتالیز کردن واکنش های اکسیداسیون لیپید در گوشت می شود. اکسیداسیون لیپید در فشارهای بالاتر به آزاد شدن آهن غیر هم یا فعالیت کاتالیتیکی مت میوگلوبین مربوط نمی شود. بلکه می تواند با تخریب غشا در ارتباط باشد[۳].

تغییرات بافت

در اثر فشار به دلیل کاهش در حجم پروتئین ها ، گوشت گونه های مختلف حیوانی دچار مکانیسم یکسانی در تغییرات بافت می شوند[۴]. حجم پروتئین در یک محلول به کمک حجم اتم ها و ملکول های تشکیل دهنده ، حجم فضاهای خالی و بوسیله محلول شدن باندهای پپتیدی و زنجیره های جانبی آمینو اسید تعیین می شود[۵]. با بکارگیری فشار بالا ، حجم پروتئین به دلیل کاهش در فضاهای خالی کاهش می یابد[۶].اثرات فشار بالا بر پروتئین ها عمدتا مربوط به تخریب اتصالات غیر کوالانسی (هیدروفوبیک و الکترواستاتیک) و به دنبال آن تشکیل مجدد اتصالات بین و درون مولکولی در مولکول های پروتئین است[۷]. از انجاییکه اتصالات ضعیف که باعث تثبیت ساختمان دوم و سوم و چهارم پروتئین ها می شوند به حرارت و تیمارهای فشار پاسخ های مختلفی می دهند ، تیمار فشار بالا در دماهای مختلف اثرات مختلفی بر بافت گوشت ایجاد می کند[۸].. به نظر میرسد دناتوراسیون ساختمان سوم پروتئین تحت تیمار فشار ، به دلیل عدم تثبیت اتصالات غیر کوالانسی روی می دهد. تحت فشار بالا ساختمان دوم بیشتر حفظ

www.SID.ir

Archive of SID

می شود. با این وجود درجه کمی از باز شدن ساختمان پروتئینی روی می دهد که با تشکیل و تراکم اتصالات دی سولفیدی و هیدروفوبی پس از حذف فشار افزایش می یابد[۹]. در بررسی تغییرات عضله گوسفند در ۱۰۰ مگاپاسکال (۲۵ درجه سانتیگراد یک دقیقه) ، در تیمارهای HHP قبل از ریگور ، با استفاده از میکروسکوپ نوری به متلاشی شدن Z-disk در سارکومر مجاور میوفیبریل که اصطلاحا Contraction bandsگفته می شود – انقباض (کاهش طول از ۳۵ ۵ به ۱۵ ٪) و تخریب شدید ساختمان ماهیچه پی بردند. در سال ۱۹۷۸، در بررسی اثر فوق به کمک TEM مشاهده کردند که در bands Contractionاتساع سارکومرهای مجاور روی نداده است . در تیمارهای HHP (۱۰۳/۵ مگاپاسکال، ۳۷ درجه سانتیگراد، دو دقیقه) ماهیچه گاوی محو نواحی H و خطوط M و تجزیه Z-disk ها مشاهده شد. بنابراین میتوان گفت فشار بالا قبل از ریگور ، موجب تغییر ساختمان سارکومر با تشکیل Contraction bandsمی شود [۱۰]. Macfarlane & Matue در بررسی تیمار فشار بالا بعد از ریگور ، برجسته ترین تغییرات در تیمار ۱۰۰ مگا پاسکال ، ۶۰ دقیق ، ۲۵ درجه سانتیگراد را محو خط M در نواحی مرکزی باند Aو از دست رفتن تمامیت فیلامنت I در مجاورت Z-disk گزارش کردند. با وجود ساختمان گرانولی تر-Z diskها تغییرات چندانی پیدا نکردند. بعلاوه پل های اولیه موجود بین فیلامنت های ضخیم دیگر در نواحی خطوط M مشاهده نشد. بنابراین به دلیل عدم مشاهده نواحی H در مرکز سارکومر، پیشنهاد شد که یک جابجاشدگی در فیلامنت های نازک نسبت به فیلامنت های ضخیم روی داده است . می توان گفت فشار بالا بعد از ریگور ، موجب تغییر ساختمان سارکومر بدون تشکیل Contraction bands می شود . Iwasakiو همکاران [۱۱]. در بررسی های خود پیرامون اثر پیش تیمارهای فشار هیدرواستاتیک بر ژله ای شدن حرارتی میو فیبریل های مرغ با استفاده از تست های نفوذ نتیجه گرفتند ، تیمارهای HHP باعث بهبود بافت و الاستیسیته ظاهری ژل های میو فیبریل می شود. آنها سه پدیده محو خطوط M ، تفکیک فیلامنت های باریک و ضخیم و تجزیه خط Z را در ۲۰۰ مگاپاسکال مشاهده کردند . آنها بیان کردند تجزیه خطوط Z می تواند به دلیل آزاد کردن α- اکتینین باشد. ضمنا دلیل اصلی الاستیسیته بالای ژل میو فیبریلار بعد از تیمار HHP 200 مگاپاسکال را دپلیمریزه شدن فیلامنت های باریک عنوان نمودند.

