

## UTICAJ VISINE TEMPERATURE I REŽIMA TOPLOTNE OBRADJE NA PROMIJENU TEHNOLOŠKIH OSOBINA MESA

<sup>1</sup>Radoslav Grujić, <sup>1</sup>Dragan Vujadinović, <sup>2</sup>Vladimir Tomović, <sup>1</sup>Milan Vukić

<sup>1</sup>Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Tehnološki fakultet Zvornik

<sup>2</sup>Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet

*Pregledni rad*

### Sažetak

Meso je veoma bitna namirnica u ishrani ljudi zbog svojih nutritivno vrijednih sastojaka. Gotovo svi proizvodi od mesa se na neki način toplotno obrađuju kako bi se postigle željene senzorne i nutritivne osobine, kao i zadovoljili kriterijumi po pitanju mikrobiološke stabilnosti i bezbjednosti proizvoda. Najčešća su dva tipa toplotne obrade u industrijskim uslovima, a to su toplotna obrada kuvanjem na atmosferskom pritisku ili vakumu i suva toplotna obrada pečenjem. Stoga ovaj rad ima za cilj dati kratak pregled najnovijih dostignuća u pogledu uticaja tehnoloških parametara tokom toplotne obrade u prvom planu visine temperature u centru uzorka i razlučitih postupaka toplotne obrade (kuvanjem i pečenjem) na promjene na proteinima, boji mesa, reološkim osobinama mesa, pH mesa, sposobnosti vezivanja vode, hemijskim osobinama i senzornim osobinama mesa.

**Ključne riječi:** meso, kuvanje mesa, pečenje mesa, boja mesa, stanje proteina

### Uvod

Da bi odgovorila zahtjevima nastalim usljed promjene načina života ljudi, industrija prerade mesa je povećala proizvodnju toplotnopoluobrađenih i toplotno potpuno obrađenih proizvoda od mesa. Na primjer, sedamdesetih godina 70% od ukupne proizvodnje mesa svinja u SAD se prodavalo kao svježe meso, a svega 30% prerađeno u proizvode. Situacija se danas potpuno promijenila u korist prerađenog mesa (Toldrá i sar., 2010). Više autora u svijetu je tokom proteklih godina ispitalo uticaj toplotne obrade mesa na strukturne promjene proteina u mesu (Paul, 1963; Bouton i sar., 1981; Martens i sar., 1982; Bertola i sar., 1994; Dumoulin i sar., 1998). Bramblett i sar., (1959); Marshall i sar., (1960); Penfield i Meyer (1975) vjerovali su da niže temperature tokom toplotne obrade daju proizvode sa manjim gubicima vode. Davey i Gilbert (1974) pronašli su da tekstura mesa varira u zavisnosti od temperature u rasponu od 40°C do 75°C. Machlik i Draudt (1963) proučavali su zavisnost tvrdoće mesa od temperature i otkrili da opada u temperaturnom intervalu od 58°C do 60°C, a raste od 65°C do 75°C. Martens i sar., (1982); Findlay i sar., (1986); Bertola i sar., (1994) proučavali su zavisnost teksture od toplotno indukovane

denaturacije proteina. Dokazano je takođe, da temperatura u značajnoj mjeri utiče i na rastvorljivost proteina (Bouton i Harris, 1972). Takođe je poznato da i rastvorljivost kolagena tokom zagrijavanja može da ima značajan uticaj na promjenu teksture mesa (Zayas i Naewbanij, 1986). Toplotno indukovane promjene u proteinima imaju značajan uticaj i na sposobnost vezivanja vode u mesu (Bouton i Harris, 1972; Bertola i sar., 1994), što za rezulta daje gubitak vode tokom toplotne obrade. Ove promjene u sadržaju vode utiču na sočnost, skupljanje mesa i tvrdoću (Offer i sar., 1984). Takođe, Promeprat i sar., (2010) pokazali su da sa povećanjem temperature tokom toplotne obrade dolazi do smanjenja rastvorljivosti proteinskih frakcija, a sa druge strane povećanja rastvorljivosti aminokiselinskih frakcija u proteinskom ekstraktu (osnovne aminokiseline, aromatske aminokiseline, cistein i td) što je u saglasnosti sa ranijim istraživanjima (Haak i sar., 2006; Astruc i sar., 2007; Santé-Lhoutellier i sar., 2008; Gatellier i sar., 2009).

Cilj ovoga rada je da se da kratak pregled uticaja temperatura i različitih postupaka toplotne obrade na stanje miofibrilarnih proteina, reološka i fizičko-hemijska svojstva toplotno obrađenog mesa.

## Tipovi toplotne obrade mesa

Mnogi procesi koriste autoklave za kuvanje pod povećanim pritiskom ili uređaje za kuvanje na vodenoj pari pod atmosferskim pritiskom (vodena kupatila). Ovi uređaji mogu da imaju veoma složenu kompjutersku kontrolu vođenja procesa. Za manje pogone ovi uređaji su šaržnog tipa, dok veći pogoni posjeduju uređaje kontinualnog tipa. Proizvodi u ovim uređajima se uglavnom potapaju u vruću vodu ili se toplotno obrađuju vodenom parom iznad tečne faze. Brzina prenosa toplote zavisi od režima toplotne obrade koji se primjenjuje. Da bi se postigla željena temperatura proizvoda tokom toplotne obrade, uređaj u kome se provodi toplotna obrada mora obezbijediti veću temperaturu nego što je ona u proizvodu. Prema Boles-u i Swan-u (2002a) proizvod se brže toplotno obrađuje i brže se dostiže željena temperatura u centru proizvoda ako se toplotno obrađuju na konstantnoj temperaturi tokom toplotne obrade, nego kada se temperatura povećava postepeno za određenu vrijednost  $\Delta t$  (Drummond i Sun, 2006). U novije vrijeme u industrijskim uslovima široko je rasprostranjena metoda suve toplotne obrade putem mikrotalasa. Meso obrađeno toplotnom obradom pečenjem putem mikrotalasa zahtjeva mnogo manje vremena za postizanje završne temperature toplotne obrade. Zbog prenosa toplote radijacijom mnogo je ujednačeniji proizvod po presjeku bez izražene karakteristične bronkaste boje, koja se pojavljuje kod uzoraka mesa obrađenih konvektivnim načinom prenosa toplote u konvekcioniim pećima (Zhang, 2006).

