Utjecaj dodatka enzima transglutaminaze na fizikalna i senzorska svojstva pilećih prsa

Šikić, Monika

Master's thesis / Diplomski rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:412330

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb

zir.nsk.hr

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet
University of Zagreb
Faculty of Agriculture

Utjecaj dodatka enzima transglutaminaze na fizikalna i senzorska svojstva pilećih prsa

DIPLOMSKI RAD

Monika Šikić

Zagreb, rujan, 2020.

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet
University of Zagreb
Faculty of Agriculture

Diplomski studij:

Proizvodnja i prerada mesa

Utjecaj dodatka enzima transglutaminaze na fizikalna i senzorska svojstva pilećih prsa

DIPLOMSKI RAD

Monika Šikić

Mentor:

Doc.dr.sc. Ana Kaić

Zagreb, rujan, 2020.

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture

IZJAVA STUDENTA

O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Monika Šikić**, JMBAG 0015210502, rođena 13.11.1990. u Vinkovcima, izjavljujem da sam samostalno izradila diplomski rad pod naslovom:

Utjecaj dodatka enzima transglutaminaze na fizikalna i senzorska svojstva pilećih prsa

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____ _____

Potpis studentice

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studentice **Monika Šikić**, JMBAG 0015210502, naslova

Utjecaj dodatka enzima transglutaminaze na fizikalna i senzorska svojstva pilećih prsa

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____, dana _____.

Povjerenstvo:		potpisi:
1. Doc. dr. sc. Ana Kaić	mentor	_____
2. Prof. dr. sc. Zlatko Janječić	član	_____
3. Izv. prof. dr. sc. Ivica Kos	član	_____

Zahvala

Najprije, hvala mojoj mentorici, doc. dr. sc. Ani Kaić, hvala na izrazitom razumijevanju, strpljenju i pomoći pri izradi ovog rada.

Hvala i prof. dr. sc. Zlatku Janječiću što je ustupio materijal za provedbu pokusa. Hvala i svom nastavnom osoblju Zavoda za hranidbu životinja na pomoći.

Hvala i izv. prof. dr. dc. Ivici Kosu, te svom nastavnom osoblju Zavoda za specijalno stočarstvo i Zavoda za opće stočarstvo Agronomskog fakulteta, na prenesenom znanju.

Ono bez čega moje studiranje ne bi imalo lijepa sjećanja, su i moji fantastični prijatelji. Hvala mojoj prijateljici, kolegici, mag. ing. agr. Marini Šalković, s kojom sam provela nebrojene sate u učenju, smijanju, plakanju. Bez tebe ove dvije godine diplomskog studija ne bi bile takve kakve su bile, pa čak i ove zadnje trenutke studiranja provodimo skupa.

Hvala i mojoj Gracijeli Maltašić, budućoj mag. ing. agr., hvala ti što si mi bila potpora sve od preddiplomskog studija, čak i iz Rijeke. Hvala ti što si me bodrila kad je bilo najgore i slavila sve male pobjede.

Hvala i mojim prijateljicama, Ana-Mariji Perić, Ivi Martinović i Katarini Ivanković, hvala vam na potpori, vjeri i smijehu, uvijek ste bile odličan oslonac, za sve!

Naravno, hvala i ostalim kolegama sa diplomskog studija, Danijelu, Andriji Ž., Andriji Š., Karlu i Teni, bio je to jedan dobar timski rad.

Najveća hvala ide mojoj obitelji, mojim roditeljima, Mirku i Gordani. Hvala vam što se uvijek imali vjere u mene i tjerali me da se borim kad sam bila spremna odustati. Oduvijek ste mi davali vjetar u leđa, pa čak i kad mislite da ne osjetim, znam da jeste. Hvala i mom bratu Ivanu, koji nije to govorio, ali znam da je barem malo ponosan.

Hvala i mojoj baki Jadranki, koja je uvijek slavila sve sa mnom, te me hrabrila kad je trebalo. Hvala i mojim pokojnim djedovima, Ivanu i Ivici, te pokojnoj baki Milici, koji su uvijek vjerovali da ću završiti fakultet, jedino mi je žao što nisu to dočekali. Hvala i mom uji Jozi i ujni Nini, na nevjerojatnoj podršci i vjeri, kao i mojoj tetki Mariji.

Hvala i mom L.

Hvala svima na svemu!

Monika

Sadržaj

1. Uvod 1
2. Cilj rada 2
3. Pregled literature 3
   3.1 Enzim transglutaminaza (TG) 3
      3.1.1 Način djelovanja i svojstva enzima TG 6
      3.1.2 Uporaba enzima TG u mesnoj industriji 9
   3.2 Fizikalna svojstva mesa 10
      3.2.1 pH vrijednost 10
      3.2.2 Boja mesa 11
      3.2.3 Kalo kuhanja 12
      3.2.4 Mekoća mesa 13
   3.3 Senzorska svojstva mesa 15
      3.3.1 Boja i izgled presjeka 15
      3.3.2 Miris 16
      3.3.3 Tekstura / žvačnost 16
4. Materijal i metode 17
   4.1 Dizajn pokusa 17
   4.2 pH vrijednost 19
   4.3 Boja 20
   4.4 Kalo kuhanja 21
   4.5 Mekoća mesa 23
   4.6 Senzorna analiza 24
   4.7 Statistička obrada podataka 24
5. Rezultati i rasprava 25
6. Zaključak 35
7. Popis literature 36
8. Popis priloga 42
   8.1 Popis slika 42
   8.2 Popis tablica 42

Sažetak

Diplomskog rada studentice **Monika Šikić**, naslova

Utjecaj dodatka enzima transglutaminaze na fizikalna i senzorska svojstva pilećih prsa

Mesna industrija sve više napreduje, ali i pokušava iznaći nove načine kako povećati proizvodnju sa minimalnim utroškom sredstava i materijala. Enzim transglutaminaza (TG) može u tome znatno pomoći jer manje komade mesa, svojim djelovanjem, povezivanjem proteina, pretvara u jedan, uniformni komad mesa. Predmet ovog istraživanja jest utvrditi ima li enzim utjecaj na fizikalna i senzorna svojstva prsnog mišića brojlerskih pilića te u kolikoj mjeri. Istraživan je dodatka 0,2 0,4; 0,6; 0,8; te 1% TG u restrukturiranom mesu pilećih prsa, te kako on djeluje na fizikalna svojstva poput pH vrijednost, vrijednosti boje, kala kuhanja te silu presijecanja. Uz to se htjelo utvrditi i djeluju li navedeni udjeli enzima i na senzorna svojstva mesa (boja, miris, presjek, okus, tekstura, dopadljivost). Dobiveni rezultati su djelomično u skladu sa istraživanjima drugih znanstvenika, udjeli od 0,2; 0,4; te 0,6% TG nemaju znatni utjecaj, dok udijeli od 0,8 i 1% TG znatno utječu na fizikalna svojstva poput kala kuhanja i sile presijecanja. Isto tako, udio TG nema vidljiv utjecaj na senzorna svojstva restrukturiranog mesa pilećih prsa.

Ključne riječi: pileća prsa, transglutaminaza, enzim, fizikalna svojstva, senzorna svojstva

Summary

Of the master's thesis – student **Monika Šikić,** entitled

Effect of transglutaminase enzyme addition on physical and sensory properties of chicken breast meat

The meat industry is advancing more and more, but it is also trying to find new ways to increase production with minimal utilization of funds and materials. The enzyme transglutaminase (TG) can help a lot in this because it turns smaller pieces of meat into a single, uniform piece by binding of proteins. The subject of this study is to determine whether the enzyme has an effect on physical and sensory properties of broiler chicken breast meat and to what extent. The effect of addition of 0.2; 0.4; 0.6; 0.8; and 1% of TG in restructured chicken meat is being assessed, and how it affects the physical properties such as pH value, color value, cooking loss and the required shear force. Also it was aimed to determine whether these enzyme proportions also affect the sensory properties of meat (color, odor, appearance, taste, texture, and general evaluation). The results obtained are partly in line with the researches, proportions of 0.2; 0.4; and 0.6% TG have no significant effect, while addition of 0.8 and 1% TG significantly affect physical properties such as cooking loss and shear force. Likewise, the proportion of TG has no visible effect on the sensory properties of restructured chicken breast meat.

Keywords: chicken breast, transglutaminase, enzyme, physical properties, sensory properties

1. Uvod

Konzumacija mesa je u sve većem porastu, pogotovo u razvijenim zemljama, te proizvođači uvijek traže način kako bez većih troškova povećati obim proizvodnje. Samim time sve više se istražuju enzimi i njihov doprinos pri proizvodnji različitih vrsta hrane.

Enzimi imaju veliku ulogu u industriji hrane, bilo da se radi o novim proizvodima, ili „starim“ koji se žele učiniti boljima ili, u nekim slučajevima, jeftinijima za proizvodnju.

Transglutaminaza (TG) je enzim koji se može naći u prirodi, odnosno u biljkama, životinjama, pa čak i u ljudskom tijelu. TG je skupina enzima koji kataliziraju, odnosno modificiraju proteine u namirnici formiranjem izopeptidnih veza. To se događa ili kroz *cross-link* ε-(γ-glutamil) lizin peptidne veze ili putem inkorporacije primarnih amina u selektirane ostatke glutamina (Griffin i sur., 2002.).

TG je enzim koji se istražuje od 50-ih godina prošlog stoljeća zbog svojih izuzetnih sposobnosti povezivanja više komada mesa, u jednoličan komad, zbog pospješivanja gel stanja namirnica, viskoziteta namirnica, te poboljšavanja termalne stabilnosti namirnica (Kuraishi i sur., 1995.).

TG se koristi u raznim prehrambenim industrijama, od mesne industrije, preko pekarske industrije, sve do industrije prerade ribe. U mesnoj industriji se, primjerice, koristi zbog sposobnosti „lijepljenja“ komada mesa, te poboljšanog dostizanja gel stanja u proizvodima poput kobasica u tipu hrenovki (mesno tijesto je kompletno emulfzificirano).

Korištenjem enzima TG mljeveno meso i manji komadi su povezani bez dodatne uporabe soli ili fosfata. Mesna industrija je uvijek u potrazi za načinom iskorištavanja što većeg dijela trupa. Pri tome svakako treba uzeti u obzir da se sadržaj TG dodaje u ograničenoj količini jer je dokazano da se njegovim prekomjernim dodavanjem umanjuju korisni učinci.

Od kraja 1950-ih godina, kada su Clarke i suradnici prvi počeli istraživati TG, dosegla su se mnoga saznanja o efektu enzima, u kojim uvjetima najbolje djeluje, u kojim sredinama je enzimatska aktivnost najjača, a u kojima najslabija, te koja su mu točno djelovanja. Unatoč tome enzim i njegovo djelovanje u različitim supstratima su još uvijek nedovoljno istraženi.

2. Cilj rada

Pretpostavka ovog istraživanja je da dodatak enzima TG u različitim udjelima dovodi do razlika u fizikalnim i senzorskim svojstvima pilećih prsa.

Cilj ovog diplomskog rada je utvrditi utjecaj različitih udjela TG na fizikalna i senzorska svojstava restrukturiranog mesa pilećih prsa.

3. Pregled literature

3.1 Enzim transglutaminaza (TG)

Transglutaminaza (TG) je enzim[1] koji se može naći u prirodi, odnosno u biljkama, životinjama, pa čak i u ljudskom tijelu. Transglutaminaza se koristi kako bi se, na siguran način, povezali proteini u namirnicama koje su njima bogate (Food Insight, 2012.).

Prva komercijalna varijanta enzima je bio derivat iz jetre zamoraca, a Pisano i sur. (1968.) su ustanovili kako je za aktivaciju TG iz animalnog podrijetla potreban ion kalcija (Ca^{2+}) što su kasnije potvrdili Zhu i sur. (1995.). Nadalje, Zhu i sur. (1995.) su utvrdili da veličina jetre zamorca izravno utječe na količinu deriviranog enzima. S obzirom na vrlo malu dobivenu količinu enzima i njegovu visoku cijenu, nije se koristio u velikoj mjeri (Zhu i sur., 1995.).

Ando i sur. (1989.) i Matoki i sur. (1998.) su bili prvi u potrazi za dodatnim izvorima TG i njihovih varijeteta, zbog sve veće potražnje u raznim industrijama (mesna industrija, pekarska industrija, industrija proizvodnje tjestenine, industrija prerade ribe i dr.).

TG nije bila široko dostupna do nedavno, jer je bila životinjskog porijekla, teško se derivirala i samim time je bila preskupa za masovnu uporabu. Motoki i sur. (1989.) su otkrili da se mikrobna TG (mTG), derivirana iz soja mikroba *Streptoverticillium mobaraense* može proizvoditi u većim količinama te se samim time može i komercijalizirati, a time se i njegova uporaba može proširiti. Krajem 80-ih godina otpočelo je istraživanje mTG te je tada testirano oko pet tisuća sojeva mikroba. Mikrobi su prikupljeni iz tla, te je u nekoliko sojeva pronađena transglutaminska aktivnost, dok je kod soja *Streptoverticillium S-8112* ona bila najjača (Zhu i sur. ,1995.).