تفاوت تغییرات بافت ماهیچه تحت تیمار فشار با حرارت

در یک سیستم که تحت تیمار حرارتی قرار گرفته اتصالات هیدروژنی ناپایدارتر هستند، ولی در یک سیستم که تحت تیمار فشار قرار گرفته اتصالات هیدروفوبی و الکترواستاتیک آسیب پذیرتر هستند و باندهای هیدروژنی عمدتا تحت تاثیر فشار قرار نمی گیرند[۱۲]. Okamoto و همکاران [۴]،. تغییرات بافتی ژل های شکل گرفته با فشار و حرارت را در سفیده و زرده تخم مرغ ، اکتومیوزین کارپ ، خمیر گوشت خرگوش و پروتئین سویا مقایسه کردندو دریافتند که ژل های تشکیل یافته با تیمار فشار در مقایسه با حرارت نرم و براق تر بودند. همچنین آنها دریافتند که مکانیسم دناتوراسیون پروتئین تحت تاثیر فشار و حرارت متفاوت از یکدیگر است. دناتوراسیون پروتئین تحت تاثیر فشار با کاهش در حجم پروتئین همراه است ، در حالی که دناتوراسیون تحت تاثیر حرارت به دلیل جنبش های مولکولی و به دنبال آن تخریب اتصالات هیدروژنی و کووالانسی روی می دهد. بنابراین با توجه به تفاوت مکانیسم دناتوراسیون در دو شیوه

The 2nd National Conference of Novel Findings in Food Industries & Healthy Nutrition
www.foodconf.ir
www.SID.ir