Kontaktna toplotna obrada spada u grupu suve toplotne obrade i susreće se najčešće kod proizvoda obrađenih na roštilju. Oroszvári i sar., (2005b) pokazali su da veće temperature tokom toplotne obrade smanjuju vrijeme zadržavanja proizvoda i ubrzavaju postizanje željene temperature u centru proizvoda. Pored temperature kod proizvoda obrađenih na roštilju sadržaj vode u uzorku mesa igra ključnu ulogu za brzinu dostizanja željene temperature (Toldrá, 2010).

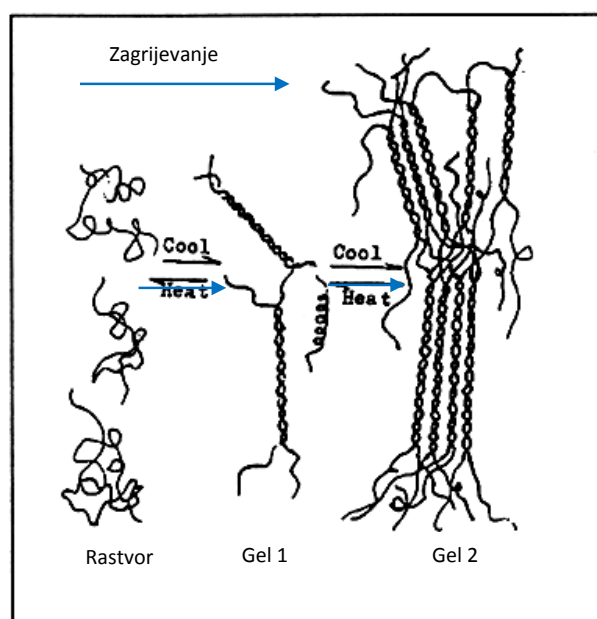
## Kalo toplotne obrade

Kalo toplotne obrade je veoma važan parametar tokom obrade svježeg mesa. Pri ovom procesu

sadržaj vlage u toplotno obrađenom proizvodu se značajno smanjuje. Kalo toplotne obrade nastaje usljed gubitka vlage u obliku tečnosti i u obliku pare. Iznad 70°C kalo toplotne obrade se značajno povećava. Kalo toplotne obrade isparavanjem može se značajno umanjiti ukoliko se relativna vlažnost u peći poveća i temperatura u peći održava ispod 65°C. Boles i Swan (2002b) utvrdili su da sa povećanjem postmortema mesa povećava se i kalo toplotne obrade, s druge strane ukoliko se održava nešto veća vrijednost pH mesa tokom skladištenja u frižideru kalo toplotne obrade se smanjuje (Toldrá, 2010).

## Ponašanje proteina mesa tokom toplotne obrade

Konformacione promjene na proteinima koje se dešavaju tokom toplotne obrade obično se nazivaju denaturacija proteina. Temperatura toplotne obrade na kojoj se ove promjene dešavaju obično se naziva temperatura denaturacije i ona najčešće predstavlja predmet istraživanja. Pored denaturacije tokom toplotne obrade dolazi i do protein – protein interakcija, što za rezultat daje agregaciju (geliranje) proteina. Ove promjene na proteinima se najčešće prate mjerenjem rastvorljivosti i molekuskog sastava nastalog ekstrakta putem elektroforetskih metoda (Thornberg, 2005). Mehanizam geliranja proteina prikazan je na sljedećoj slici 1.



Slika 1. Mehanizam geliranja proteina (FAO, 2011)

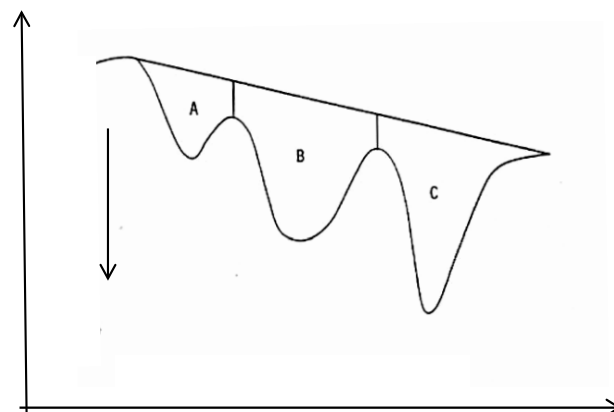
## Sarkoplazmatski proteini

Većina sarkoplazmatskih proteina (mišićni proteini rastvorljivi u vodi ili rastvaračima niske jonske jačine) grade gelove uglavnom između 40°C i 60°C. Davey i Gilbert (1974) otkrili su da se ovaj temperaturni interval agregacije može proširiti čak i do 90°C. Oni su također prvi ukazali na to da sarkoplazmatski proteini mogu imati ulogu u promijeni konzistentnosti kuvanog mesa na takav način da toplotno indukovane promjene na sarkoplazmatskim proteinima mogu formirati gel između strukturnih elemenata mesa i na taj način ih povezati u jednu stabilnu strukturnu cijelinu. Reološkim mjerenjima nježnosti mesa Thornberg (2005) je potvrdio ovu tvrdnju. Još jedan zanimljiv aspekt sarkoplazmatskih proteina je efekat smekšavanja koji se pojavljuje uz niže temperature i duže vrijeme zagrijavanja (0,1°C/min) (Wu i sar., 2007). Paulsen i sar., (2006) su pokazali da agregiranje može ostati aktivno u mesu na temperaturama toplotne obrade manjim od 60°C, dok brže zagrijavanje i nešto veće temperature od 70°C do 80°C na kraju toplotne obrade ga inaktiviraju. Prema istim autorima potrebno je oko 6h laganog zagrijavanja uzorka mesa da bi imali značajan efekat omekšavanja i niže vrijednosti na WB testu presijecanja. Međutim, ovako dugo vrijeme toplotne obrade uzrokuje i veliki gubitak između 30% i 35% (Thornberg, 2005).

## Miofibrilarni proteini

Proučavajući toplotno indukovane promijene u sekundarnoj strukturi miozina Morita i Yasui (1991) su pratili promjene u sadržaju heliksa i površinsku hidrofobnost lakog mero-miozina LMM (light mero-myosin) pri pH 6 i 0,6 M KCl. LMM heliksni sadržaj počinje da pada već pri 30°C i dostiže minimum na 70°C. Uporedo zagrijavajući do 65°C raste površinska hidrofobnost, nakon koje počinje naglo da pada. Smanjenje površinske hidrofobnosti na višim temperaturama ukazuje na to da dio proteinski hidrofobnih rezidua učestvuju u protein – protein interakcijama, što za rezultat ima formiranje mreže agregata, odnosno stvaranje gela (Paulsen i sar.,2006).