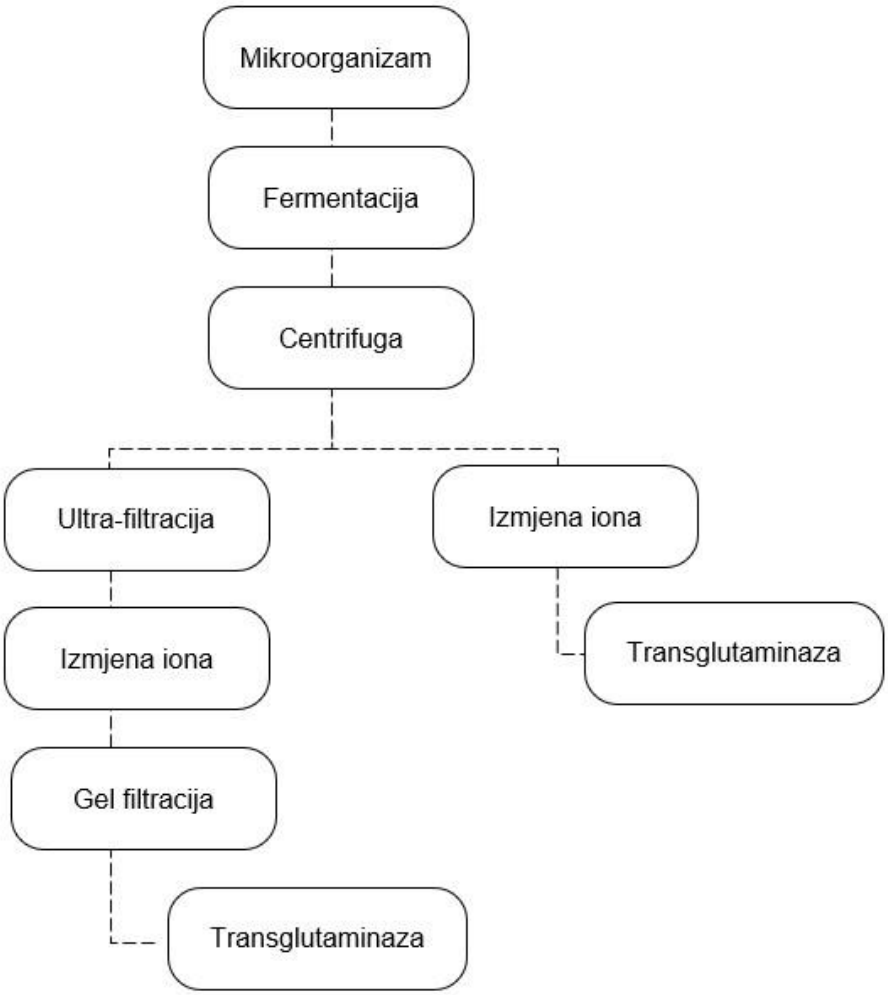
Zhu i sur. (1995.) navode da se enzim može proizvesti fermentacijom, na temperaturama od 25 °C do 35 °C. O samom stupnju aktivnosti mTG pojedinog soja ovisilo je vrijeme fermentacije. Proces fermentacije je uključivao i kuhanje. Kuhanje je potpomagalo topljenje enzima, koji bi se, nakon hlađenja, stisnuo i time potpomogao čvrstoću krajnjeg proizvoda (Zhu i sur., 1995.).

Na slici 3.1. prikazana su dva načina dobivanja mikrobne TG.

Na lijevoj grani je proces dobivanja mTG koji su koristili Ando i sur. (1989.), dok su Gerber i sur. (1994.) koristili pojednostavljen model dobivanja mTG, te je on prikazan na desnoj strani.

[1] Enzimi su proteini koji stvaraju prirodnu, kemijsku vezu u namirnicama

Slika 3.1. Proces dobivanja mikrobne transglutaminaze



Izvor: Kieliszek i sur. (2013.)

Ando i sur. (1989.) su opisali svoj postupak derivacije mTG kroz inokulaciju mikroorganizma (*Streptoverticillium mobaraense)* u mediju kroz 48 sati na temperaturi od 30 ^{O}C. Dobiveni produkt se pročistio najprije 'ugrubo' putem filtracije centrifugom, a zatim ultra-filtracijom, nakon koje se dogodila izmjena iona. Utvrđivanje količine i sastava mTG izvršena je putem elektroforeze.

Znanstvenici Ando i sur. (1989.), Washizu i sur. (1994.) i Shimba i sur. (2002.) su dodatno provodili istraživanja kako bi potvrdili činjenicu da za aktivitet mTG nije potreban ion kalcija (Ca^{2+}). Po dokazivanju spomenutog, namjena enzima se dodatno proširila. mTG čini posebnim i njegova termalna stabilnost (Souza i sur., 2010.). Isti autori su istražili

kako se mTG ponaša pri različitim temperaturama inokulacije, (od 30 do 70 °C). Uzorci su bili uzimani u različitim intervalima, odnosno odmah te nakon minute, 2, 5, 10, 20, 30 te 60 i 120 minuta inokulacije po postignutoj temperaturi. Izuzeti uzorci su odmah ohlađeni te je rezidualna enzimatska aktivnost procijenjena inkubacijom. Dokazano je kako se aktivnost enzima značajno smanjuje na temperaturama od 60 do 70 °C. Kod soja *Streptoverticillium mobarense,* koji je glavni predstavnik mTG, zadržana je enzimatska aktivnost od 80 % pri inkubaciji na temperaturi od 40 °C te nakon 30 minuta (Cui i sur., 2007.), dok je enzimatska aktivnost mTG pri temperaturi od 60 °C i nakon 10 minuta iznosila samo 6 %.

Gerber i sur. (1994.) su testirali mTG i termalnu stabilnost, odnosno aktivnost, pri nižim temperaturama i dužem periodu inkubacije. Autori su utvrdili da je aktivnost mTG nakon šest mjeseci pri temperaturi od -6 °C bila svega 60%.

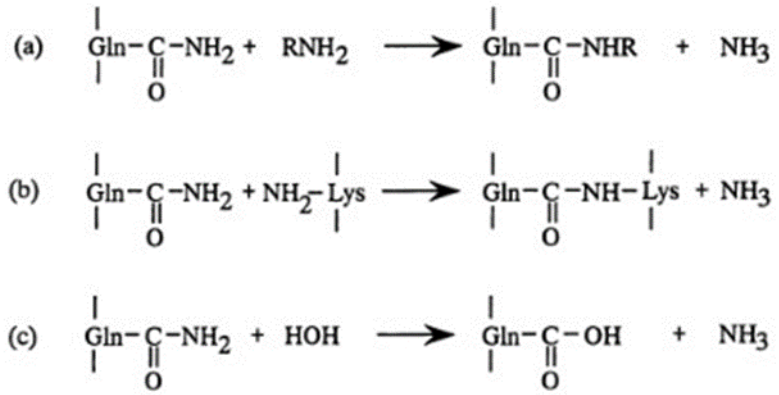
Ho i sur. (2000.) navode da je katalitička aktivnost TG najjača pri temperaturi od 40 °C i pri pH vrijednosti od 5,5, čak i pri temperaturi od 0 °C, mikrobna transglutaminaza zadržava svoj aktivitet.

3.1.1 Način djelovanja i svojstva enzima TG

TG je enzim koji katalizira modifikaciju proteina formirajnjem izopeptidne veze, točnije, katalizira acil-transfer reakciju između γ-karboksamidne skupine peptida ili proteina vezanih na ostatke glutamila i primarnih amina (Mostafa, 2020.).

Kada TG djeluje na molekule proteina, one se međusobno vežu i polimeriziraju kroz ε-(γ-glutamil) lizin peptidne veze (Griffin i sur., 2002.). Točan proces vezivanja, putem kemijske reakcije je prikazan je na slici 3.1.1.

Slika 3.2. Prikaz kemijske reakcije prilikom djelovanja TG



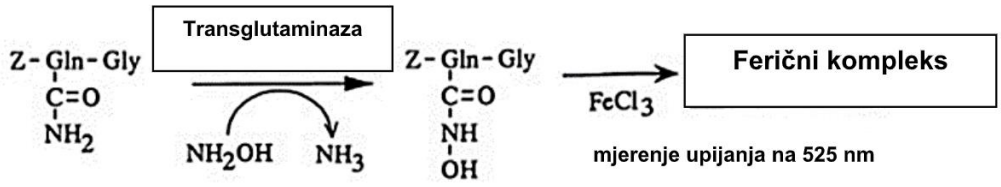
a) prijenos amina, b) poprečna veza ostataka glutamina i lizina u proteinima ili peptidima, c) deaminacija;
Izvor: Motoki i sur. (1998.)

Pretpostavka je da prilikom kemijske reakcije voda može djelovati kao recipijent, u slučaju nedostatka prikladnog primarnog amina. Npr. ukoliko je ε-amin lizin blokiran djelovanjem druge kemijske reakcije, a ostatak glutamila se promijeni u glutaminilni ostatak putem deaminacije kroz reakciju s tranglutaminazom, onda je voda prikladan recipijent.

Najučinkovitija reakcija mTG je umrežavanje kroz ε-(γ-glutamil) lizin peptidne veze. Kada ε-amino skupine ostataka lizina djeluju kao acilni recipijenti, nastaju ε-(γ-glutamil) lizin peptidne veze. Reakcija unakrsnog umrežavanja se događa inter i intra-molekularno (Amirdivani i sur., 2018., Mostafa, 2020.). Stvaranje tih veza uzrokuje značajne fizikalne promjene u namirnicama bogatima proteinima, ε-(γ-glutamil) lizin peptidne veze su kovalentne veze koje su mnogo stabilnije od ionskih ili hidrofobnih veza, što znači da čak i mali broj ε-(γ-glutamil) lizin peptidnih veza unutar neke namirnice, može značajno promijeniti njena fizikalna svojstva (Kuraishi i sur., 1996.).

Enzimatska aktivnost TG se mjeri postupkom hidroksamata s N-karbobenzoksi-L-glutaminil-glicinom (Z-Gln-Gly) prikazanim na slici 3.1.2. Enzimska aktivnost je definirana jedinicom kao iznos koji je uzrokovan formacijom od 1 / zmola od hidroksarnične kiseline u jednoj minuti na 37 °C (Kuraishi i sur.,1996.).

Slika 3.3. Enzimska aktivnost transglutaminaze



Izvor: Kuraishi i sur. (1996.)

Prema Matokoiu i sur. (1998.) mTG je aktivna u širokom rasponu temperatura, ali optimalna temperatura njezinog djelovanja je pri 50 °C. Enzim je stabilan u rasponu pH vrijednosti od 5 do 9 čime odgovara pH skali pri kojoj se odvija najviše prerada hrane. Ako se neka namirnica i zagrije na temperaturu preko 75 °C enzim gubi svoje djelovanje za nekoliko minuta.

Promjene koje ε-(γ-glutamil) lizin peptidna veza stvara pomoću mTG dokazano pospješuju svojstva namirnica bogatih proteinima, odnosno povećana je sposobnost postizanja gel stanja namirnice i njezin potencijal geliranja, kao i viskozitet sirovine, poboljšana je i termalna stabilnost kao i sama sposobnost vezanja vode (Kuraishi i sur. 1996.).

Kako navode Kuraishi i sur. (1996.) sposobnost geliranja je vrlo značajna u mljekarskoj industriji, jer čak i otopine koje samostalno nemaju nikakvu tendenciju geliranja, postići će neku razinu geliranosti, a ako sirovina sama po sebi ima jaku sposobnost geliranja, transglutaminaza će ju dodatno pojačati. Takav efekt je moguć zbog ε-(γ-glutamil) lizin peptidne veze. Ukoliko se doda previše mTG, sposobnost geliranja se gubi, odnosno značajno smanjuje. (Kuraishi i sur., 1996.).

Kuraishi i sur. (1996.) navode kako se na sličan način kao i kod geliranja, dodatak Mtg povećava i viskozitet sirovine. Pri poboljšanju viskoziteta proizvoda, neophodno je ograničiti vrijeme reakcije te temperaturu pri kojoj se odvija reakcija, a potrebno je paziti i na količinu upotrjebljene mTG (Kuraishi i sur., 1996.).

Prema Kuraishiu i sur. (1996.) termalna stabilnost je još jedno važno svojstvo koje TG poboljšava. U sirovinama u kojima se postiglo geliranje, dodavanjem mTG, termalna

stabilnost je povećana. Gelaste strukture se lako tope u otopinama visoke temperature, dok su proizvodi u kojima je postignuto gel stanje pomoću mTG lakše podnose visoke temperature (Kuraishi i sur., 1996.).

Kuraishi i sur. (1996.) i Pietrasik i sur. (2007.) navode kako je sposobnost vezanja vode još jedno svojstvo na koje TG ima pozitivan utjecaj. Kod sirovina kojima se poboljšalo svojstvo geliranja, indirektno se poboljšala i sama sposobnost vezanja vode. Poboljšanjem ε-(γ-glutamil) lizin peptidne veze moguće je da sirovina zadrži više vode, unatoč temperaturi na kojoj se vrši kasnija obrada.

Dodavanjem mikrobne transglutaminaze u meso i druge prehrambene proizvode, ne mijenja se nutritivna vrijednost proizvoda, niti okus, ali se mijenja njihov oblik, odnosno tekstura (Kuraishi i sur., 1996.).

3.1.2 Uporaba enzima TG u mesnoj industriji

U mesnoj industriji enzim TG se prvenstveno koristi jer sjedinjuje komade mesa u jedan, jednoličan komad, potpomaže stvaranju gel stanja u mesnim emulzijama, pomaže termalnu stabilnost proizvoda, te sposobnost vezanja vode (Kuraishi i sur., 1996.). U mesnoj industriji se TG koristi kako bi se poboljšala tekstura, okus te održivost, odnosno trajnost proizvoda (Castro Marques i sur., 2010.)

Castro Marques i sur. (2010.) te Kuraishi i sur. (1996.) navode kako je u začetku korištenja, TG pažnju istraživača i proizvođača zauzimala zbog svoje sposobnosti povezivanja manjih komada mesa u jedan, jednoličan komad koji će postići jednaku ili barem približnu vrijednost kao i onaj komad mesa koji nije bio tretiran enzimom TG. Međutim, u početku je TG bila animalnog porijekla, a time ujedno skupa i neprihvatljiva za široku uporabu. Razvojem mTG omogućena je šira uporaba, pogotovo u mesnoj industriji (Castro Marques i sur., 2010.)