Archive of SID

مذکور ، کیفیت بافت نیز از آنها تاثیر می پذیرد. در طی فرآیند دناتوراسیون تحت تاثیر HHP ممکن است پروتئین های ماهیچه حل شوند و یا بسته به فشار مورد استفاده رسوب کنند. در محدوده فشار بیشتر از ۳۰۰ مگاپاسکال باشد تغییرات معمولا غیر قابل برگشت هستند. در مطالعه ای که توسط Iwasaki و همکاران [۱۱]. صورت گرفت ، میکروگراف های SEM ژل های میوفیبریل مرغ تحت حرارت و فشار مورد بررسی قرار گرفت . ژل هایی که تحت تاثیر حرارت قرار داشتند از زنجیرخ هایی شکل گرفتند که از bundleهای میوفیبریل تشکیل شده بود، در حالی که ژل های تحت تاثیر تیمار فشار متشکل از شبکه سه بعدی با ساختار ریز در زنجیره ها بودند. تیمار فشار همچنین در مقایسه با حرارت منجر به افزایش الاستیسیته ظاهری می شود Lee .و همکاران [۱۳]. ، سطح پروتئین محلول پروتئین میو فیبریلار گوساله در KCl ۰/۱ و ۰/۶ مولار را در دو تیمار حرارتی و تحت فشار بررسی کردند . غلظت ۰/۱ مولار KCl ، با افزایش فشار تا ۴۰۰ مگاپاسکال ، حلالیت افزایش و تدریجا در ۵۰۰ مگاپاسکال کاهش یافت. حلالیت سوسپانسیون میوفیبریلار با افزایش دما تا ۵۵ درجه سانتیگراد افزایش یافت. در غلظت ۰/۶ مولار زمانی که فشار از ۳۰۰ مگاپاسکال بالاتر بود حلالیت زنجیره سنگین میوزین و اکتین در سوسپانسیون بطور همزمان کاهش یافت . بنابراین می توان گفت بین نرم شدن گوشت با حلالیت پروتئین همبستگی وجود دارد .بنابراین تیمار HHP با افزایش حلالیت پروتئین منجر به نرم شدن گوشت می شود. با توجه به تحقیقات می توان در یافت گوشت تازه که تحت تیمار HHP قرار می گیرد ، پس از پخت نرم تر شده در حالی که پخت گوشت تازه بدون HHP ، منجر به سفت شدن می شود.

تردی و سفتی بافت

دو عامل مهم در نرمی / سفتی گوشت بحث سفتی میوفیبریل (Actomyosin toughness) و سفتی زمینه (Background toughness) می باشد. سفتی اکتومیوزین با پروتئین های میوفیبریلار در ارتباط است و سفتی زمینه به وجود بافت پیوندی و پروتئین های آن ارتباط دارد. بنابراین پروتئین های میوفیبریلار و نیز پروتئین های بافت پیوندی و کلاژن اجزا اصلی ماهیچه ای هستند که سفتی را کنترل می کند. از آنجاییکه کلاژن عمدتا توسط اتصالات هیدروژنی تثبیت می شود. تحت تاثیر تیمار فشار قرار نمی گیرد ، در حالی که زمانی که گوشت تحت فشار بالا قرار می گیرد ، تغییرات عمده در ساختمان پروتئین های میوفیبریلار انقباضی دلیل اصلی وجود تغییرات مشاهده شده در بافت است.تکنیک فشار بالا به عنوان یک فن آوری جدید برای نرم کردن گوشت مورد استفاده قرار می گیرد. امروزه مقالات متعددی در مورد نرم شدن تسریع یافته (Accelerated Tenderization) در گوشت طی رسانیدن (aging=conditioning) منتشر شده است . دلیل عمده ویژگی های مشاهده شده در بافت تحت تیمار فشار بالا ، تغییرات ساختمانی پروتئین میوفیبریلار است . مهمترین نکاتی که در مطالعات ارزیابی تغییرات بافت ماهیچه در گوشت ، مرغ و ماهی در طی تیمار فشار بالا بدست آمده است ، مشاهداتی است که نشان می دهد تیمار HHP ، به تنهایی باعث سفت شدن گوشت(meat hardening/ meat toughening) ی شود. همچنین فشار بالا زمانی که قبل از ریگور اعمال شود ، می تواند گوشت را نرم کند که البته در این حالت نیز در دمای پایین به دلیل فشردگی میوفیبریل ها اثرات HHP در غیاب تیمار حرارتی خنثی شده و سفتی افزایش می