Tipična kriva (dijagram 1) prenosa toplote kroz mišić sastoji se od tri osnovne zone A, B i C.



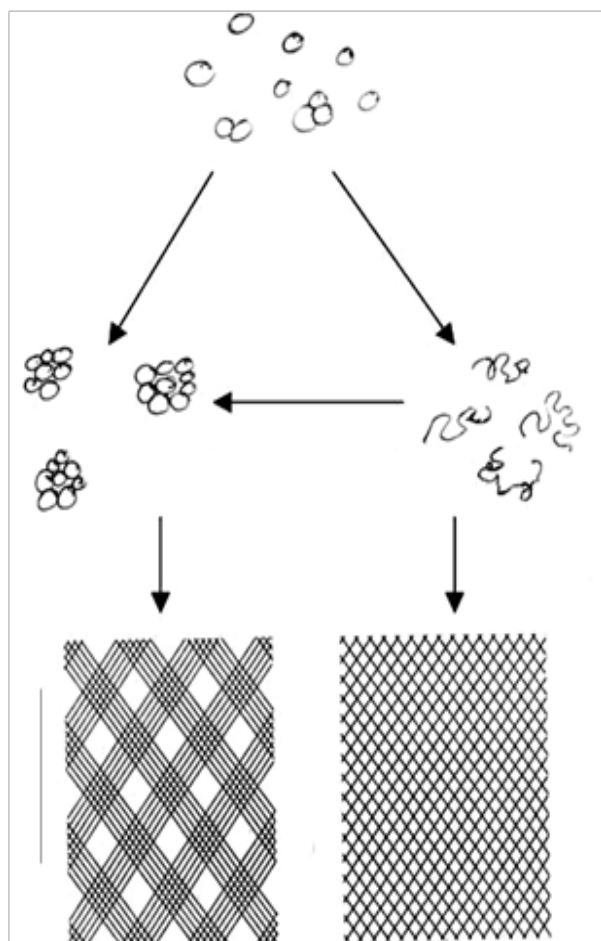
**Dijagram 1.** Toplotna kriva za mišić sastavljena iz tri zone: A miozinska, B sarkoplazmatska i kolagena i C aktinska (Findlay i sar., 1989)

Maksimum prvog prelaza nalazi se između 54°C i 58°C i posljedica je promijena na miozinu. Drugi maksimum nalazi se između 65°C i 67°C i vezan je za promjene na kolagenu i sarkoplazmatskim proteinima i treći pik posljedica je denaturacije aktina i leži između 80°C i 83°C. U zoni B pored kolagena i sarkoplazmatskih proteina u istom temperaturnom intervalu izolovani su još i aktomiozin, miozin i njihove rezidue u prelaznim oblicima. Proučavajući toplotnu denaturaciju titina iz mesa svinja i goveda potvrđeno je da se njegov denaturacioni pik kreće između 78,4°C i 75,6°C bez obzira na vrstu mesa (Pospiech i sar., 2002).

Prema Xiong i Brekke (1990a, 1990b) hidrofobnost proteina rastvorljivih u slanim rastvorima (miofibrilarni proteini) ne zavisi direktno od tipa mišića iz koga potiču, već samo od načina i tipa protein – protein interakcija i formiranja gela. Protein – protein interakcije kod miofibrilarnih proteina počinju već u rasponu temperatura od 36°C do 40°C. Ovom procesu prethodi prvo ekspanovanje i razmotavanje dugih molekula globularnih proteina na temperaturama od 30°C do 32°C. Intenzivnije geliranje miofibrilarnih proteina otpočinje već u rasponu temperatura od 45°C do 50°C, što se može zapaziti intenzivnijim povećanjem gustine rastvora proteina. Na ove procese ne utiče stanje post – rigor ili pre – rigor u kome se meso nalazi. Shodno tome, denaturacija miofibrilarnih proteina u rastvori-

ma uglavnom rezultuje formiranjem gela, zato što miozin ima visoku moć agregiranja već pri veoma malim koncentracijama od 0,5% (Hermansson i Langton, 1988). Sarkoplazmatski proteini za razliku od miofibrilarnih poređenja radi, moraju da se nalaze u koncentraciji od minimum 3% da bi proces agregiranja počeo. Miofibrilarni proteini, prema tome, grade visoko kompaktne i stabilne gelove koji imaju visoku moć vezivanja vode i dobre reološke osobine što je opet uzrokovano uslovima pod kojima se gel formira (jonska jačina, pH, vrijeme zagrijavanja i td) (Sharp i Offer, 1992; Thornberg, 2005).

Tipovi formiranja gela tokom toplotne obrade globularnih proteina prikazani su na sljedećoj slici 2.



**Slika 2.** Različiti tipovi formiranja gela tokom toplotne obrade globularnih proteina sa različitim stepenom agregiranja (Hermansson, 1982)

Ukoliko se zagrijeva čist rastvor miozina, gel koji se pri tom procesu nagrađuje, kao posledica umrežavanja dugih miozinskih lanaca, dostiže maksimum svoje čvrstoće na temperaturi od

45°C i pH rastvora od 5,5 ili na 60°C pri pH rastvora 6. Takođe, zapaženo je da ukoliko je aktin prisutan u čistom rastvoru miozina srazmjerno već pri malim koncentracijama povećava se i čvrstoća gela pri istim temperaturama i pH vrijednostima. Jonska jačina rastvora i pH su važni faktori koji određuju da li će miozin da se nalazi u monomernom obliku ili povezan u obliku filamenata. Pri jonskoj jačini većoj od 0,3 i pH neutralno, miozinski molekuli su dispergovani u rastvoru kao monomeri formirajući grubu mrežu sa velikim porama. Na nižim jonskim jačinama rastvora miozinski molekuli se nalaze vezani u filamentu, nalik prirodno debelim filamentima u mišiću. Što su filamenti duži to se tokom zagrijavanja formira čvršći gel. Takav gel se sastoji od fine i uniformne mreže sa malim porama (Sharp i Offer, 1992).