Kuraishi i sur. (1996.) navode kako se prije prilikom prerade mesa moralo uložiti puno vremena i energenata kako bi se meso povezalo, bilo da se ono moralo zamrznuti ili kuhati zajedno. Dodavanjem mTG proces je puno jednostavniji, a time i brži, a povećanom proizvodnjom se isplati svaki iznos uložen u kupnju enzima.

Obzirom da se mTG koristi u restrukturiranom mesu, služi kao vezivni agent. Time se omogućava proizvodnja proizvoda s nižim udjelom masti bez utjecaja na organoleptička svojstva čime je on vizualno vrlo sličan konvencionalnom proizvodu, te ne utječe na njegovu nutritivnu vrijednost (Kieliszek i Misiewicz, 2014.). Isto tako, ono što čini uporabu enzima značajnom jest da nije potrebno dodavati sol i fosfate kako bi se postigla kompaktnost proizvoda, već tu „dužnost“ obavlja mTG (Kielszek i Misiewicz, 2014.).

Jedno od ključnih svojstava mTG te razlog njegove uporabe u mesnoj industriji jest mogućnost poboljšanja formiranja gel stanja (Ahhmed i sur., 2007.). Transglutaminaza katalizira povezivanje miofibrila, povećava gel-elastičnost proteina. Jačina gela je dodatno ojačana termičkom obradom (Ahhmed i sur., 2009.).

Herrero i sur. (2008.) su proveli istraživanje kako određeni postotak TG utječe na konačni proizvod, te su uočili značajna poboljšanja u povezanosti proizvoda, te povećanu mekoću mesa.

Još jedno bitno svojstvo u mesnoj industriji jest i sposobnost vezanja vode na koje također značajno utječe dodatak TG (Kang i sur., 2016.). Uporaba TG povećava čvrstoću i kompaktnost gel stanja proizvoda putem cross-linka proteina (Tseng i sur., 2000.).

3.2 Fizikalna svojstva mesa

3.2.1 pH vrijednost

Vrijednost pH je jedan od najvažnijih čimbenika kvalitete sirovog mesa. Utječe na niz svojstava, odnosno na boju, sposobnost zadržavanja vode, okus, čvrstoću mesa i njegovu održivost. Vrijednost pH se prikazuje na skali, u rasponu od 0 do 14, te pokazuje koliko je neka tvar lužnata (iznad 7 pH), kisela (ispod 7 pH) ili neutralna (7 pH).

Točnije, vrijednost pH je stupanj koncentracije vodikovih iona u tvari ili otopini i predstavlja se kao logaritam koncentracije vodikovih iona u vodenoj otopini; pH = - log (H^+) (Andres-Bello i sur., 2013.).

U mišićima živih životinja pH vrijednost se nalazi u rasponu od 7,0 – 7,2, dok nakon klanja dolazi do postupne promjene pH vrijednosti na 5,3 - 5,8 (konačna pH vrijednost). Do snižavanja pH vrijednosti dolazi zbog stvaranja mliječne kiseline iz pričuvnog glikogena, u procesu anaerobne glikogenolize. Povećanjem kiselosti spušta se pH vrijednost, koja se zbog količine šećera u mišićima i same temperature mesa, u početku brzo, a zatim laganije razvija. (Graberec, 2016.).

Kod mesa se pH vrijednost određuje u dvije vremenske točke, prva je unutar 15 do 45 minuta nakon klanja, a druga 18 do 24 sata nakon klanja. Prva vrijednost bi trebala biti viša od 6,0 u mesu dobre kakvoće, a druga, nakon 24 sata od klanja, bi trebala biti ispod 5,8 pH. Konačna pH vrijednost pilećih prsnih mišića nalazi se u rasponu od 5,6 do 5,9 (Kralik i sur., 2008.).

U slučaju da je perad prije klanja bila izložena stresu, prilikom transporta ili u samoj klaonici neposredno prije klanja, u mišićima je smanjena količina glikogena, što dovodi do niza promjena. Promjene poput toga da se pH vrijednost zadržava iznad 6,4 te u konačnici dolazi do stvaranja tamnog, čvrstog, suhog mesa, odnosno tzv. TČS mesa(engl. DFD; dark=tamno, firm=čvrsto, dry=suho). Osim TČS mesa, u mišićima peradi učestala je i pojava tzv. blijedog, mekog, vodnjikavog mesa, odnosno BMV mesa (engl. PSE; pale=blijedo, soft=meko, exudative=vodnjikavo). U BMV mesu vrijednost pH naglo opada uslijed brze reakcije glikolize, što dovodi do ranije pojave *rigor mortisa*. (Miller, 1994.).

Početna pH vrijednost u pilećem mišićnom tkivu je od 5,5 do 6,79 (Ristić i Klaus, 2010.). Isto tako Kralik i sur. (2013.) navode da pH vrijednost, u prosjeku, iznosi 5,99, ali da se konačna pH vrijednost u mišićnom tkivu pilećih prsa kreće u rasponu od 5,6 do 5,9 (Kralik i sur., 2008.).

pH vrijednost se u početku mjerila lakmus papirom, gdje je crvena obojenost dokazivala kiselost medija, a plava boja alkaličnost, međutim nije se mogla znati točna vrijednost pH.

Danas pH vrijednost mjerimo najčešće prijenosnim pH-metrima, mjernim uređajima

koji imaju staklenu sondu, koja se direktno umeće u meso. Prije same procijene pH vrijednosti potrebno je kalibrirati sondu, pomoću lužnate i kisele otopine, te destilirane vode koja je pH neutralna. Nakon što se umetne sonda u meso, kroz 10 do 15 sekundi imamo očitanu vrijednost pH.

3.2.2 Boja mesa

Boja mesa je još jedan važan čimbenik u određivanju kakvoće mesa. Pavelić (2014.) navodi kako je boja mesa jedan od najvažnijih organoleptičkih pokazatelja kakvoće mesa i mesnih proizvoda.

Boja svježeg mesa rezultat je udjela mioglobina (90 – 95 %), hemoglobina (2 – 5 %), te u vrlo maloj mjeri citokroma (Feiner, 2006.). Intenzitet boje mesa, za što je odgovoran udio mioglobina, je proporcionalan s aktivnošću određenog mišića. Mioglobin se nalazi u tri osnovna, reducirana oblika: purpurno crveni deoksimioglobin, svjetlo-crveni oksimioglobin, te smeđe sivi metmioglobin. Deoksimioglobin ima atom željeza u Fe^{2+} oksidativnom stanju te je na njegovo šesto mjesto vezana voda, a vidljiv je odmah nakon rezanja mišića svježeg mesa. Oksimioglobin također ima atom željeza u Fe^{2+} oksidativnom stanju, ali je na šesto mjesto vezan kisik (O_2) te je time boja svjetlija. Taj oblik mioglobina je vidljiv nakon nekoliko minuta na odrezanom mišićnom tkivu svježeg mesa, odnosno po završetku oksigenacije mioglobina. Metmioglobin se pojavljuje nakon oksidacije željeza (gubitak jednog elektrona) iz oksidacijskog stanja Fe^{2+} u Fe^{3+} (MacDougall, 1982.).

Potrošači povezuju svjetlo crvenu boju sa svježim mesom, za salamurene proizvode karakteristična je žarko crvena boja, a svijetlo ružičastu boju poistovjećuju s termički obrađenim mesom (Monin, 2004.). No boju mesa definira: vrsta životinje (primjerice govedina je tamnocrvene boje, dok je svinjetina svijetlo crvene boje), spol, dob, starost, anatomska lokacija mišića, način držanja, odnosno uzgoja i hranidbe životinje. Utjecaj pH vrijednosti na boju mesa ima izravan utjecaj na sposobnost proteina u vezanju vode, što je direktno povezano sa strukturom mesa i sposobnošću refleksije svjetlosti (Allen i sur., 1998.).

Kovačević (2001.) ističe kako udio kisika, pH vrijednost, temperatura i svijetlost utječu na boju mesa. Izuzev toga isti autor navodi kako treba uzeti u obzir termička obrada, ali i druge procese prerade, poput salamurenja, sušenja i sl.

Boju mesa možemo mjeriti subjektivno (osobe obučene za korištenje skala boja) i objektivno (uređajima). Poznate skale kod subjektivne procjene boje su ona National Pork Producers Council - NPPC, koja ima 6 razreda. Kod oba sustava prvi razred predstavlja najsvjetliju nijansu. (Graberec, 2016.).

Objektivno ocjenjivanje boje mesa utvrđuje se pomoću mjernih uređaja, poput Gőfo, Minolta, Labscan II (HunterLab) i drugih. Uređaji mjere pokazatelje boje koji se prema CIE (Commision Internationale de l` Eclairage, 1986.) izražavaju kao vrijednosti L* (svjetlina), a* (stupanj crvenila mesa tj. crveno-zeleni spektar) i b* vrijednost (mjeri stupanj žute tj. žuto-plavi spektar, žutilo).

Bianchi i sur. (2005.) razvrstavali su pileća prsa prema boji na način da je vrijednost L* veća ili jednaka 58,9, odnosno meso je svjetlije od normalnog, dok je „normalno“ meso ono čija je vrijednost pokazatelja L* veća ili jednaka 50,9, odnosno L* je manji od 58,9. Qiao i sur. (2001.) svrstavaju pileća prsa prema boji na sljedeće tri kategorije: „svjetlije od normalnog“ (L*>53), „normalno“ (48<L*>53) i „tamnije od normalnog“ (L*<46).

3.2.3 Kalo kuhanja

Svaka termička obrada dovodi do niza fizikalno-kemijskih promjena. Mijenja se sposobnosti bjelančevina u vezanju vode, događa se primjena boje, okusa, mirisa, konzistencije i strukture tkiva, nutritivne vrijednosti mesa, te brojnih drugih svojstava koji imaju važan doprinos za kakvoću mesa i proizvoda od mesa (Kaić, 2013.).

Intenzitet tih promjena ovisi o kakvoći svježeg mesa koje će biti podvrgnuto termičkoj obradi, načinu djelovanja topline, visini temperature tijekom termičke obrade i samom trajanju termičke obrade. Termičkom obradom mijenja se građa proteina te dolazi do promjena u konformaciji bjelančevina unutar mišića. Uslijed tih promjena, mišić više nema jednaku sposobnost zadržavanja vode, dolazi do njenog otpuštanja, a time i do gubitka mase (Toldrá i Aristoy, 2010.).

Kovačević (2001.) navodi da se termička obrada mesa može provoditi zagrijanim zrakom, u masti, ulju, pari ili pak vodi. Ovisno o principu prijenosu topline, temperaturi termičke obrade i parcijalnom tlaku pare razlikujemo termičku obradu u suhoj i termičku obradu u vlažnoj sredini.

Temeljna karakteristika termičke obrade jest denaturacija proteina, a ona uzrokovana toplinom počinje pri niskoj temperaturi zagrijavanja, dok se već pri 40 °C na mesu mogu uočiti promjene koje su ireverzibilne. Smatra se da je najveći dio denaturacije u mesu završen pri temperaturi od 70 do 80 °C (Kovačević, 2001.).

Graberec (2016.) navodi da uz denaturaciju, mišićno tkivo otpušta i vodu pri termičkoj obradi, vezivno tkivo u mišiću se hidrolizira, a iz stanica izlazi otopljena mast. Istodobno dolazi do dekarboksilacije, dezaminacije i razaranja sulfidnih veza aminokiselina, među njima i onih esencijalnih (Graberec, 2016.). Količina lizina, metionina i triptofana je manja nakon termičke obrade, dok treonin u potpunosti nestane nakon termičke obrade. Istodobno, i količina vitamina nakon termičke obrade je manja. Sve navedeno dovodi do

promjena boje, mirisa, okusa te općenito smanjenja biološke vrijednosti mesa (Graberec, 2016.).

Za određivanje kala kuhanja komadi mesa ohlađeni na +4°C stavljaju se u vakumske vrećice i kuhaju u vodenoj kupelji do odgovarajuće temperature u središtu uzorka (Meek i sur., 2000.).

Allen i sur. (1998.) navode da je prosječni kalo kuhanja pilećih prsa 28,4 % prilikom kuhanja 20 minuta na temperaturi vodene kupelji od oko 95 ^{o}C.u. Međutim, Uran i Yilmaz (2018.) su za restrukturirana pileća prsa, u obliku *burgera* pri termičkoj obradi pečenjem (180 ^{o}C) utvrdili kalo od 21,01%.

3.2.4 Mekoća mesa

Mekoća mesa povezana je sa strukturom, količinom zadržanog mesnog soka i gubicima tekućine tijekom obrade ili termičke obrade, te sadržajem intramuskularne masti (Carpenter, 1962.).

Od svih svojstava kakvoće mesa, tekstura i mekoća mesa su među najvažnijim koje prosječni potrošač traži, čak više značaja pridaje tim karakteristikama nego boji i krajnjem okusu (Lawrie, 1966.). Cover i Hostetler (1960.) opisali su razlike u mekoći kao količinu i čvrstoća vezivnog tkiva; drobljivost (engl. *crumbliness*) mišićnih vlakana, odnosno mekoću pod zubima, te općenito u ustima. Weir (1960.) ističe da se ukupni dojam mekoće sastoji od najmanje tri stavke: početna lakoća prodiranja zuba u meso, lakoća s kojom se meso lomi na dijelove - prhkost (engl. *friability*) ili rahlost (engl. *mealiness*), i količinu ostataka preostalih nakon žvakanja.