www.SID.ir

Archive of SID

یابد[۱۴].فشار بالا در نرم کردن گوشت ، مرغ و ماهی در دمای پایین بعد از ریگور موثر نیست و در گوشت بعد از ریگور نرم شدن تنها در دماهای بالاتر (۴۰-۸۰ درجه سانتیگراد) حاصل می شود. در واقع بعد از جمود نعشی فشار بالا باعث افزایش معنی داری در فعالیت آنزیم لیزوزیمی می شود ولی در بهبود نرمی و یا کاهش زمان رسانیدن تاثیر ندارد . اثرات HHP در سفتی و نرمی گوشت بستگی به شرایط ریگور ، فشار ، دما و مدت زمان و ترکیب این عوامل دارد. درک بیشتر مربوط به اثرات HHP در ترد کردن گوشت از مطالعاتی بر روی اثرات آن در بافت پیوندی در ارتباط با تیمار حرارتی ناشی می شود. Ratcliff و همکاران [۱۵]. نشان دادند که اگر چه تیمار حرارت – فشار بطور موثری سختی میوفیبریل را حذف می کند ، نرمی نمونه های تحت تیمار توسط بافت پیوندی یا سفتی زمینه محدود می شود. در تایید مطالب مذکور Macfarlane و همکاران [۱۶]. ، همچنین دریافتند که اگر چه یک پیک انتقالی در ترموگرام ماهیچه تحت فشار وجود دارد که بطور معمول به F اکتین مربوط می شود، پیک انتقالی بافت پیوندی ثابت باقی می ماند. Beilken و همکاران [۱۷].دریافتند که تیمار فشار در دماهای بین ۴۰-۸۰ درجه سانتیگراد دارای اثر کم یا بدون اثر بر سختی زمینه می باشد. مگر افزای دما به تنهایی باعث کاهش در سفتی شود. در گزارش دیگری Suzuki و همکاران [۱۸] دریافتند که هیچ اختلاف معنی داری در ultrastructure، حلالیت حرارتی یا ترموگرام کلاژن بین ماهیچه ای ایزوله شده کنترل (بدون تیمار فشار) و ماهیچه تحت تیمار فشار وجو د ندارد. این مشاهدات در توضیح اثرات محدود HHP در گوشت بعد ریگور معنی دار بودند ، زیرا Nishimura و همکاران [۱۹] دریافتند که تضعیف شدن بافت پیوندی درون ماهیچه ای در طی رسانیدن تسریع یافته طبیعی ، با ترد شدن گوشت در ارتباط است . سایر محققین نیز گزارش کردند در شرایط ۱۵۰ مگاپاسکال ۲ دقیقه ، ۳۵ درجه سانتیگراد pH گوشت گوساله در کمتر از یک ساعت به ۸/۵ می رسد که به دلیل افزایش پروتئولیز و گلیکولیز و نیز افزایش کوتاه شدن سارکومر در ماهیچه خام بوده و به افزایش نرمی در بافت ماهیچه خام منجر می شود. در طی پخت نیز به دلیل کاهش کوتاه شدن سارکومر افت پخت و ابداری ، کاهش می یابد . نتایج تحقیقات مذکور تئوری contraction را تایید می کندکه بر اساس آن افزایش سفتی با افزایش تعداد سارکومر ها همراه است که در آن فیلامنت های ضخیم به سمت خط Z فشرده می شوند و باند I به عنوان ناحیه ضعیف در سارکومر حذف می شود.

نتیجه‌گیری

کاربرد هر تکنولوژی جدید باعث ایجاد چالش برای تکنولوژیست ها و محققان صنعت غذا میشود .تکنولوژی فشار بالا در صنعت غذا میتواند علاوه بر تضمین ایمنی میکروبی مواد غذایی، محصولات غذایی با کمترین تغییر در ویژگیهای کیفی و حفظ تازگی محصول تولید کند .ویژگیهای ارگانولپتیکی، تغذیهای و رئولوژیکی مواد غذایی توسط تیمار فشار بالا در مقایسه با فرآیند حرارتی بهتر حفظ میگردد. فشار هیدرواستاتیک بالا بسته ، خواص حسی از جمله آبداری ، پیوستگی و قابلیت جویدن در اثر تیمار فشار بهبود می یابد. همچنین با کنترل شرایط فرایند می توان به نرمی بهبود یافته در گوشت و فراورده های گوشتی دست یافت.