Formiranje miozinskog gela tokom zagrijavanja odvija se iz dva koraka u toku dva zasebna temperaturna intervala. Prvi dio reakcije pojavljuje se na temperaturama između 30°C i 50°C, a drugi iznad 50°C. Prvi korak podrazumijeva agregaciju gdje se veze ostvaruju na nivou globularnih glava miozina. U drugom koraku dešavaju se promijene na nivou heliks strukture miozina što dovodi do formiranja mreže gdje hidrofobne grupe preuzimaju primarnu ulogu u vezama na nivou protein – protein interakcije (Lrinczy, 2009).

Micklander i sar., (2002) godine proučavali su uticaj dužine vremena zagrijavanja na odgovarajućim konstantnim vrijednostima temperatura na proces geliranja čistog rastvora miozina. Nakon zagrijavanja rastvora miozina 30 min na 30°C miozin – miozin interakcije se ne pojavljuju. Nakon zadržavanja istog vremena od 30 min i povećanja temperature na 35°C miozin – miozin interakcije otpočinju, rastvor postaje gušći sa izraženijim optičkim svojstvima, ali je još uvijek dominantan miozin u prirodnom obliku sa dvije glave. Prve forme agregata sastoje se iz dvije molekule miozina, agregirane dimerizacijom preko globularnih glava (Thornberg, 2005). Zagrijavanjem na 40°C sav miozin u prirodnom obliku iščezava, a preko 50°C proces agregiranja se značajno ubrzava i pojedinačne miozinske repove već je teško uočiti. Između 50°C i 60°C ukoliko se rastvor miozina zadržava 30 min dolazi do nagrađivanja velikih globularnih agre-

gata. Iznad ovih temperatura nije moguće uočiti prisustvo pojedinačnih miozinskih repova u rastvoru. Daljim zagrijavanjem iznad 60°C dolazi do formiranja heliksa preko miozinskih hidrofobnih grupa (Aalhus i sar., 2009).

### Proteini vezivnog tkiva

Na temperaturama između 53°C i 63°C dolazi do denaturacije kolagena na način da prvo dolazi do kidanja vodoničnih veza i pucanja fibrilarne strukture, a zatim kontrakcije kolagenog molekula. Na temperaturama između 60°C i 70°C slobodna kolagena vlakna se skupljaju do jedne četvrtine svoje prvobitne dužine (Christensen i sar., 2000). Ukoliko nisu stabilizovana toplotno otpornim međumolekulskim vezama daljim zagrijavanjem će se rastvoriti i formiraće gel. Prisustvo toplotno otpornih međumolekulskih veza znači da one opstaju na odgovarajućim temperaturama i zadržavaju matriks strukturu kolagena. Kod mlađih životinja, epimizijum se sastoji uglavnom od toplotno labilnih međumolekulskih veza, perimizijum je mješavina toplotno labilnih i toplotno stabilnih veza i endomizijum čine toplotno stabilne unakrsne veze (Andersson i sar., 2000). Kako životinja stari smanjuje se količina toplotno labilnih na račun toplotno stabilnih veza. Veći nivo toplotno stabilnih unakrsnih veza dovodi do razvoja veće napetosti u vezivnom tkivu tokom toplotne obrade. Tokom toplotne obrade na 60°C epimizijum ne pokazuje nikakve promijene, dok perimizalni i endomizalni kolagen počinju da se agregiraju na 80°C i prelaze u gel. Ovako formirani gelovi pokazuju različitu toplotnu stabilnost. Tip 1 (epimizalni je mnogo lakše rastvorljiv već pri nižim temperaturama za razliku od tipa 3 (endomizalnog). (Aktas i Kaya, 2001).

Wu i Bertram (2007) proučavali su uticaj temperature toplotne obrade, pH i starosti životinje na toplotno indukovane promijene i skupljanje kolagena. Zagrijavanjem kolagena vlakna se smanjuju na vrijednost nešto manju ispod 0,7 od prvobitne dužine, što je u saglasnosti sa istraživanjima Christensena i sar., (2000). Ovo je ujedno i donja granica ispod koje kolagen postaje amorfan i gumenolik na sobnoj temperaturi. Najbolju toplotno indukovanu stabilnost kolagena vlakna pokazala su na pH vrijednostima između

5 i 6. Žilavost kolagena povećavala je se 3 do 4 puta sa povećanjem starosti životinja između 30 mjeseci i 11 godina. Ovo povećanje žilavosti djelimično se može umanjiti toplotnim tretmanom pri nešto nižim pH vrijednostima (Lepetit, 2009).

### Uticaj toplotne obrade na promijenu hemijskog sastava mesa

U temperaturnom intervalu od 50°C do 100°C dešavaju se značajne promjene na različitim proteinima (miozin, sarkoplazmatski proteini, aktin, proteini vezivnog tkiva). Kao posljedica navedenih promjena (denaturacija, koagulacija, hidroliza) dolazi do promjene odnosa između proteina i vode koja se nalazi u mesu, što uzrokuje kidanje veza lanci proteina-molekule vode i otpuštanja vode iz uzorka. Što su promjene na proteinima veće, veći broj molekula vode će biti otpušten i intenzivniji je gubitak vode tokom toplotne obrade. Zajedno sa vodom iz mesa se tokom toplotne obrade gube i druge materije rastvorljive u vodi (rastvorljivi proteini, mineralne materije i vitamini) (Kazemi i sar., 2009).

Oroszvári i sar., (2005b); Meinert i sar., (2007); Van der Sman; (2007); Leo i sar., (2009) navode da gubitak vode iz mesa uzrokuje povećanje sadržaja suve materije i sastojaka koji čine suhu materiju (proteini, masti, mineralne materije). Na različitim temperaturama toplotne obrade odvijaju se različite promjene na različitim proteinima, što uslovljava količinu otpuštene vode, a time i sadržaj ostalih materija. Brže promjene tokom toplotne obrade su u uzorcima koji se obrađuju toplotnom obradom pečenjem. Toplota u tom slučaju prije dostiže određenu visinu usljed većeg gradijenta temperatura u peći i uzorku. Ovako visoka temperaturna razlika, a s obzirom na činjenicu da meso ima nizak koeficijent provođenja toplote, izaziva pojavu ne uniformne raspodjele temperaturnih intervala po aksijalnom pravcu posmatrano od površine ka centru uzorka mesa, tako da dolazi do pojave većeg broja intervala sa višim temperaturama od one koja se želi postići u centru. Kod kuvanih uzoraka manji je temperaturni gradijent, pa je i manji broj ovih intervala. Sve ovo za rezultat daje veći gubitak vode kod uzoraka obrađenih toplotnom obradom

pečenjem nego kod onih obrađenih toplotnom obradom kuvanjem (Amézquita, 2004).