Prema Lawrie (1966.), stupanj mekoće može se povezati s tri kategorije proteina u mišićima - onima miofibrila (aktin, miozin, tropomiozin), vezivnog tkiva (kolagen, elastin, retikulin, mukopolisaharidni matriks) i sarkoplazme (sarkoplazmatski proteini, sarkoplazmatski retikulum).

Nekoliko istraživača naglasilo je važnost stanja kontrakcije miofibrilarnih proteina u određivanju mekoće. Hostetler i sur. (1970.), Orts i sur. (1971.) i Smith i sur. (1971.) navode kako promjene u načinu suspenzije trupa i/ili u brzini hlađenja *post mortem* doprinose povećavaju mekoće govedine povećanjem duljine sarkomera u mišićima i / ili narušavanjem integriteta Z linija[2] u mišićnim vlaknima. Marsh i Leet (1966.) i Quarrier i sur. (1972.) su utvrdili slične rezultate povezane s *post mortalnom* stopom hlađenja, načinom suspenzije trupa i/ili mekoćom janjećih trupova. Svih pet istraživanja osmišljeno

[2] Tamnu prugu grade aktin i miozin, a svijetlu samo aktin. Sredinom svijetle pruge pruža se jedna tamna linija nazvana Z-linija.

je kako bi se utvrdili postupci koji se suprotstavljaju učincima hladnog šoka na skraćivanje sarkomera i mišićnih vlakana (skraćivanje mišića hladnoćom, engl. cold shortening) i time povećali mekoću kuhanog proizvoda.

Cross i sur. (1973.) navode da iako vezivno tkivo pridonosi žilavosti mesa, ukupni sadržaj vezivnog tkiva (kolagen i elastin) nisu usko povezani s percepcijom mekoće. Postotak topivog kolagena, odnosno jačina osjetljivosti kolagena na toplinsku obradu, je uvelike povezan sa sadržajem vezivnog tkiva ka tvrdoći mesa (Cross i sur., 1973.).

Kuhanje kao način termičke obrade, općenito čini vezivno tkivo mekšim pretvaranjem kolagena u želatinu, koja koagulira i nastoji ojačati protein miofibrila (Lawrie, 1966.). Oba ova efekta ovise o vremenu i temperaturi kuhanja, pri čemu je prvi važniji za omekšavanje kolagena, a drugi kritičniji za očvršćivanje miofibrila (Weir, 1960.).

Za mišiće s velikim sadržajem vezivnog tkiva jačanje mišićnih vlakana manje je važno od omekšavanja kolagena; zbog toga se odabire način termičke obrade koji kombinira duže razdoblje grijanja i vlažnu atmosferu. Za mišiće s manjim udjelom vezivnog tkiva koriste se metode kuhanja koje uključuju kratkotrajnu toplinu bez vlage kako bi se minimalizirao učinak jačanja na mišićna vlakna (Bratzler, 1971.).

Prema istraživanju Solo (2016.) senzorna analiza hedonističkim test sa skalom od 0-9, utvrđeno je da je mekoća pilećeg filea 5,62 kada je meso toplo, te 5,01 kada se ohladi.

3.3 Senzorska svojstva mesa

Senzorska svojstva se percipiraju kada su osjetila u interakciji s podražajima iz okoline. Svako osjetilo je pod nadzorom jednog organa, ali osjetila su u međudjelovanju. Svojstva hranjivih namirnica se percipiraju kroz ova osjetila, izgled, miris i aroma, tekstura, odnosno konzistencija, te okus (Lawless i Heymann, 2010.).

Senzornu analizu obično provode trenirani ocjenjivači, putem raznih testova. Koriste se različite skale, na kojima svaki broj označava unaprijed dogovorenu vrijednost.

Opisne analize mesa su standardizirane od Američke asocijacije znanosti o mesu (AMSA) 1978. godine. Za meso u jednom komadu se obično ocjenjuje sočnost mesa, mekoću mišićnog tkiva te udio vezivnog tkiva, te sveukupna mekoća mišića. Ocjenjuje se i intenzitet okusa, panelisti su educirani kako ocijeniti te atribute na skali sa 8 vrijednosti (Miller, 1994.).

3.3.1 Boja i izgled presjeka

Senzoričari često koriste čitav spektar senzornih testova za evaluaciju boje, te je vrlo bitno standardizirati sve faktore koji utječu na percepciju boje (Lawless i Heymann, 2010).

Jedno od najbitnijih senzornih svojstava je izgled samog mesa, što je izravno povezano s njegovom bojom, bilo da se radi o sirovom ili termički obrađenom mesu (Mir i sur., 2017.). Pileće meso se može prodavati sa kožom ili bez nje, te postoje različite preferencije u boji, primjerice u Velikoj Britaniji potrošači preferiraju blijedo, nepigmentirano meso, dok u Sjedinjenim Američkim Državama potrošači prihvaćaju i tamnije meso (Fletcher, 2002.).

Niz je čimbenika koji izravno utječu na boju mesa, kao spol jedinke, dob, odnosno starost pri klanju, pasmina, način klaoničke obrade te one termičke (Mugler i Cunningham, 1972.).

Prilikom postupanja sa životinjama, prije samog klanja, za vrijeme klanja, te u naknadnim postupcima, moguće je uzrokovati kontuzije na različitim dijelovima trupa, kao na vršcima krila, na prsnom mišiću, te se takvo meso ne može prodavati u komadu, nego se prosljeđuje dalje u preradu (Fletcher, 2002.).

Izgled presjeka je jedno od svojstava koje je lako ocijeniti, te ga je moguće ocijeniti objektivno. U slučaju restrukturiranog mesa, lako je uočiti neke nepravilnosti u povezanosti mesa, diskoloracije.

3.3.2 Miris

Miris je ključno senzorno svojstvo, o kojem ovisi predodžba potrošača o kvaliteti mesa. Iako je miris subjektivno ocjenjivano svojstvo, te ga je teško kvantificirati, ono, u suradnji sa okusom, doprinosi prvotnoj percepciji kakvoće mesa (Mir i sur., 2017.).

Northcutt (2009.) navodi kako se miris razvija tijekom termičke obrade zbog reakcije šećera i amino kiselina, zbog lipidne oksidacije i razgradnje tiamina. Iako ova reakcija nije neuobičajena pri termičkoj obradi mesa, kod peradskog mesa se razvija specifičan miris zbog količine lipida i masti u mesu (Northcutt, 2009.).

Melton (1999.) je naveo kako termička obrada sa visokom temperaturom, preko 100 ^{o}C, ali s niskim udjelom vlage, uzrokuje formaciju heterocikličkih spojeva koji utječu na aromu. Čak i pH vrijednost utječe na razvoj arome, odnosno mirisa, ukoliko je vrijednost od 4,5 do 6,5 povećava se formiranje dušičnih spojeva koji uvelike doprinose razvoju mirisa (Calkins i Hodgen, 2007.).

3.3.3 Tekstura / žvačnost

Tekstura mesa, što se smatra jednim od bitnijih senzornih svojstava, odmah nakon vizualnog izgleda. Tekstura i mekoća mesa ovise o količini zadržane vode unutar mišića (Mir i sur., 2012.). Voda, koja je čvrsto vezana unutar mišića, obavija miofibrile i njihov međuprostor, te time smanjuje mekoću mesa (Anadon, 2002.).

Northcutt (2009.) navode kako tek nakon klanja, gdje se obustavlja optok krvi, te time i cirkulacija svih hranjiva i kisika, meso se, zbog *rigor mortisa* ukoči. Nakon toga se odvijaju svi kemijski procesi u mesu, koji izravno utječu na mekoću i samu teksturu, a tek po opuštanju mišića, meso postaje meko.

4. Materijal i metode

4.1 Dizajn pokusa

U istraživanju je korišteno 40 komercijalnih hibrida tovnih pilića Ross 308, starosti 35 dana. Korištene jedinke su iz kontrolne skupine koje su držane za potrebe pokusa Zavoda za hranidbu Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Jedinke su nastanjene u dobi od jednog dana u peradnjak, te su držane u skladu sa legislativom vezanom uz dobrobit životinja (Uredba vijeća (EZ) br. 1099/2009).

Prsno mišićje je izuzeto nakon standardnih i važećih postupaka klanja i klaoničke obrade. Nakon 24-satnog hlađenja na 4 ^{o}C, prsno mišićje je odvojeno sa trupova. Sa svakog mišićja je odvojena koža te vidljivo masno i vezivno tkivo.

Mišićje je strojno usitnjeno (Ø 10 mm), uređajem za usitnjavanje i raspodijeljeno na pet jednakih dijelova. Svaki dio je bio tretiran različitim udjelom enzima (0,2%, 0,4%, 0,6%, 0,8%, 1,0%) te oblikovan u 10 kobasica istih dimenzija, odnosno oko 16 cm dužine te 5 cm u promjeru.

Korištena transglutaminaza je branda Special Ingredients, pod nazivom Meat Glue (slika 4.1.).

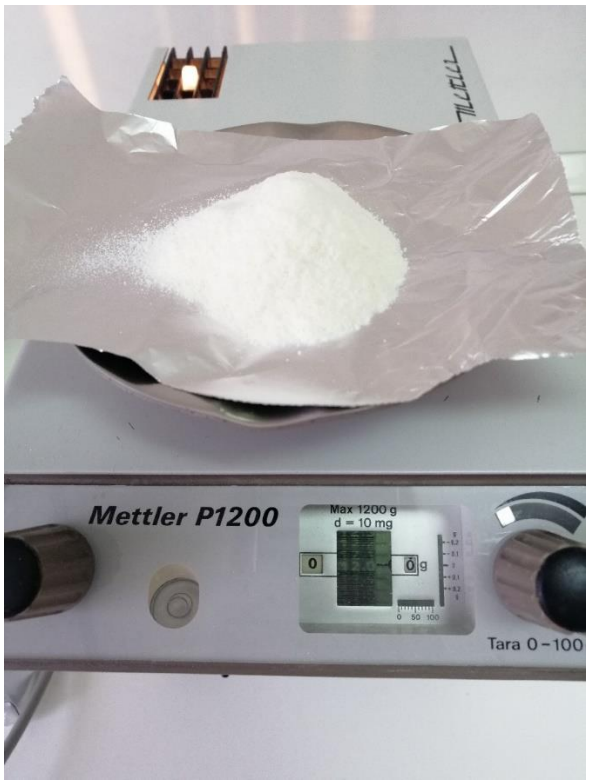
Proizvođač navodi kako je njegova transglutaminaza derivirana mikrobnom fermentacijom. Dolazi u pakiranju od 500 g, te je svakih 100 grama podijeljeno u zasebne vrećice. Točan sastav je natrijev kazein (E469), maltodekstrin, transglutaminaza i suncokretov lecitin (E322). Prijedlog uporabe je 8-15 grama po kilogramu krajnjeg proizvoda, te ga je moguće koristiti sa mesnom i ribljom sirovinom.

Slika 4.1. Special Ingredients Meat Glue



Izvor: Amazon (https://www.amazon.de/Special-Ingredients-Fleischkleber-Transglutaminase-Anleitungen/dp/B06ZZJJ166)

Slika 4.2. Vaganje TG prije dodavanja u mljeveno meso



Izvor: vlastito istraživanje

Slika 4.3. Prikaz dodatka TG u meso



Izvor: vlastito istraživanje

Nakon dodavanja TG (slika 4.3.) i oblikovanja kobasica (slika 4.4.), iste su ostavljene na hlađenju na temperaturi od 4 ^{o}C, kako bi enzim mogao djelovati. Nakon 12-satnog hlađenja, kobasice su podvrgnute mjerenju pH vrijednosti, boje, kala kuhanja, sile presijecanja te potom senzorskoj analizi.

Slika 4.4. Oblikovane kobasice označene sa udjelom TG i rednim brojem uzorka



Izvor: vlastito istraživanje

4.2 pH vrijednost

Ionometrijski status mišića (pH vrijednost) izmjeren je ubodnom elektrodom (InLab Solids Pro) pomoću prijenosnog pH-metra seven2 go, Mettler Toledo, Švicarska.

Vrijednosti pH izmjerene su 48 sati (pH 48) post mortem nakon primjene enzima i formiranja kobasica od pilećih prsa.

4.3 Boja

Pokazatelji boje mesa su izmjereni pomoću Minolta kolorimetra (Konica Minolta Chroma Meter CR 400, Osaka, Japan) s 50 mm dijametarskim područjem mjerenja i spektrom boja L*(svjetlina), a*(crvenilo) i b* (žutilo) uz standardnu iluminaciju za meso D-65.

Mjerenje pokazatelja boje je provedeno 48 sati (pH_48) *post mortem* nakon primjene enzima i formiranja kobasica od pilećih prsa. Pokazatelji boje su izmjereni nakon njihove stabilizacije u trajanju od 45 minuta.

Slika 4.5. Prikaz mjerenja vrijednosti boje



Izvor: vlastito istraživanje

4.4 Kalo kuhanja

Kalo kuhanja je određeno na uzorcima kobasica od pilećih prsa. Svaki pojedinačni uzorak, prosječne mase 88 g, je stavljen u nepropusnu vrećicu, otpornu na utjecaj visokih temperatura (slika 4.7.), a zatim u vodu zagrijanu u vodenoj kupelji na temperaturu od 85 °C (slika 4.6.).