The 2nd National Conference of Novel Findings in Food Industries & Healthy Nutrition
www.foodconf.ir
www.SID.ir

Archive of SID

منابع

[۱] رسولی پیروزیان، ه. پیغمبردوست،س.ه.(۱۳۹۳). تکنولوژی نوین فشار هیدروستاتیک بالا و اثرات آن بر کیفیت مواد غذایی.بیست و دمین کنگره علوم و صنایع غذایی ایران ،دانشگاه گرگان.

[2] Hite, BH, The effect of pressure in the preservation of milk, Bull West Virginia Univ Agric Exp Stn. 1899, 58, 15–35.

[۳] شهیری طبرستانی, هدی و محمدجواد وریدی، ۱۳۹۰، مروری بر اثر فشار هیدرواستاتیک بالا بر کیفیت گوشت و فراورده های گوشتی، بیستمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی، تهران، دانشگاه صنعتی شریف.

[4] Okamoto, M, et al , Application of high pressure to food processing: textural comparison of pressure- and heat-induced gels of food proteins,Agricultural Biological Chemistry. 1990, 54,183–189.

[5] Masson, P, Pressure denaturation of proteins, In: Balny, C, et al(Eds.), High Pressure and Biotechnology, John Libbey Eurotext Ltd., Montrouge. 1992, pp. 89-99.

[6] Messens, W et al, The use of high pressure to modify the functionality of food proteins, Trends in Food Science & Technology. 1997, 8,107–112.

[7] Galazka, VB & Ledward, DA, Developments in high pressure food processing, In: Turner A, editor. Food technology international europe. London: Sterling Publications Intl. 1995, p 123–5.

[8] Galazka, VB & Ledward, DA, High pressure effects on biopolymers, In: Hill SE, Ledward, DA & Mitchell, JR. editors, Functional properties of food macromolecules. Gaithersburg,Md.: Aspen Publishers Inc. 1998, 278–301.

[9] Macfarlane, JJ, Pre-rigor pressurization of muscle: effects on pH, shear value and taste panel assessment, Journal of Food Science. 1973, 38, 294–8.

[10] Macfarlane, JJ & Morton, DJ, Effects of pressure treatment on the ultrastructure of striated muscle, Meat Science. 1978, 2,281–288.

[11] Iwasaki, T, et al, Studies of the effect of hydrostatic pressure pretreatment on thermal gelation of chicken myofibrils and pork meat patty, Food Chemistry. 2006, 95,474–83.

[12] Mor-Mur, M & Yuste, J, High pressure processing applied to cooked sausage manufacture: physical properties and sensory analysis, Meat Science. 2003, 65, 1187–1191.

[13] Lee, EJ, et al, Differences in properties of myofibrillar proteins from bovine semitendinosus muscle after hydrostatic pressure or heat treatment, Journal of Science of Food & Agriculture.2007, 87,40–46.

[14] Jung, S, et al, Textural changes in bovine meat treated with high pressure, High Pres Res. 2000a, 19,69–74.

[15] Ratcliff, D, et al, Pressureheat treatment of post-rigor muscle: objective–subjective measurements, Journal of Food Science. 1977,42,857–365.

[16] MacFarlane, JJ, et al, Pressure treatment of meat: effects on thermal transitions and shear values, Meat Science.1980–81,5, 307–17.

[17] Beilken SL & Macfarlane, JJ Jones PN, Effect of high pressure during heat treatment on theWarner–Bratzler shear force values of selected beef muscles, Jounal of Food Science. 1990, 55,15–8, 42.

[18] Suzuki, A, et al, Effects of highpressure treatment on the ultrastructure and thermal behaviour of beef intramuscular collagen, Meat Science, 1993, 35,17–25.

[19] Nishimura, T, et al, Relationship between degradation of proteoglycans and weakening of the intramuscular connective tissue during postmortem ageing of beef, Meat Science. 1996, 42, 257–260.

The 2nd National Conference of Novel Findings in Food Industries & Healthy Nutrition
www.foodconf.ir
www.SID.ir