Promjena pH, aw i SVV vrijednosti

Boles i sar., (2002a); Thornberg (2005) navode da u toku toplotne obrade mesa dolazi do denaturacije i hidrolize proteina, što u krajnjem slučaju daje blago povećanje pH vrijednosti, stim da je ono intenzivnije kod uzoraka obrađenih toplotnom obradom kuvanjem.

Prema Thornberg (2005) i Toldrá (2010) sa povećanjem temperature tokom toplotne obrade dolazi do povećanog lučenja tečnosti kako u vidu tečne faze tako i isparavanjem. Ovo za krajnji rezultat ima smanjenje vlage u uzorku sa povećanjem temperature toplotne obrade. Smanjenje vlage u uzorku ima za direktnu posljedicu smanjenje i aktivnosti vode sa povećanjem temperature tokom toplotne obrade uzorka mesa.

Offer i sar., (1984); Barbieri i Rivaldi (2008) navode da sposobnost vezivanja vode u mesu (SVV) direktno zavisi od promijena na proteinima tokom toplotne obrade. Između 60°C i 80°C dolazi do raspadanje miofibrilarne strukture i povećanog lučenja tečne faze. To je i ujedno interval u kome dolazi do povećanja plastičnosti (SVV cm<sup>2</sup>). U tom intervalu dolazi do povećanje vrijednosti (SVV cm<sup>2</sup>) sve do 61°C. Nakon 61°C počinje lagano da opada.

### **Promijena boje tokom toplotne obrade**

Toplotna obrada mesa ima značajan uticaj na promjenu boje svježeg mesa putem denaturacije i promjena na mioglobinu. Prije toplotne obrade meso je crvenkaste boje, da bi nakon toplotne obrade u zavisnosti od režima toplotne obrade poprimilo svijetlu kod toplotne obrade kuvanjem do tamnobraon kod toplotne obrade pečenjem i prženjem (Toldrá, 2010).

Nicola, (2006); Aalhus i sar., (2009); Toldrá, (2010) navode da sa povećanjem temperature toplotne obrade dolazi do promijena na mioglobinu i denaturacije mioglobina. Kao rezultat ovih promijena dolazi do promijena boje tokom toplotne obrade u spektru od svijetlocrvene do braon u zavisnosti od režima toplotne obrade, brzine obrade i visine temperature tokom toplotne obrade. Gotovo svi proteini se denaturišu tokom toplotne obrade mesa, što za posljedicu ima dra-

matične promjene u boji mesa. Mioglobin se denaturišu na negdje oko 60°C (Godsell, 2000). Promjena boje mesa tokom toplotne obrade zavisi od stepena denaturacije tri forme mioglobina. Metmioglobin je braon globin hemihromogen, dok su oksimioglobin i deoksiimioglobin forme crvenog globin hromogena, koji se lako može oksidisati do hemihromogena. Veliki broj faktora, kao što su (režim toplotne obrade, brzina zagrijavanja, način pakovanja i čuvanja mesa, pH itd) utiču na postojanost boje svježeg mesa ili intenziviranje braonkaste boje toplotno obrađenog mesa. Stoga, od velike važnosti je pravilna kontrola temperature tokom toplotne obrade mesa (Aalhus i sar., 2009).

### **Tekstura mesa**

Tekstura označava fizička svojstva mesa koja se percipiraju čulima vida, dodira i sluha, kao i prilikom žvakanja (Fjelkner - Modig, 1986). Taktična predstava teksture mesa, do koje se dolazi čulom dodira i prilikom žvakanja, odnosi se na čvrstoću, tj. tvrdoću i mekoću mesa (konzistencija). Takođe zvuk koji se emituje prilikom grizenja i žvakanja na neki način je pokazatelj teksture (Guo, 2006). Tekstura mesa je u bliskoj vezi sa starošću, vrstom, polom, rasom i uhranjenošću životinje, odnosno činiocima koji uslovljavaju građu mišićnog tkiva, razvijenost i osobine vezivnog tkiva i količinu intramuskularnog masnog tkiva, kao i njihovu povezanost u mesu. Tekstura mesa zavisi od intenziteta postmortalnih promjena (Murphy i sar., 2001). Skeletna struktura odmah poslije klanja životinje je mekoelastična, a već nekoliko sati poslije toga ona gubi elastičnost i postaje čvršća, što je posljedica, u prvom redu, razvoja postmortalnog rigora. Što je kontrakcija mišića snažnija, meso postaje čvršće. Meso dobija čvršću konzistenciju i prilikom hlađenja usled očvršćavanja intermuskularne i intramuskularne masti. Meso se razmekšava tek za vrijeme zrenja, kao rezultat strukturnih promjena u miofibrilima, kolagenu itd. Poznato je da sposobnost vezanja vode mesa, bilo da je u vezi sa pojavom postmortalnog rigora, bilo brzinom postmortalne glikolize, znatno utiče na strukturu i teksturu mesa (Vuković, 2006).

Visina temperatura tokom toplotne obrade mesa

u značajnoj mjeri utiče na nježnost proizvoda koji potiču od mesa starijih životinja. Povećanje udjela termostabilnih unakrsnih veza kolagena kod starijih životinja ima značajan uticaj na nježnost mesa. Nježnost mesa se lagano povećava sa povećanjem temperature toplotne obrade do između 60°C i 70°C, kada počinje da stagnira ili lagano da pada. Tvrdoća mesa značajno se mijenja sa povećanjem temperature tokom toplotne obrade, kao i sa promijenom režima toplotne obrade. U pravilu svi proizvodi obrađeni suvom toplotnom obradom imaju veću tvrdoću za istu vrijednost temperature proizvoda obrađenog vlažnom toplotnom obradom (Toldrá, 2010).