Nakon što je u središtu uzorka postignuta temperatura od +75 °C svaki pojedinačni uzorak je ocijeđen i zajedno s nepropusnom vrećicom stavljen u hladnu vodenu kupelj. S ohlađenih uzoraka je odstranjen višak vode te su uzorci izvagani. Kalo kuhanja je izračunato prema sljedećoj formuli, a dobivene vrijednosti su izražene u postotku.

$$Kalo\ kuhanja = \frac{početna\ masa\ uzorka\ (g) -\ masa\ uzorka\ nakon\ hlađenja\ (g)}{početna\ masa\ uzorka\ (g)}\ x\ 100$$

Slika 4.6. Prikaz vodene kupelji sa ubodnim termometrima



Izvor: vlastito istraživanje

Slika 4.7. Kobasica u procesu kuhanja u vodenoj kupelji



Izvor: vlastito istraživanje

Slika 4.8. Poprečni presjek kobasica nakon termičke obrade



Izvor: vlastito istraživanje

4.5 Mekoća mesa

Mekoća pilećih kobasica je utvrđena mjerenjem sile presijecanja uzorka mesa uporabom Instron uređaja (Model 3345, Instron, Canton, MA) opremljenog Warner-Bratzler rezivim sječivom. U tu svrhu su korišteni prethodno iskuhani i ohlađeni uzorci kobasica. Od sveukupno 10 kobasica po tretmanu, njih 4 je korišteno iz svakog tretmana za utvrđivanje WBSF. Svaki od uzoraka je isječen na deset dijelova paralelnih sa smjerom mišićnih vlakana (1 x 1 x 2,5 cm).

Svaki pojedinačni dio uzorka je Warner-Bratzler rezivim sječivom presječen okomito na smjer mišićnih vlakana (slika 4.8.). Dobivena srednja vrijednost sile potrebne da bi se presjekao svaki pojedinačni dio uzorka (isječen na osam dijelova) uzeta je u izračun kao sila presijecanja (engl. Warner-Bratzler shear force; WBSF) te je kao takva za svaki pojedinačni uzorak statistički obrađena.

Slika 4.9. Mjerenje mekoće mesa sa Warner-Bratzler rezivnim sječivom



Izvor: vlastito istraživanje

4.6 Senzorna analiza

Senzorsku analizu je izvršilo 6 educiranih ocjenjivača.

Senzorni testovi su se provodili u dobro osvjetljenim, prozračenim, prostorijama. Koristila se hedonistička skala od 1-7, ocjene opisnog leksikona su sljedeće: 1=jako loše; 2=slabo; 3=loše; 4=osrednje; 5=dobro; 6=vrlo dobro; te 7=odlično. Ocjenjivala su se sljedeća svojstva - boja, miris, izgled presjeka, povratni okus, tekstura odnosno žvakavost, te sveukupna dopadljivost (Tseng i sur., 2000.).

Uzorci su bili uniformnog oblika, te su bili rezani na jednake dijelove, debljine 1,5 cm. Uzorci su bili kodirani, te prezentirani ocjenjivačima nasumično, na bijelim porculanskim tanjurima. Svakom ocjenjivaču prezentiran je triplikat uzoraka. Tijekom senzorske analize ocjenjivačima je bila na raspolaganju voda i kruh kako bi neutralizirali usnu šupljinu i pripremili se za sljedeći uzorak.

Ocijene su izračunate kao srednje vrijednosti pojedinog svojstva te dalje statistički obrađene.

4.7 Statistička obrada podataka

Dobivene vrijednosti istraživanih pokazatelja obrađene su pomoću statističkog programskog paketa SAS v. 94 (SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA).

Opisna statistika fizikalnih i senzorskih svojstava pilećih prsa izračunata je korištenjem procedure MEANS te je prikazana uz pomoć procedure TABULATE, dok je analiza varijance provedena pomoću GLM procedure.

Testiranje razlika između procjena za pojedine tretmane provedeno je Bonferroni testom. Pri tome su razlike između pojedinih tretmana uzimane u obzir kao statistički značajne ukoliko je p-vrijednost $< 0,05$.

5. Rezultati i rasprava

Tablica 1. Osnovni statistički pokazatelji pH vrijednosti (pH_48), pokazatelja boje (L* a* b*), kala kuhanja (CL) i sile presijecanja (WBSF) ovisno o udjelu enzima TG.

Udio/svojstvo		n	$\bar{x}$	Std	CV, %	Min	Maks
0,2	**pH_48**	10	5,88	0,018	0,30	5,85	5,91
	L*48	10	63,53	1,610	2,53	61,77	66,70
	a*_48	10	12,33	0,739	5,99	10,66	13,03
	b*_48	10	19,62	0,842	4,29	18,66	21,58
	CL,%	10	15,51	2,903	18,72	10,17	20,13
	WBSF, N	40	5,03	1,385	27,56	2,46	9,37
0,4	**pH_48**	10	5,90	0,017	0,29	5,87	5,92
	L*_48	10	63,39	1,464	2,31	61,30	66,89
	a*_48	10	13,00	0,640	4,92	12,25	14,30
	b*_48	10	20,44	0,829	4,06	19,28	21,51
	CL, %	10	15,04	2,613	17,37	9,30	17,94
	WBSF, N	40	5,17	1,547	29,94	1,64	9,68
0,6	**pH_48**	10	5,92	0,014	0,24	5,89	5,94
	L*_48	10	61,84	0,639	1,03	60,79	62,79
	a*_48	10	12,39	0,671	5,42	11,40	13,26
	b*_48	10	19,50	0,953	4,89	17,95	20,89
	CL, %	10	14,95	2,496	16,69	9,63	17,45
	WBSF, N	40	5,04	1,446	28,67	2,98	8,04
0,8	**pH_48**	10	5,90	0,015	0,25	5,88	5,92
	L*_48	10	62,02	0,988	1,59	60,41	63,32
	a*_48	10	12,33	0,673	5,45	10,94	13,49
	b*_48	10	19,06	1,022	5,36	16,76	20,39
	CL, %	10	19,97	1,970	9,86	16,73	23,17
	WBSF, N	40	5,90	1,955	33,15	2,08	11,81
1	**pH_48**	10	5,88	0,011	0,18	5,86	5,89
	L*_48	10	61,97	0,864	1,39	60,59	63,52
	a*_48	10	12,79	0,792	6,19	11,78	13,99
	b*_48	10	19,69	0,848	4,30	18,47	21,35

Udio/svojstvo	n	$\bar{x}$	Std	CV, %	Min	Maks
CL, %	10	15,79	2,098	13,29	12,00	20,00
WBSF, N	40	6,74	1,847	27,41	2,75	11,40

n: broj uzoraka; $\bar{x}$: aritmetička srednja vrijednost; Std: standardna devijacija; CV: koeficijent varijabilnosti; Min.: najmanja vrijednost; Maks.: najveća vrijednost

U tablici 1 prikazani su osnovni statistički pokazatelji pH vrijednosti, pokazatelja boje (L* a* b*), kala kuhanja (CL) i sile presijecanja (WBSF) ovisno o udjelu enzima TG. Zbog kompleksnosti tablica svako svojstvo će biti opisano u odnosu na različite udjele enzima TG.

Prosječne pH vrijednosti kobasica su se nalazile u rasponu od 5,88 (0,2 i 1 % TG) do 5,92 (0,6 % TG). Navedene pH vrijednosti su u skladu s onima koje navode Kralik i sur. (2008.). Naime, autori navode da se konačna pH vrijednost pilećih prsnih mišića nalazi u rasponu od 5,6 do 5,9. Koeficijenti varijabilnosti za pH vrijednost kobasica ovisno u udjelu TG su bili redom kako slijedi: 0,30 (0,2 % TG), 0,29 (0,4 % TG), 0,24 (0,6 TG), 0,25 (0,8 TG) i 0,18 (1 % TG). S obzirom da nije bilo znatnijih odstupanja u pH vrijednostima, poprilično niske vrijednosti koeficijenata varijabilnosti su bile očekivane. Minimalne vrijednosti pH kobasica su ovisno o udjelu TG bile sljedeće: 5,85 (0,2 % TG), 5,87 (0,4 % TG), 5,89 (0,6 % TG), 5,88 (0,8 % TG), 5,86 (1 % TG). Maksimalne vrijednosti pH kobasica su ovisno o udjelu TG bile sljedeće: 5,91 (0,2 % TG), 5,92 (0,4 % TG), 5,94 (0,6 % TG), 5,92 (0,8 % TG) i 5,89 (1 % TG).

Prosječne vrijednosti L* pokazatelja boje kobasica su ovisno u udjelu TG bile 63,53 (0,2 % TG), 63,39 (0,4 % TG), 61,84 (0,6 % TG), 62,02 (0,8 % TG) i 61,97 (1 % TG). Prosječne vrijednosti L* pokazatelja boje kobasica su bile znatno veće od onih koje navode Uran i Yilmaz (2018.) te manje od onih koje navode Tseng i sur. (2000.). Uran i Yilmaz (2018.) su istražili pokazatelje kakvoće mesa na pilećim burgerima proizvedenim s različitim udjelima enzima TG. Vrijednosti koje navode autori su bile, ovisno o udjelu TG (0,2 %, 0,4 %, 0,6 %, 0,8 %, 1 %) od 53,78 do 54,93. Nasuprot tome Tseng i sur. (2000) u istraživanju na pilećim okruglicama ovisno o udjelu TG (0,05 %, 0,1 %, 0,2 %, 0,4 %, 1,0 %) navode nešto veće vrijednosti L* pokazatelja boje (od 71,16 do 74,66). Spomenute razlike mogu biti rezultat različitih dodataka korištenih u spomenutim istraživanjima. Naime, Uran i Yilmaz (2018.) su u pripremi pilećih burgera, izuzev pilećih prasa i TG, koristili emulziju masti, posebnu smjesu začina za burgere, antimikrobne dodatke, karmin i nitrite, dok su Tseng i sur. (2000.) koristili svinjsku mast, natrijev klorid, natrijev tripolifosfat, mononatrijev glutamat, šećer i bijeli papar. Koeficijenti varijabilnosti za L* pokazatelj boje kobasica ovisno o udjelu TG su bili u rasponu od 0,25 pa do 2,53. Minimalne vrijednosti za L* pokazatelj boje kobasica su bile 61,77 (0,2 % TG), 61,30 (0,4 % TG), 60,79 (0,6 % TG), 60,41 (0,8 % TG) i 60,59 (1 % TG), dok su maksimalne vrijednosti bile 66,70 (0,2 % TG), 66,89 (0,4 % TG), 62,79 (0,6 % TG), 63,32 (0,8 % TG)

i 63,52 (1 % TG).

Prosječne vrijednosti a* pokazatelja boje pilećih kobasica su ovisno o udjelu enzima TG bile 12,33 (0,2 % TG), 13,00 (0,4 % TG), 12,39 (0,6 % TG), 12,33 (0,8 % TG) i 12,79 (1 % TG). U odnosu na predmetno istraživanje, Uran i Yilmaz (2018.) navode znatno veće vrijednosti a* pokazatelja boje pilećih burgera. Ovisno o udjelu TG, vrijednosti a* pokazatelja su bile u rasponu od 20,79 pa do 23,51. Nasuprot tome, Tseng i sur. (2000.) navode znatno niže vrijednosti a* pokazatelja boje na pilećim okruglicama. Ovisno o udjelu TG vrijednosti a* pokazatelja boje su bile u rasponu od 1,86 do 2,42. Koeficijenti varijabilnosti su za a* pokazatelj boje ovisno o udjelu TG bili u rasponu od 4,92 do 6,19. Minimalne vrijednosti za a* pokazatelj boje kobasica su bile 10,66 (0,2 % TG), 12,25 (0,4 % TG), 11,40 (0,6 % TG), 10,94 (0,8 % TG) i 11,78 (1 % TG), dok su maksimalne vrijednosti bile 13,03 (0,2 % TG), 14,30 (0,4 % TG), 13,26 (0,6 % TG), 13,49 (0,8 % TG) i 13,99 (1 % TG).

Prosječne vrijednosti b* pokazatelja boje su ovisno o udjelu enzima TG bile redom kako slijedi: 19,62 (0,2 % TG), 20,44 (0,4 % TG), 19,50 (0,6 % TG), 19,06 (0,8 % TG) i 19,69 (1 % TG). U odnosu na rezultate predmetnog istraživanja, Uran i Yilmaz (2018.) i Tseng i sur. (2000.) navode znatno niže vrijednosti b* pokazatelja boje. Tako su Yilmaz i Uran (2018.) ovisno o udjelu TG na pilećim burgerima utvrdili vrijednosti b* pokazatelja boje koji je bio u rasponu od 8,32 pa do 9,91. Tseng i sur. (2000.) su ovisno o udjelu TG na pilećim okruglicama utvrdili vrijednosti b* pokazatelja boje koji je bio u rasponu od 11,10 do 13,46. Koeficijenti varijabilnosti su za b* pokazatelj boje ovisno o udjelu TG bili u rasponu od 4,06 pa do 5,36. Minimalne vrijednosti b* pokazatelja boje kobasica su bile 18,66 (0,2 % TG), 19,28 (0,4 % TG), 17,95 (0,6 % TG), 16,76 (0,8 % TG) i 18,47 (1 % TG), dok su maksimalne vrijednosti bile 21,58 (0,2 % TG), 21,51 (0,4 % TG), 20,89 (0,6 % TG), 20,39 (0,8 % TG) i 21,35 (1 % TG).

Prosječne CL vrijednosti (%) su na kobasicama, ovisno o udjelu TG, bile sljedeće: 15,51 (0,2 % TG), 15,04 (0,4 % TG), 14,95 (0,6 % TG), 19,97 (0,8 % TG) i 15,79 (1 % TG). Prosječne vrijednosti ukazuju da su kobasice sa dodatkom TG od 0,8 % imale znatno veći CL od ostalih. Nasuprot tome, Uran i Yilmaz (2018.) su u pilećim burgerima sa dodatkom TG od 0,8 % utvrdili najmanji CL (12,89 %). Uran i Yilmaz. (2018.) su istražili utjecaj dodatka TG (0,5 % i 1 %) na kakvoću pileće paštete. Autori su utvrdili najmanji CL pri dodanom udjelu TG od 1 % (11,48 %). Ističu kako veći sadržaj enzima u smjesi dovodi do manjeg kala pri kuhanju što u predmetnom istraživanju nije bio slučaj. Najmanji koeficijent varijabilnosti za CL je utvrđen u kobasicama sa udjelom TG od 0,8 % (9,86 %), dok je najveći koeficijent varijabilnosti utvrđen u kobasicama sa 0,2 % TG (18,72). Minimalne vrijednosti za CL kobasica su bile 10,17 (0,2 % TG), 9,30 (0,4 % TG), 9,63 (0,6 % TG), 16,73 (0,8 % TG) i 12,0 (1 % TG), dok su maksimalne vrijednosti bile 20,13 (0,2 % TG), 17,94 (0,4 % TG), 17,45 (0,6 % TG), 23,17 (0,8 % TG) i 20,00 (1 % TG).

Prosječne vrijednosti WBSF su, ovisno o udjelu TG, bile redom kako slijedi: 5,03 N

(0,2 % TG), 5,17 N (0,4 % TG), 5,04 N (0,6 % TG), 5,90 N (0,8 % TG) i 6,74 N (1 % TG). Kao što je vidljivo, kobasice sa najvećim udjelom TG (1 %) imaju i znatno veću silu potrebnu za presijecanje. Uran i Yilmaz (2018.) također ističu da s povećanim sadržajem TG dolazi do porasta sile potrebne za presijecanje komada mesa. Isti autori su u istraživanju na pilećim burgerima sa udjelom TG od 1% utvrdili najveću silu potrebnu za njihovo presijecanje (2,89 kgf). Najmanji koeficijent varijabilnosti za WBSF je utvrđen u kobasicama sa udjelom TG od 1 % (27,41 %), dok je najveći koeficijent varijabilnosti utvrđen u kobasicama sa 0,8 % TG (33,15 %). Minimalne vrijednosti za WBSF kobasica su bile 2,46 N (0,2 % TG), 1,64 N (0,4 % TG), 2,98 N (0,6 % TG), 2,08 N (0,8 % TG) i 2,75 N (1 % TG), dok su maksimalne vrijednosti bile 9,37 N (0,2 % TG), 9,68 N (0,4 % TG), 8,04 N (0,6 % TG), 11,81 N (0,8 % TG) i 11,40 N (1 % TG).

Tablica 2. Utjecaj enzima TG na pH vrijednost (pH_48), pokazatelje boje (L* a* b*), kalo kuhanja (CL) i silu presijecanja (WBSF) pilećih kobasica

Udio / Svojstvo	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
pH_48	5,88±0,01^{a}	5,89±0,01^{ac}	5,92±0,01^{b}	5,90±0,01^{bc}	5,87±0,01^{a}
L*	63,53±0,52^{a}	63,39±0,52^{ac}	61,83±0,52^{bd}	62,02±0,52^{ade}	61,97±0,52^{bce}
a*	12,33±0,31	13,00±0,31	12,38±0,31	12,33±0,31	12,79±0,31
b*	19,62±0,40^{ab}	20,44±0,40^{a}	19,50±0,40^{ab}	19,06±0,40^{b}	19,69±0,40^{ab}
CL, %	15,51±0,90^{a}	15,04±0,90^{a}	14,95±0,90^{a}	19,97±0,90^{b}	15,79±0,90^{a}
WBSF, N	4,96±0,41^{a}	5,19±0,41^{a}	4,96±0,41^{a}	5,78±0,41^{ab}	6,72±0,41^{b}

a,b,c, d, e Različita slova u eksponentu u istom redu tablice ukazuju na statistički značajnu razliku između prikazanih vrijednosti (prosječna suma najmanjih kvadrata±standardna pogreška)

U tablici 2. prikazan je utjecaj enzima TG na pH vrijednost (pH_48), pokazatelje boje (L* a* b*), kalo kuhanja (CL) i silu presijecanja (WBSF) pilećih kobasica. Rezultati predmetnog istraživanja ukazuju da se pH vrijednost pilećih kobasica sa udjelom TG od 0,6% (5,92) statistički značajno najviše razlikovala od ostalih pH vrijednosti. Unatoč razlikama, svakako treba navesti kako su sve utvrđene pH vrijednosti u skladu sa onima koje Kralik i sur. (2018.) navode kao uobičajene konačne vrijednosti pilećeg mesa. Istraživanja ukazuju kako različiti udjeli enzima TG statistički značajno ne utječu na pH vrijednosti pileće paštete (Uran i sur., 2013.), mesa pilećih burgera (Uran i Yilmaz, 2018.), te restrukturiranog pačjeg mesa (Setiadi i sur., 2018.).

Vrijednosti L* pokazatelja boje ukazuju na statistički značajne razlike između pilećih kobasica proizvedenih sa različitim udjelima TG. Naime, najveća statistički značajna razlika utvrđena je između pilećih kobasica proizvedenih sa udjelom enzima TG od 0,2 % (63,53) i 1 % (61,97) te između udjela TG od 0,4 % (63,39) i 0,6 % (61,83). Uran i sur.

(2013.) nisu utvrdili statistički značajne razlike u L* pokazatelju boje pileće paštete proizvedene sa udjelom enzima TG od 0,5 % (43,10) i 1 % (42,15). Uran i Yilmaz također ne navode statistički značajne razlike u L* pokazatelju boje pilećih burgera proizvedenih sa udjelom TG od 0,2 % (54,93), 0,4 % (56,53), 0,6 % (53,78), 0,8 % (54,04) i 1 % (54,64).

Dodatak enzima TG statistički nije imao značajan utjecaj na a* pokazatelj boje pilećih kobasica ($p > 0,05$). Uran i sur. (2013.) također nisu utvrdili statistički značajnu razliku između a* pokazatelju boje kod pileće paštete proizvedene sa udjelom TG od 0,5 % (6,98) i 1 % (6,96). Nasuprot tome, Uran i Yilmaz (2018.) su u pilećim burgerima najveću vrijednost a* pokazatelja boje utvrdili kod udjela TG od 0,6 % (23,51), dok je najmanja vrijednost utvrđena kod udjela TG od 0,4 % (20,79). Vrijednost a* pokazatelja boje sa udjelom TG od 0,4 % je ujedno bila i statistički značajno različita od ostalih vrijednosti. Autori ističu kako razlike u a* pokazatelju između ostalih udjela TG nisu bile utvrđene ($p > 0,05$).

Najveća statistički značajna razlika u b* pokazatelju boje pilećih kobasica predmetnog istraživanja utvrđena je kod udjela TG od 0,4 % (20,44) i 0,8 %(19,06), dok razlike između ostalih vrijednosti ovisno o udjelu TG nisu utvrđene. Uran i Yilmaz (2018.) su također utvrdili najveću statističku razliku u b* pokazatelju boje pilećih burgera između udjela TG od 0,4 % (9,36) i 0,8 % (8,96). Nadalje, autori su utvrdili statistički slične vrijednosti b* pokazatelja boje između pilećih burgera proizvedenih sa udjelom TG od 0,2 %, 0,4 %, 0,8 % i 1 %, te pilećih burgera sa udjelom TG od 0,6 % i 0,8%. Uran i sur. (2013.) su u pilećoj pašteti sa udjelom TG od 0,5 % (24,42) i 1 % (23,07) utvrdili statistički značajnu razliku u vrijednostima b* pokazatelja boje.

Kuraishi i sur. (1996.) i Pietrasik i sur. (2007.) navode kako je sposobnost vezanja vode još jedno svojstvo na koje TG ima pozitivan utjecaj. Kod sirovina sa dodatkom TG, poboljšava se svojstvo geliranja, a indirektno se poboljšava i sama sposobnost vezanja vode. Autori ističu da se poboljšanjem ε-(γ-glutamil) lizin peptidne voda više zadržava u sirovini, unatoč temperaturi na kojoj se vrši kasnija obrada. Najveća statistički značajna razlika u CL vrijednostima predmetnog istraživanja utvrđena je kod uzoraka pilećih kobasica sa udjelom od 0,8 % te su pri tom udjelu TG uzorci imali najveći kalo (19,97 %). Razlike između ostalih vrijednosti se nisu statistički značajno razlikovale ($p > 0,05$). Nasuprot tome, Uran i Yilmaz (2018.) su u pilećim burgerima utvrdili najveću statistički značajnu razliku između pilećih burgera sa TG od 1 %, koji su imali ujedno i najmanji kalo (10,47 %). Razlike između pilećih burgera sa udjelima TG od 0,2 %, 0,4 %, 0,6 % i 0,8 % nisu bile statistički značajne. Pri tome svakako treba uzeti u obzir da su pileći burgeri bili termički obrađeni suhom termičkom obradom na roštilju pri temperaturi od 180 °C u trajanju od 5 minuta, dok je u predmetnom istraživanju korištena vlažna termička obrada (vodena kupelj zagrijana na temperaturu od 85 °C, temperatura u središtu proizvoda 75 °C).

U predmetnom istraživanju su utvrđene i statistički značajne razlike u sili potrebnoj

za presijecanje mesa (WBSF). Naime, rezultati ukazuju da je kod kobasica sa najvećim udjelom TG (1 %) potrebno uložiti najveću silu za presijecanje komada mesa (6,72 N). S obzirom da je jedno od ključnih svojstava TG, te ujedno i razlog njegove uporabe u mesnoj industriji, povezivanje miofibrila, povećanje gel strukture i samim time povećanje teksture (Ahhmed i sur., 2009.), značajna razlika u WBSF pri većem udjelu TG je zapravo i očekivana. Izuzev toga, svakako treba uzeti u obzir da razlike u WBSF između kobasica sa TG od 0,2 %, 0,4 % i 0,6 % nisu utvrđene. Uran i Yilmaz (2018.) također nisu utvrdili statistički značajnu razliku u WBSF između pilećih burgera sa udjelom TG od 0,2 % i 0,4 %, kao niti između udjela od 0,6 % i 0,8%. Unatoč tome, autori navode statistički značajnu razliku u WBSF između spomenutih grupa uzoraka, odnosno 0,2 % i 0,4 % vs. 0,6 % i 0,8 %. Kao i u predmetnom istraživanju, autori su najveću statistički značajnu razliku u WBSF utvrdili kod pilećih burgera sa udjelom TG od 1 %. Uran i sur. (2013.) su također utvrdili statistički značajnu razliku u WBSF kod pileće paštete proizvedene sa udjelom TG od 0,5 % i 1 %. Znatno veća WBSF utvrđena je kod pileće paštete proizvedene sa udjelom TG od 1 %.

U Tablici 3 su prikazani svi statistički pokazatelji za ocijenjena senzorna svojstva pilećih kobasica s različitim udjelima enzima TG.

Tablica 3. Osnovni statistički pokazatelji senzorskih svojstava ovisno o udjelu enzima TG

Udio	Svojstvo	N	$\bar{x}$	Std	CV, %	Min	Max
0,2	**Boja**	18	5,00	1,414	28,28	3,00	7,00
	Miris	18	6,29	0,611	9,72	5,00	7,00
	Presjek	18	4,21	0,975	23,13	3,00	6,00
	Povratni Okus	18	5,29	1,383	26,16	3,00	7,00
	Tekstura	18	5,64	1,277	22,64	4,00	7,00
	Dopadljivost	18	5,14	0,770	14,98	4,00	6,00
0,4	**Boja**	18	5,36	1,393	26,00	3,00	7,00
	Miris	18	6,07	0,616	10,14	5,00	7,00
	Presjek	18	4,43	1,284	28,99	3,00	7,00
	Povratni Okus	18	5,00	1,240	24,81	3,00	7,00
	Tekstura	18	4,93	1,385	28,10	3,00	7,00
	Dopadljivost	18	4,79	1,251	26,15	3,00	6,00
0,6	**Boja**	18	4,57	1,342	29,37	3,00	7,00
	Miris	18	5,21	1,311	25,15	3,00	7,00
	Presjek	18	4,50	1,401	31,12	2,00	6,00
	Povratni Okus	18	5,07	1,592	31,38	2,00	7,00
	Tekstura	18	5,29	1,326	25,09	3,00	7,00
	Dopadljivost	18	5,00	1,240	24,81	3,00	6,00
0,8	**Boja**	18	4,93	1,207	24,48	3,00	6,00
	Miris	18	5,64	1,151	20,39	4,00	7,00
	Presjek	18	5,21	1,122	21,51	3,00	7,00
	Povratni Okus	18	5,36	1,550	28,92	3,00	7,00
	Tekstura	18	5,71	1,267	22,17	4,00	7,00
	Dopadljivost	18	5,43	1,089	20,07	4,00	7,00
1	**Boja**	18	5,50	1,506	27,39	3,00	7,00
	Miris	18	5,29	1,383	26,16	3,00	7,00
	Presjek	18	5,64	1,008	17,87	4,00	7,00
	Povratni Okus	18	5,21	1,424	27,31	3,00	7,00
	Tekstura	18	5,29	1,437	27,19	3,00	7,00
	Dopadljivost	18	5,21	1,311	25,15	3,00	7,00

n: broj uzoraka; $\bar{x}$: aritmetička srednja vrijednost; Std: standardna devijacija; CV: koeficijent varijabilnosti; Min.: najmanja vrijednost; Maks.: najveća vrijednost

U tablici 3. prikazani su osnovni statistički pokazatelji senzorskih svojstava kobasica ovisno o udjelu enzima TG. Zbog kompleksnosti tablica svako svojstvo će biti opisano u odnosu na različite udjele enzima TG.