Kako navode Bouton i Harris, (1981) promjene u ponašanju reoloških svojstava sa porastom temperature u direktnoj su vezi sa promjenama na proteinima (miofibrilarnim i proteinima vezivnog tkiva). Zagrijevanjem dolazi do omekšavanja vezivnog tkiva uzrokovanog želiranjem kolagena i povećanjem žilavosti mišićnih vlakana prouzrokovanih toplotnom koagulacijom miofibrilarnih proteina. Zayas i Naewbanij, (1986) navode da vrijednost parametara koji definišu teksturu mesa rastu sa raspadanjem miofibrila, a smanjuju sa povećanjem rastvorljivosti kolagena. Skraćenje lanaca miofibrilarnih proteina može uzrokovati povećanje tvrdoće toplotno obrađenog mesa. Murphy i sar., (2000); Tornberg, (2005); Toldrá, (2010) navode da toplotna obrada značajno utiče na teksturu mesa. Ovaj uticaj ogleda se u promijeni maksimuma sile za dato svojstvo koje se posmatra. U rasponu temperatura od 50°C do 60°C maksimum sile za posmatrano svojstvo teksture može se povećati i do 150%. Povećanjem temperature od 60°C do 80°C maksimum sile može da ostane konstantan ili da opada sa povećanjem temperature i do 14%. (Murphy i sar., 2000).

### **Prekursori koji doprinose promijeni senzornih osobina tokom toplotne obrade**

Prekursori pržene arome u hrani su obično povezana sa prisutnim heterocikličnim jedinjenjima kao što su pirazini, tiazoli i oksazoli. Mnogi alkalni pirazini su pronađeni u isparenjima mesa, a mogu se svrstati u dvije klase bicikličnih jedinjenja, 6,7 - dihidro - 5 (H) - ciklopentapirazine

i pirolopirazine. Alkilno supstituisani tiazoli, uopšteno, imaju niži mirisni prag od pirazina, i oni su pronađeni u nižim koncentracijama u mesu. Obije klase jedinjenja se povećavaju primjetno sa povećanjem jačine temperature i u dobro isprženom mesu, pirazini su glavna jedinjenja isparljivih materija (Birch, 1994; Farmer i sar., 2009).

Bitna karakteristika isparljivih komponenti iz kuvanog mesa je da se većina pojavljuje u malim količinama, ali te količine izazivaju moćne arome i važni su doprinosioci arome kuvanog mesa. Poređenje kuvanog i prženog goveđeg mesa pokazuje da su veće količine alifatičnih tiola, sulfida i disulfida zastupljene u kuvanom mesu. Heterociklična jedinjenja sa jednim, dva ili tri atoma sumpora u petočlanim ili šestočlanim prstenovima (kao što su tiofeni, tioaleni i td.) su mnogo više zastupljeni u kuvanom nego u prženom mesu (Birch, 1993; Meinert i Tik, 2009).

Prema American Meat Science Association (Research Guidelines, 1995) najbolje senzorne osobine imaju uzorci obrađeni toplotnom obradom u rasponu temperatura od 61°C do 81°C, što je interval u kome dolazi do najintenzivnijih toplotno indukovanih promijena na proteinima i raspadanju miofibrila. Ispod ovog intervala uzorci su po presjeku nedovoljno pečeni – kuvani sa ne zadovoljavajućom aromom i prevelikom žilavošću. Iznad ovog temperaturnog intervala uzorci su previše suvi i tvrdi, što je posebno izraženo kod toplotne obrade pečenjem. Takođe, iznad ovog intervala kod uzoraka obrađenih toplotnom obradom pečenjem pojavljujese i velika zagorelost površine uzoraka, posebno na 100°C. Toplotna obrada mesa je završena postizanjem temperature u centru uzorka od minimum 71°. Na ovaj način smatra se da je uzorak mikrobiološki ispravan nakon toplotne obrade American Meat Science Association (Research Guidelines, 1995).

### **Zaključak**

1. Kao što se moglo vidjeti iz pregleda literature najintenzivnije promijene dešavaju se na proteinima tokom oba postupka toplotne obrade kako pečenjem tako i kuvanjem. Proteinima tokom toplotne obrade uglavnom drastično pad rastvorljivost sa povećanjem tempera-

ture u centru uzorka, a što za krajnji rezultat ima opet povećanje koncentracije aminokiselinskih frakcija u ekstraktu. Intenzivnije je smanjenje koncentracija u ekstraktima kod uzoraka obrađenih toplotnom obradom kuvanjem, nego kod onih obrađenih toplotnom obradom pečenjem.

2. Usled povećanja temperature tokom toplotne obrade dolazi do intenzivnijeg gubitka tečne faze a time i do povećanja sadržaja ukupnih proteina, pepela, masti i ostalih hemijskih parametara kvaliteta. Boja se intenzivnije razvija kod uzoraka obrađenih toplotnom obradom pečenjem, nego kod onih obrađenih toplotnom obradom kuvanjem, što je pogotovo izraženo na višim temperaturama. pH vrijednost se blago povećava sa povećanjem temperature tokom toplotne obrade. Aktivnost vode za razliku od pH intenzivno se smanjuje sa porastom temperature u centru uzorka. Sposobnost vezivanja vode SVV povećava se do temperature od oko 60°C, a zatim opada.
3. Tvrdoće i čvrstoće sa povećanjem temperature tokom toplotne obrade se povećavaju s tim da je intenzitet porasta ovih parametara značajno veći kod uzoraka obrađenih toplotnom obradom pečenjem nego kod onih obrađenih toplotnom obradom kuvanjem. Intenzitet porasta ovih parametara značajno stagnira u rasponu temperatura između 60°C i 80°C.