Prosječne vrijednosti za ocjenu boje kobasica, ovisno o udjelu TG, su bile 5,00 (0,2 % TG), 5,36 (0,4 % TG), 4,57 (0,6 % TG), 4,93 (0,8 % TG) i 5,50 (1 % TG). Uran i Yilmaz (2018.) su na pilećim burgerima utvrdili slične vrijednosti za ocjenu boje kobasica. Senzorska analiza je u navedenom istraživanju kao i u predmetnom istraživanju, provedena po hedonističkoj skali Tseng i sur. (2000.) sa ocjenama od 1 do 7. Autori Ovisno udjelu TG na pilećim burgerima utvrđene su sljedeće vrijednosti za boju: 4,75 (0,2 % TG), 5,75 (0,4 % TG), 5,12 (0,6 % TG), 5,25 (0,8 % TG) i 5,50 (1 % TG). Koeficijenti varijabilnosti za boju kobasica su bili u rasponu od 24,48 % (0,8 % TG) pa sve do 26,15 % (0,4 % TG). Utvrđene minimalne vrijednosti su za boju, neovisno o udjelu TG, bile kod svih kobasica 3,00. Maksimalne vrijednosti su za boju, izuzev udjela TG od 0,8 %, kod svih kobasica bile 7,00.

Prosječne vrijednosti za miris kobasica su, ovisno o udjelu TG, bile 6,29 (0,2 % TG), 6,07 (0,4 % TG), 5,21 (0,6 % TG), 5,64 (0,8 % TG) i 5,29 (1 % TG). Uran i Yilmaz (2018.) su na pilećim burgerima utvrdili nešto niže vrijednosti za ocjenu mirisa kobasica. Ovisno udjelu TG na pilećim burgerima utvrđene su sljedeće vrijednosti za miris: 4,50 (0,2 % TG), 4,75 (0,4 % TG), 4,50 (0,6 % TG), 5,37 (0,8 % TG) i 5,37 (1 % TG). Koeficijenti varijabilnosti za miris kobasica su bili u rasponu od 9,72 % (0,2 % TG) pa sve do 26,16 % (1 % TG). Minimalne vrijednosti su za miris kobasica sa udjelom TG od 0,2 i 0,4 bile 5,00, dok su za udjele TG od 0,6 i 1 bile 3, odnosno za udio TG od 0,8 bile 4,00. Maksimalne vrijednosti za miris svih kobasica su, neovisno o udjelu TG, iznosile 7,00.Prosječne vrijednosti za presjek kobasica su bile sljedeće: 4,21 (0,2 % TG), 4,43 (0,4 % TG), 4,50 (0,6 % TG), 5,21 (0,8 % TG) i 5,64 (1 % TG). Koeficijenti varijabilnosti za presjek kobasica su bili u rasponu od 17,87 % (1 % TG) pa sve do 31,12 % (0,6 % TG). Minimalne vrijednosti za presjek kobasica sa udjelom TG od 0,2, 0,4 i 0,8 su bile 3,00, dok su za udio TG od 0,6 bile 2,00, odnosno za udio TG od 1 bile 4,00. Maksimalne vrijednosti za presjek kobasica su za udjele TG od 0,2 i 0,6 iznosile 6,00, dok su za udjele TG od 0,4, 0,8 i 1 iznosile 7,00.

Prosječne vrijednosti za povratni okus kobasica su bile sljedeće: 5,29 (0,2 % TG), 5,00 (0,4 % TG), 5,07 (0,6 % TG), 5,36 (0,8 % TG) i 5,21 (1 % TG). Uran i Yilmaz (2018.) za povratni okus pilećih burgera, ovisno o udjelu TG, navode sljedeće ocjene: 4,37 (0,2 % TG), 5,25 (0,4 % TG), 4,50 (0,6 % TG), 5,37 (0,8 % TG) i 5,50 (1 % TG). Koeficijenti varijabilnosti za povratni okus kobasica su bili u rasponu od 24,81 % (0,4 % TG) pa sve do 31,38 % (0,6 % TG). Minimalne vrijednosti za povratni okus su za sve kobasice, izuzev udjela TG od 0,6 iznosile 3,00. Maksimalne vrijednosti za povratni okus su kod svih kobasica iznosile 7,00.

Prosječne vrijednosti za teksturu kobasica su bile sljedeće: 5,64 (0,2 % TG), 4,93 (0,4 % TG), 5,29 (0,6 % TG), 5,71 (0,8 % TG) i 5,29 (1 % TG). Uran i Yilmaz (2018.) za teksturu pilećih burgera navode sljedeće ocjene: 5,25 (0,2 % TG), 5,87 (0,4 % TG), 4,50 (0,6 % TG), 6,12 (0,8 % TG) i 5,75 (1 % TG). Kao i kod predmetnog istraživanja najveće ocjene za teksturu utvrđene su kod pilećih burgera sa dodatkom TG od 0,8. Koeficijenti varijabilnosti za teksturu kobasica su bili u rasponu od 22,17 % (0,8 % TG) pa sve do 28,10 % (0,4 % TG). Minimalne vrijednosti za teksturu kobasica sa udjelima TG od 0,2 i 0,8 su iznosile 3,00, dok su kod kobasica sa udjelima TG od 0,4, 0,6 i 0,8 iznosile 3,00.

Prosječne vrijednosti za sveukupnu dopadljivost kobasica su bile redom kako slijedi: 5,14 (0,2 % TG), 4,79 (0,4 % TG), 5,00 (0,6 % TG), 5,43 (0,8 % TG) i 5,21 (1 % TG). Uran i Yilmaz (2018.) za dopadljivost pilećih burgera navode sljedeće ocjene: 4,71 (0,2 % TG), 5,40 (0,4 % TG), 4,65 (0,6 % TG), 5,52 (0,8 % TG) i 5,53 (1 % TG). Koeficijenti varijabilnosti za sveukupnu dopadljivost kobasica su bili u rasponu od 14,98 % (0,2 % TG) pa sve do 26,15 % (0,4 % TG). Minimalne vrijednosti za sveukupnu dopadljivost su za kobasice s udjelima TG od 0,2 i 0,8 iznosile 4,00, dok su za udjele TG od 0,4, 0,6 i 1 iznosile 3,00.

Tablica 4. Utjecaj enzima TG na senzorska svojstva pilećih kobasica

Udio / Svojstvo	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
Boja	5,33±0,82	5,66±0,82	5,0±0,82	5,0±0,82	5,83±0,82
Miris	6,50±0,64	6,33±0,64	5,50±0,64	5,50±0,64	5,66±0,64
Presjek	4,33±0,54	4,33±0,54	4,83±0,54	5,33±0,54	5,50±0,54
Okus	5,50±0,78	5,00±0,78	5,16±0,78	5,16±0,78	5,50±0,78
Tekstura	5,53±0,71	4,83±0,71	5,33±0,71	5,66±0,71	5,66±0,71
Dopadljivost	5,16±0,63	5,00±0,63	5,16±0,63	5,16±0,63	5,33±0,63

Statistički značajna razlika između prikazanih vrijednosti (prosječna suma najmanjih kvadrata±standardna pogreška) nije utvrđena; p>0,05

U tablici 4. je prikazan utjecaj enzima TG na senzorska svojstva pilećih kobasica. Predmetnim istraživanjem nije utvrđen značajan utjecaj dodatka enzima TG na istraživana senzorska svojstva pilećih kobasica. Pri tome treba svakako navesti kako se većina ocjena nalazila u višem, pozitivnom opisu ocjena. Izuzev nešto 'lošijih' ocjena presjeka označenih u opisnom leksikonu kao osrednjih i ocjene teksture kod kobasice sa udjelom TG od 0,4 % (tablica 4.), vidljivo je su sve ostale ocjene prema opisnom leksikonu bile opisane kao dobre i vrlo dobre (ocjena 5=dobra; ocjena 6=vrlo dobra). Rezultati predmetnog istraživanja su u skladu sa istraživanjem Uran i Yilmaz (2018.) na pilećim

burgerima. Autori su također utvrdili da udjeli enzima TG (0,2 %, 0,6 %, 0,8 %, 1%) ne utječu značajno na svojstva boje, okusa, mirisa, teksture i sveukupne dopadljivosti.

Također, autori ističu kako niti jedno svojstvo nije ocijenjeno negativno od strane panela. Uzimajući u obzir ocjene opisnog leksikona (1=jako loše; 2=slabo; 3=loše; 4=osrednje; 5=dobro; 6=vrlo dobro; 7=odlično) većina svojstava je bila opisana kao dobra. Tseng i sur. (2000.) su istraživali utjecaj dodatka enzima TG (0,05%, 0,1 %, 0,2 %, 0,4 %, 1 %) na senzorska svojstva pilećih okruglica. Istraživanjem je utvrđeno da dodatak enzima TG ne utječe značajno na izgled, boju i okus pilećih okruglica. Međutim, istraživanjem su utvrđene značajne razlike u teksturi, sočnosti i sveukupnoj dopadljivosti pilećih okruglica. Naime, utvrđena je značajna razlika u percepciji teksture, sočnosti i sveukupne dopadljivosti pilećih okruglica sa dodatkom enzima TG od 1 %, dok razlike između ostalih udjela TG (0,05%, 0,1 %, 0,2 %, 0,4 %) nisu utvrđene. Unatoč tome, uzimajući opisni leksikon (isti opisni leksikon kao i u predmetnom istraživanju) većina svojstava je bila opisana kao dobra.

6. Zaključak

Vrijednost pH kod pilećih kobasica sa udjelom TG od 0,6% statistički se značajno najviše razlikovala u odnosu na ostale tretmane. Unatoč tome, sve utvrđene pH vrijednosti pilećih kobasica su u skladu sa onima koje se navode kao uobičajene konačne vrijednosti pilećeg mesa.

Najveća statistički značajna razlika u L* pokazatelju boje utvrđena je između pilećih kobasica proizvedenih sa udjelom enzima TG od 0,2 % i 1 %, te između udjela TG od 0,4 % i 0,6 %, dok je najveća statistički značajna razlika u b* pokazatelju boje pilećih kobasica utvrđena kod udjela TG od 0,4 % i 0,8 %.

Najveće kalo kuhanja je utvrđeno u pilećim kobasicama sa udjelom enzima TG od 0,8 %, dok je kod kobasica sa najvećim udjelom TG (1 %) potrebno uložiti najveću silu za presijecanje komada mesa.

Predmetnim istraživanjem nije utvrđen značajan utjecaj dodatka enzima TG na istraživana senzorska svojstva pilećih kobasica. Pri tome treba svakako navesti kako se većina ocjena nalazila u višem, pozitivnom opisu ocjena. Gotovo sve ocijene se nalaze u gornjoj polovici skale ocjena korištenog opisnog leksikona.

S obzirom da ne postoje u potpunosti komparabilna istraživanja vezana uz utjecaj enzima TG na boju, kalo kuhanja i silu presjecanja pilećeg mesa svakako su nužna dodatna istraživanja. Rezultati predmetnog istraživanja bi trebali doprinijeti daljnjem istraživanju enzima i njegovih pozitivnih utjecaja na meso, kojih ima više nego dovoljno kako bi isti ostao relevantan u ovom području.

7. Popis literature

1. Ahhmed A.M., Kawahara S., Ohta K., Nakade K., Soeda T., Muguruma M. (2007). Differentiation in improvements of gel strength in chicken and beef sausages induced by transglutaminase. Meat Science. 76(3): 455-462.

2. Allen C.D., Fletcher D.L., Northcutt J.K., Rusell S.M. (1998). The relationship of broiler breast color to meat quality and shelf life. Poultry Science. 77: 361-366.

3. Amirdivani S., Khorshidian N., Fidelis M., Granato, D., Koushki, M.R., Mohammadi, M., Khoshtinat, K., Mortazavian, A.M. (2018). Effects of transglutaminase on health properties of food products. Current Opinion in Food Science. 22: 74-80.

4. Anadon HLS. (2002). Biological, nutritional, and processing factors affecting breast meat quality of broilers. Virginia Polytechnic Institute and State University. SAD

5. Ando H., Adachi M., Umeda K., Matsuura A., Nonaka M., Uchio R., Tanaka H., Motoki M. (1989). Purification and Characteristics of a Novel Transglutaminase Derived from Microorganisms. Agricultural and Biological Chemistry. 53: 2613-2617.

6. Andrés-Bello A., Barreto-Palacios V., García-Segovia P. (2013). Effect of pH on Color and Texture of Food Products. Food Engineering. 5: 158-170.

7. Barbantia D., Pasquinib M. (2004). Influence of cooking conditions on cooking loss and tenderness of raw and marinated chicken breast meat. Department of Industrial Engineering, Food Technology Area, University of Parma. Italy.

8. Bianchi M., Fletcher D.L., Smith D.P. (2005). Physical and functional properties of whole and ground pale broiler breast meat. Polutry Science. 84: 803-808.

9. Bratzler L.J. (1971). Palatability factors and evaluations. In The Science of Meat and Meat Products. W. H. Freeman and Company. San Francisco, California

10. Calkins C.R., Hodgen J.M. (2007). A fresh look at meat flavour. Meat Science. 77: 63-80.

11. Carballo J., Ayo J., Jimenez-Colmenero F. (2006). Microbial transglutaminase and caseinate as cold set binders: Influence of meat species and chilling storage. LWT – Food Science and Technology. 39: 692-699.

12. Carpenter Z. L. (1962). The histological and physical characteristics of pork muscle and their relationship to quality. Ph.D. Dissertation. University of Wisconsin,

Madison, SAD.

13. Castro Marques A., Marostica Jr. M.R., Pastore G.M. (2010). Some Nutritional, Technological and Environmental Advances in the Use of Enzymes in Meat Products - Review Article. School of Food Engineering, University of Campinas, Brazil. SAGE-Hindawi Access to Research. Enzyme Research, Volume 2010.

14. CIE. (1986). Colorimetry. 2nd Edition. CIE Publications, 15.2 Commission Intemationale de l'Eciairage, Vienna.

15. Clarke D.D., Mycek M.J., Neidle A., Waelsch H. (1959). The incorporation of amines into protein. Archives of Biochemistry and Biophysics. 79: 338-354.

16. Cover S., Hostetler R.L. (1960). An examination of some theories about beef tenderness by using new methods. Texas Agricultural Extension Service. Bullett 947.

17. Cross H.R., Carpenter Z.L., Smith G.C. (1973). Effects of intramuscular collagen and elastin on bovine muscle tenderness. Journal of Food Science. 38: 998.

18. Cui L., Du G., Zhang D., Liu H., Chen, J. (2007). Purification and characterization of transglutaminase from a newly isolated Streptomyces hygroscopicus. Food Chemistry. 05: 612-618.

19. Darloman, I. (2018). Microbial transglutaminase: a review on current concerning aspects. Faculty of Veterinary, Departament of Animal and Food Science. Universitat Autonoma de Barcelona. Spain.

20. Souza C.F.V, Venzke J. G., Flôres S.H., Ayub M.A.Z. (2011). Enzymatic properties of transglutaminase produced by a new strain of Bacillus circulans BL32 and its action over food proteins. Food Science & Technology Institute (ICTA), Porto Alegre, RS, Brazil. LWT - Food Science and Technology. 44: 443-450.

21. Erdem N., Babaoğlu A.S., Poçan H.B., Karakaya M. (2020). The effect of transglutaminase on some quality properties of beef, chicken, and turkey meatballs. Periodicals LLC., Journal of Food Processing and Preservation.

22. Feiner G. (2006). Meat products handbook. Practical science and technology. CRC Press Boca Raton, Boston, New York, Washington, DC.

23. Fletcher DL. (2002). Poultry meat quality. World's Poultry Science Journal. 58(2): 131-145.

24. Food Insight. Questions and Answers about Transglutaminase (TG).

https://www.foodinsight.org/Questions_and_Answers_about_Transglutaminase_TG_ - (pristupljeno 25.09.2020.)

25. Gerber U., Jucknischke U., Putzien S., Fuchsbauer HL. (1994). A rapid and simple method for the purification of transglutaminase from Streptoverticillium mobaraense. Biochemistry Journal. 299: 825-829.

26. Graberec I. (2016). Utjecaj dodatka ortofosforne kiseline u tovu pilića na fizikalno-kemijska svojstva mesa. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet.

27. Griffin M., Casadio R., Bergamini C, M. (2002). Transglutaminases: Nature's biological glues. The Biocemical Journal. 368(2): 377-396.

28. Herrero A.M., Cambero M., Ordóñez J., De la Hoz L., Carmona, P. (2008). Raman spectroscopy study of the structural effect of microbial transglutaminase on meat systems and its relationship with textural characteristics. Food Chemistry. 109(1): 25-32.

29. Ho M.L., Leu S.Z., Hsieh J.F., Jiang S.T. (2000). Technical approach to simplify then purification method and characterization of microbial transglutaminase produced from Streptoverticillium ladakanum. Journal of Food Science. 65: 76-80.

30. Kaić A. (2013). Fizikalno-kemijska svojstva mesa i sastav trupa janjadi ličke pramenke. Doktorski rad. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zagreb.

31. Kang Z.L., Li X., Ma H.J. (2017). Effect of the levels of transglutaminase in frankfurters: a physical–chemical and Raman spectroscopy study, CyTA - Journal of Food, 15:1.

32. Kieliszek M., Misiewicz A. (2014). Microbial transglutaminase and its application in the food industry. Folia Microbiologica Jurnal. 59: 241-250.

33. Kovačević D. (2001). Kemija i tehnologija mesa i ribe. Sveučilište J.J. Strossmayera. Prehrambeno-tehnološki fakultet. Osijek.

34. Kralik G., Has-Schon E., Kralik D., Šperanda M. (2008). Peradarstvo – biološki i zootehnički principi. Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku i Sveučilište u Mostaru. Osijek.

35. Kralik Z., Kralik G., Grčević M., Hanžek D., Biazik E. (2013). Pokazatelji tehnoloških svojstava prsnog mišićnog tkiva različitih genotipova pilića. Zbornik radova 48. hrvatskog i 8. međunarodnog simpozija agronoma, Dubrovnik. 755-759.

36. Kuraish C., Yamazaki K., Susa Y. (2001). Transglutaminase: Its Utilization In The

Food Industry, Food Reviews International. 17(2): 221-246.

37. Kuraishi C., Sakamoto J., Soeda T. (1996). The Usefulness of Transglutaminase for Food Processing. American Chemical Society 637: 29-38.

38. Lantto R., Puolanne E., Katina K., Niemistö M., Buchert J., Autio, K. (2007). Effect of laccase and transglutaminase on the textural and water-binding properties of cooked chicken breast meat gels. European Food Research and Technology. 225(1): 75–83.

39. Lawless H.T., Heymann H. (2010). Sensory Evaluation of Food, Principles and Practices, 2nd Edition. Springer Science+Business Media, New York, SAD.

40. Lawrie R. A. (1966). The eating quality of meat. Meat Science. Pergamon Press, London, England.

41. Lawrie R.A., Ledward D.A. (2006). Lawrie's Meat Science, 7th Edition, Woodhouse Publishers, Cambridge, UK.

42. MacDougall D.B., (1994). Colour of meat. Quality Attributes and their Measurement in Meat, Poultry and Fish Products. Advances in Meat Research, 9. Springer, Boston.

43. Marsh B.B., Leet N.G. (1966). Studies in meat tenderness. 3. The effects of cold shortening on tenderness. Journal of Food Science. 31: 450.

44. Meek K.I., Claus J.R., Duncan S.E., Marriott N.G., Solomon M.B., Kathman S.J., Marini M.E. (2000). Quality and sensory characteristics of selected post rigor, early deboned broiler breast meat tenderized using hydrodynamic shock waves. Poulty Science. 79: 126-136.

45. Melton SL. (1999). Current status of meat flavour. Quality attributes of muscle foods. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers. 115-130.

46. Miller R.K. (1994). Muscle Foods, Meat, Poulty and Seafood Technology. Springer-Science+Business Media, Bv.

47. Mir N.A., Rafiq A., Kumar F., Singh V. (2017). Determinants of broiler chicken meat quality and factors affecting them: a review. Journal of Food Science Technology. 54(10): 2997-3009.

48. Monin G. (2004). Coversion od Muscle to Meat: Colour and texture deviations. U: Jensen W.K. (ur.) Encyclopedia of Meat Scineces. Elsevier Academic Press UK. 323-330.

49. Mostafa H. S. (2020). Microbial transglutaminase: An overview of recent applications in food and packaging. Biocatalysis and Biotransformation.

50. Motoki M., Nio N., Takinami K. (1984). Functional Properties of Food Proteins Polymerized by Transglutaminase. Agricultural and Biological Chemistry. 48: 1257-1261.

51. Motoki M., Segurob K. (1989). Transglutaminase and its use for food processing. Trends in Food Science & Technology. 9(5): 204-210.

52. Mugler D.J., Cunningham F.E. (1972). Factors affecting poultry meat color: a review. World's Poultry Science Journal. 28: 400-406.

53. Northcutt J.K. (2009). Factors affecting poultry meat quality. Bulletin 1157. The University of Georgia, Cooperative Extension, College of Agriculture Science and Environmental Science & Family and Consumer Sciences.

54. Orts F.A., Smith G.C., Hostetler R.L. (1971). Tenderstretch. Texas A&M University. Texas Agricultural Extension Service. Bullet L-1003.

55. Pavelić M. (2014). pH vrijednost i boja mesa tovnih pilića, Diplomski rad, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek.

56. Pietrasik Z., Jarmoluk A., Shand P.J. (2007). Effect of non-meat proteins on hydration and textural properties of pork meat gels enhanced with microbial transglutaminase. LWT-Food Science and Technology. 40(5): 915-920.

57. Pisano, J.J., Finlayson, J.S., Peyton, M.P. (1968). Cross-link in fibrin oilymerized by factor 13: ε-(γ-glutamyl) lysine. Science. 160: 892-893.

58. Quarrier E., Carpenter Z.L., Smith G.C. (1972). A physical method to increase tenderness in lamb carcasses. Journal of Food Sciences. 37: 130.

59. Resurreccion A.V.A. (2002). Sensory aspects of consumer choices for meat and meat products. Department of Food Science and Technology, University of Georgia, SAD.

60. Setiadi, Sah W.I., Alisha, N. (2018). The Influences of transglutaminase enzyme dosage on the meat characteristic from restructuring the animal and vegetable protein sources. Bioprocess Engineering Study Program, Departement of Chemical Engineering, Faculty of Engineering Universitas Indonesia, Indonesia. E3S Web of Conferences 67.

61. Shimba N., Yokoyama Y., Suzuki E. (2002). NMR-based screening method for

transglutaminases: rapid analysis of their substrate specificities and reaction rates. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 50: 1330-1334.

62. Smith, G.C., Arango T.C., Carpenter Z.L. (1971). Effects of physical and mechanical treatments on the tenderness of the beef longissimus. Journal of Food Science. 36: 445.

63. Solo, J. (2016). Meat Quality and Sensory Analysis of Broiler Breast Fillets with Woody Breast Muscle Myopathy, University of Arkansas, Fayetteville, SAD.

64. Toldrá F., Aristoy M.C. (2010). Dry-cured ham. in Toldrá F. Handbook of meat procesing. Blackwell Publishing, Iowa USA. 351-362.

65. Trespalacios P., Pla R. (2007). Simultaneous application of transglutaminase and high pressure to improve functional properties of chicken meat gels. Food Chemistry. 100(1): 264-272.

66. Tseng T.F., Liu D.C., Chen M.T. (2000). Evaluation of transglutaminase on the quality of low-salt chicken meat-balls. Meat Science. 55(4): 427-431.

67. Uran H., Yilmaz I. (2018). A research on determination of quality characteristics of chicken burgers produced with transglutaminase supplementation. Food Science and Technology. 38(1).

68. Washizu K, Ando K, Koikeda S, Hiros S, Matsuura A, Takagi H, Motoki M, Takeuchi K. (1994). Molecular cloning of the gene for microbial transglutaminase from Streptoverticillium and its expression in Streptomyces lividans. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry. 58(1): 82–87.

69. Weir C.E. (1960). Palatability characteristics of meat. In The Science of Meat and Meat Products. W. H. Freeman and Company, San Francisco, California, SAD.

70. Zhu Y., Rinzema A., Tramper J., Bol J. (1995). Microbial Transglutaminase: A Review of Its Production and Application in Food Processing. Applied Microbiology and Biotechnology. 44: 277-282.

8. Popis priloga

8.1 Popis slika

Slika 3.1.	Proces dobivanja mikrobne transglutaminaze	4
Slika 3.2.	Prikaz kemijske reakcije prilikom djelovanja TG	6
Slika 3.3.	Enzimska aktivnost transglutaminaze	7
Slika 4.1.	Special Ingredients Meat Glue	17
Slika 4.2.	Vaganje TG prije dodavanja u mljeveno meso	18
Slika 4.3.	Prikaz dodatka TG u meso	18
Slika 4.4.	Oblikovane kobasice označene sa udjelom TG i rednim brojem uzorka	19
Slika 4.5.	Prikaz mjerenja vrijednosti boje	20
Slika 4.6.	Prikaz vodene kupelji sa ubodnim termometrima	21
Slika 4.7.	Kobasica u procesu kuhanja u vodenoj kupelji	22
Slika 4.8.	Poprečni presjek kobasica nakon termičke obrade	22
Slika 4.9.	Mjerenje mekoće mesa sa Warner-Bratzler rezivnim sječivom	23

8.2 Popis tablica

Tablica 1.	Osnovni statistički pokazatelji pH vrijednosti, pokazatelja boje (L* a* b*), kala kuhanja (CL) i sile presijecanja (WBSF) ovisno o udjelu enzima TG	25
Tablica 2	Utjecaj enzima transglutaminaze na pH vrijednost (pH_48), pokazatelje boje (L* a* b*), kalo kuhanja (CL) i silu presijecanja (WBSF) pilećih kobasica	28
Tablica 3.	Osnovni statistički pokazatelji senzorskih svojstava ovisno o udjelu enzima TG	31
Tablica 4.	Utjecaj enzima transglutaminaze na senzorska svojstva pilećih kobasica	33

Životopis

Monika Šikić je rođena 13.11.1990. u Vinkovcima, te je odselila 1991. godine u Zagreb, zbog ratnih previranja na istoku Hrvatske. Odrasla u Zagrebu, te je 1997. godine upisala Osnovnu školu Stenjevec, tamo je završila prvi razred. Preostalih 7 razreda osnovne škole je završila u Osnovnoj školi „Ivo Andrić“ 2005. godine.

Po završetku osnovne škole upisala je Grafičku školu, za zvanje grafički dizajner-urednik. Srednjoškolsko obrazovanje je završila 2009. godine, a iste godine je upisala Fakultet političkih znanosti u Zagrebu. Na Agronomski fakultet, smjer Animalne znanosti upisuje se 2012. godine. 2018. godine je postala prvostupnica animalnih znanosti obranivši rad pod naslovom *Upotreba enzima transglutaminaze u mesnoj industriji* pod mentorstvom izv. prof. dr. sc. Ivice Kosa. Diplomski studij Proizvodnja i prerada mesa na Agronomskom fakultetu u Zagrebu upisala je 2018. godine.

2019. godine postala je certificirani Voditelj izrade i provedbe projekata financiranih iz EU fondova na Sveučilištu Algebra.

Za vrijeme studiranja na Agronomskom fakultetu samostalno se financirala.