## Literatura:

1. Aalhus J., Juárez M., Aldai N., Uttaro B., Dugan M. 2009. Agriculture and Agri-Food Canada, Meat preparation and eating quality, ICoMST., 1058-1063.
2. Aktas N. and Kaya M. 2001. The influence of marinating with weak organic acids and salts on the intramuscular connective tissue and sensory properties of beef, Eur. Food Res., Technol., 213, 88-94.
3. American Meat Science Association, 1995. Research Guidelines.
4. Amézquita A. 2004. Development of an integrated model for heat transfer and dynamic growth of *Clostridium perfringens* during the cooling of cooked boneless ham. Ph.D. dissertation, University of Nebraska-Lincoln.
5. Andersson A., Andersson K., and Tornberg E. 2000. A comparison of fat-holding between beef-burgers and sausages, Journal of Science Food and Agriculture, 80, 555–560.
6. Astruc T., Marinova P., Labas R., Gatellier P., and Santé-Lhoutellier V. 2007. Detection and localisation of oxidised proteins in muscle cells by fluorescence-microscopy., Journal of Agricultural and Food Chemistry, 55, 9554–9558.
7. Barbieri G., Rivaldi P. 2008. The behaviour of the protein complex throughout the technological process in the production of cooked cold meats, Meat Science 80, 1132–1137
8. Bertola N. C., Bevilacqua A. E., and Zaritzky N. E., 1994. Heat treatment effect on texture changes and thermal denaturation of proteins in beef muscle. J. Food Process. Preserv. 18,31–46.
9. Birch G.G., Karim R. and Lopez A. 1994. Novel aspects of structure– activity relationships in sweet taste chemoreception. Food Qual. Pref., 5,87– 93.
10. Birch G.G., Karim R., Chavez A.L. and Morini G. 1993. Sweetness, structure and specific volume. Elsevier Science Publishers, London, pp. 129–139.
11. Boles J. A., and Swan J. E. 2002a. Heating method and final temperature affect processing characteristics of beef semimembranosus muscle . Meat Science 62, 107 – 112.
12. Boles, J. A., and Swan J. E. 2002b. Meat and storage effects on processing characteristics of beef roasts .Meat Science 62, 121 – 127.
13. Bouton P. E., and Harris P. V. 1972. The effect of cooking temperature and time on some mechanical properties of meat. J. Food Sci. 37, 140–144.
14. Bouton P. E., Harris P. V., and Ratcliff D. 1981. Effect of cooking temperature and time on the shear properties of meat. J. Food Sci., 46,1082–1087.
15. Bouton P. E., Harris P. V., and Ratcliff D. 1981. Effect of cooking temperature and time on the shear properties of meat. J. Food Sci., 46,1082–1087.
16. Bramblett, V. D., Hostetler R. L., Vail G. E., and Fraudt H. N. 1959. Qualities of beef as affected by cooking at very low temperatures for long periods of time. Food Technol., 13,707–710.
17. Christensen M., Purslow P. and Larsen, L. 2000. The effect of cooking temperature on mechanical properties of whole meat, single muscle fibres and perimysial connective tissue, Meat Science, 55(3), 301-307.
18. Davey C. L., and Gilbert K. 1974. Temperature-dependent cooking toughness in beef. J., Sci., Food., Agric., 25, 931–938.
19. Drummond L. S., and Sun D. - W. 2006. Feasibility of water immersion cooking of beef joints: Effect on product quality and yield . Journal of Food Engineering 77, 289 – 294.
20. Dumoulin M., Ozawa S., and Hayashi R. 1998. Textural properties of pressure-induced gels of food proteins obtained under different temperatures including subzero. J. Food Sci. 63, 92–95.
21. Fao 2011. <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB730E/AB730E03.htm>



22. Farmer L., Kennedy J., Hagan T. 2009. Agri-Food and Biosciences Institute, Newforge Lane, Belfast BT9 5PX, United Kingdom. Meat preparation and eating quality. ICoMST, 1058-1063.
23. Findlay C. J. Stanley D. W. and Gullet E. A. 1986. Thermomechanical properties of beef muscle. *Meat Sci.*, 16, 57–70.
24. Findlay C. J., Parkin K. L. and Stanley D. W. 1989. Differential scanning calorimetry can determine kinetics of thermal denaturation of beef muscle proteins. *Journal of Food Biochemistry*, 10, 1–15.
25. Fjelkner - Modig S. 1986. Sensory properties of pork, as influenced by cooking temperature and breed. *Journal of Food Quality*, 9, 89 – 105.
26. Gatellier P., Kondjoyan A., Portanguen S., Grève E., Yoon K. and Santé-Lhoutellier V. 2009. Determination of aromatic amino acid content in cooked meat by derivative spectrophotometry: Implication in nutritional quality of meat. *Food Chemistry*, 114(3), 1074–1078.
27. Godsell D. 2000. Protein Data Bank Molecule of the month, January: Myoglobin. [http://www.rcsb.org/pdb-static/education\\_discussion/molecule\\_of\\_the\\_month/download/Myoglobin.pdf](http://www.rcsb.org/pdb-static/education_discussion/molecule_of_the_month/download/Myoglobin.pdf).
28. Guo Q., Piyasena P., Mittal G. S., Si W., and Gong J. 2006. Efficacy of radio frequency cooking in the reduction of *Escherichia coli* and shelf stability of ground beef. *Food Microbiology*, 23, 112 – 118.
29. Haak L., Raes K., Smet K., Claeys E., Paelinck H., and De Smet S. 2006. Effect of dietary antioxidant and fatty acid supply on the oxidative stability of fresh and cooked pork. *Meat Science*, 74, 476–486.
30. Hermansson A. M. and Langton M. 1988. Filamentous structures of bovine myosin in diluted suspensions and gels. *Journal of Science Food and Agriculture*, 42, 355 –369.
31. Hermansson A.M. 1982. Gel characteristics – Structure as related to texture and water binding of blood plasma gels. *Journal of Food Science*, 47, 1965.
32. Kazemi S., Ngadi OM., Gariepy C. 2009. Protein Denaturation in Pork Longissimus Muscle of Different Quality Grups. *Food Bioprocess Technol*, DIO 101007/s11947-009-0201-3.
33. Leo M. L. N., Toldrá F. 2009. *Muscle Foods Analysis*, Taylor and Francis Group, New York,.
34. Lepetit J., Listrat A. 2009. Swelling and elastic modulus of collagen fibres: Effect of pH and thermal treatments. ICoMST, 1156-1158.
35. Lrinczy D., Vértes Z., Könczöland J. Belágyi F. 2009. Thermal transitions of actin, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 95, 713–719
36. Machlik S. M., and Draudt H. N. 1963. The effect of heating time and temperature on the shear of semitendinosus muscle. *J. Food Sci.*, 28, 711–718.
37. Marshall N., Wood L., and Patton M. B. 1960. Cooking choice grade to beef roasts. *Am. Diet. Assoc.*, 36, 341–345.
38. Martens, H., Stabursvik E., and Martens M., 1982. Texture and color changes in meat during cooking related to thermal denaturation of muscle proteins. *J. Texture Studies*, 13, 291–309.
39. Meinert L., Andersen L. T., Bredie W. L. P., Bjerregaard C. and Aaslyng M. D. 2007. Chemical and sensory characterisation of pan-fried pork flavour: Interactions between raw meat quality, ageing and frying temperature. *Meat Science*, 75 (2), 229-242.
40. Meinert L., Tikk K., Tikk M., Brockhoff P. B., Bredie W. L. P., Bjerregaard C. and Aaslyng M. D. 2009. Flavour development in pork. Influence of flavour precursor concentrations in longissimus dorsi from pigs with different raw meat qualities. *Meat Science*, 81 (1), 255-262.
41. Micklander E., Peshlov B., Purslow P. P., and Engelsen S. B. 2002. NMR cooking: monitoring the changes in meat during cooking by low-field H-NMR. *Trends in Food Science and Technology*, 13, 341–346.
42. Morita J. I., and Yasui T. 1991. Involvement of hydrophobic residues in heat - induced gelation of myosin tail subfragment from rabbit skeletal muscle. *Agricultural Biological Chemistry*, 55, 597–599.
43. Murphy R. Y. and Marks B. P. 2000. Effect of Meat Temperature on Proteins, Texture, and Cook Loss for Ground Chicken Breast Patties. *Poultry Science*, 79, 99–104.
44. Murphy R. Y., Johnson E. R., Duncan L. K., Clausen E. C., Davis M. D., and March J. A. 2001. Heat Transfer Properties, Moisture Loss, Product Yield, and Soluble Proteins in Chicken Breast Patties During Air Convection Cooking. *Poultry Science*, 80, 508–514.
45. Nicola J. 2006. Does It Look Cooked? A Review of Factors That Influence Cooked Meat Color. *Journal of Food Science*, 71, 4, 31-40.
46. Offer G., Restall D. and Trinck J. 1984. Water-holding in meat. *Recent Advances in Chemistry of Meat*. Bailey A. J., ed. The Royal Society of Chemistry, London, 71–83.
47. Oroszvári B. K., Bayod E., Sjöholm I., and Tornberg E. 2005b. The mechanisms controlling heat and mass transfer on frying of beefburgers. Part 2: The influence of the pan temperature and patty diameter. *Journal of Food Engineering*, 71, 18 – 27.
48. Paul P. 1963. Influence of methods of cooking on meat tenderness. *Proc. Meat Tenderness Symposium*. Campbell Soup Co., Camden, NJ., 225–242
49. Paulsen P., Hagen U., and Bauer F. 2006. Changes in biogenic amine contents, nonprotein nitrogen and crude protein during curing and thermal processing of *M. longissimus, pars lumborum* of pork. *European Food Research and Technology*, 223(5), 603–608.
50. Penfield M. P., and Meyer B. H. 1975. Changes in tenderness and collagen of beef semitendinosus muscle heated at two rates. *J. Food Sci.* 40:150–154.
51. Pospiech E., Greaser M. L., Mikolajczak B., Chiang W. and Krzywdzinska M. 2002. Thermal properties of titin from porcine and bovine muscles. *Meat Science*, 62(2), 187–192.
52. Promeyrat A., Gatellier P., Lebret B., Kajak-Siemasz-

- ko K., Aubry L., Santé-Lhoutellier V. 2010. Evaluation of protein aggregation in cooked meat, *Food Chemistry*, 121, 412–417
53. Santé-Lhoutellier V., Astruc T., Marinova P., Grève E. and Gatellier P. 2008. Effect of meat cooking on physicochemical state and in vitro digestibility of myofibrillar proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 1488–1494.
54. Sharp A. and Offer G. 1992. The mechanism of formation of gels from myosin molecules. *Journal of Science Food and Agriculture*, 58(1), 63–73.
55. Thornberg E. 2005. Effect of heat on meat proteins – Implication on structure and quality of meat products. *Meat Science*, 70(3), 493–508.
56. Toldrá F. 2010. *Handbook of Meat Processing*, A John Wiley and Sons, Inc., Publication New York,
57. Van der Sman, R. G. M. 2007. Moisture transport during cooking of meat: an analysis basade on Flory–Rehner theory. *Meat Science*, 76(4), 730–738.
58. Vuković K. I. 2006. Priručnik za rad u klanici živine, Veterinarska komora Srbije, Beograd.
59. Wu Z., Bertram H. C., Bocker U., Ofstad R. A., and Kholer A. 2007. Myowater dynamics and protein secondary structural changes as affected by heating rate in three pork qualities: a combined FT-IR microspectroscopic and <sup>1</sup>H NMR relaxometry study. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 55, 3990–3997.
60. Xiong Y. L. and Brekke C. J. 1990a. Thermal transitions of saltsoluble proteins from pre- and postrigor chicken muscles. *Journal of Food Science*, 55, 1540.
61. Xiong Y. L., and Brekke C. J. 1990b. Physical and gelation properties of pre- and postrigor chicken salt-soluble proteins. *Journal of Food Science*, 55, 1544.
62. Zayas J. F. and Naewbanij J. O. 1986. The effect of microwave heating on the textural properties of meat and collagen solubilization. *J. Food Process. Preserv.*, 10, 203–214.
63. Zhang L., Lyng J. G. and Brunton N. P. 2006. Quality of radio frequency heated pork leg and shoulder ham. *Journal of Food Engineering*, 75, 275 – 287.

## **INFLUENCE OF TEMPERATURE AND HEAT TREATMENT PROCEDURE ON THE CHANGE OF TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF MEAT**

**<sup>1</sup>Radoslav Grujić, <sup>1</sup>Dragan Vujadinović, <sup>2</sup>Vladimir Tomović, <sup>1</sup>Milan Vukić**

<sup>1</sup>University of East Sarajevo, Faculty of Technology Zvornik

<sup>2</sup>University of Novi Sad, Faculty of Technology

### **Summary**

Meat is a very important food in the diet of people, due to its valuable nutritional ingredients. Almost all of the meat products are somehow heat treated to achieve the desired sensory and nutritional properties, as well as meet the criteria in terms of microbial stability and safety of the product. The most common are the two types of heat treatment in industrial conditions, such as heat treatment by cooking at atmospheric pressure or vacuum and dry heat treatment by roasting. Therefore, goal of this paper is to give a brief overview of the latest developments, regarding the influence of technological parameters during thermal processing of meat. Temperature level in the center of the sample and different thermal treatment procedures (cooking and roasting) were monitored in terms of impact on the protein's structure changes, meat color, rheological properties of meat, meat pH, water holding capacity, chemical properties and organoleptic characteristics of meat.

**Keywords:** meat, meat cooking, roasting, meat color, state of the protein