

Квалитет сировог меса

Радослав Грујић

Сажетак. Бројни фактори *ante mortem* и *post mortem* утичу на квалитет сировог меса добијеног клањем животиња. Кроз досадашња научна истраживања дошло се до сазнања о врсти фактора и њиховом дјеловању на постморталне биохемијске промјене и утицају на формирање меса са измијењеним својствима, односно на снижење укупног квалитета сировог меса.

Учесници у ланцу снабдјевања месом, а посебно сточарство и кланична индустрија, заједнички раде на обезбјеђењу довољне количине сировог меса за цјелокупно становништво и потребе индустрије прераде меса. Очекивања потошача и прерађивача сировог меса су јасни. Од произвођача сировог меса они захтијевају да месо које пласирано на тржиште буде безбједно у исхрани и да му је цијена приступачна. Захтјева се да током производње примјењују методе које уважавају принципе добробити животиња и минимално утичу на животну средину.

Јасно одређење својстава која дефинишу квалитет сировог меса и примјена система за управљање процесима за осигурање квалитета и безбједности и прецизних параметара квалитета током оцјењивања сировог меса (у труповима, полуткама, комадима меса) доприносе учвршћењу веза у ланцу снабдјевања, повећавајући повјерење између

Цитирање: Грујић Р (2021) Квалитет сировог меса. У: Тркуља Р, Грујић Р, Пржуљ Н (уредници) Прехрамбени и економски значај сточарства. Академија наука и умјетности Републике Српске, Бања Лука, Монографија XLVII:167–230

Cite as: Grujić R (2021) Quality of raw meat. In: Trkulja R, Grujić R, Pržulj N (eds) Nutritional and economic importance of livestock. Academy of Sciences and Arts of the Republic of Srpska, Banja Luka, Monograph XLVII:167–230

заинтересованих страна (на примјер, сточара, кланица, индустрије прераде меса, велетрговаца и малопродаје) и повјерења код потрошача сировог меса.

Кључне ријечи: Говеђе месо, свињско месо, овчије месо, очекивање потрошача, квалитет меса, класирање трупова

4.1. Увод

Појам „**месо** животиња за клање, перади и дивљачи“ обухвата све јестиве дијелове домаћих папкара (говеда, свиње, овце, козе) и копитара (коњи, магарци, муле и мазге), те месо перади (кокоши, ћурке, гуске, пловке, морке и питоми голубови), лагоморфа, ситне и крупне дивљачи (зечеви, дивље свиње, дивокозе, јелени, срне, медвједи, јаребице, препелице, дивље гуске, дивље пловке, дивљи голубови, грлице и фазани). Месо чине скелетна мускулатура са припадајућим везивним и масним ткивом, костима и хрскавицом, крвним и лимфним чворовима и живцима (Анон 1974). Под јестивим дијеловима животиња за клање, перади и дивљачи, а који се не сматрају месом у смислу поменутог правилника, спадају: масно ткиво (поткожно масно ткиво, сало, опорци и лој) и унутрашњи органи или изнутрице. Према статистичким подацима, највише се конзумирају месо говеда и перади (месо кокошки и месо ћурки), затим месо свиња и оваца, те месо неких врста дивљачи (на примјер, месо патака) (Henchion et al. 2014).

Под појмом „**квалитет меса**“ подразумијевају се својстава меса која утичу на прихватљивост меса приликом куповине, конзумирања или код избора меса као сировине за прераду (Purslow 2017a). Прва група фактора, која дефинишу квалитет сировог меса, повезана је са својствима меса добијеним перцепцијом помоћу чула (изглед, боја, мирис, укус, текстура - посебно њежност и сочност). Друга група традиционалних фактора квалитета, којима се обично изражава „свјежина“, односи се на информације о томе да ли месо садржи патогене микроорганизме, паразите или токсичне материје, односно да ли је месо безбједно за конзумирање. Небезбједно месо није прихватљиво за конзумирање, те се његов квалитет у овом случају даље не посматра. Понекад својства меса подсјећају на својства поквареног (небезбједног) меса иако се ради о безбједном месу. Најчешће се ради о тзв. „старом месу“, мада у неким случајевима то месо може бити и потпуно свјеже. Месо које личи на „старо месо“, од стране потрошача бива лоше оцијењено и сврстано у категорију производа неприхватљивих за употребу.

На дефиницију квалитета меса утичу личне и колективне преференције, које су зависне од промјена у друштву. У првој половини XX вијека најзначајније је било осигурати производњу довољне количине безбједног меса. У том периоду најважнији параметри квалитета, који су наглашавани приликом куповине или потрошње меса, односили су се на она својства која се могу видјети, чути или осјетити (изглед, укус, мирис, боја). Крајем XX и на почетку XXI вијека потрошачи, произвођачи и дистрибутери су промијенили став у односу на квалитет сировог меса. До изражаја све више долазе критеријуми који су повезани са начином производње меса и који се не могу открити једноставним физичким, хемијским или сензорним методама. Ови параметри квалитета су усмјерени на добробит животиња, храњиву вриједност меса, здравље људи и утицај производње меса на животну средину. Другим ријечима, добробит животиња, добробит потрошача меса и добробит друштва у цјелини постали су главни атрибути система производње и прераде меса (Grunert 2005). Савремено поимање квалитета меса заснива се на јакој вези традиционалног сватања квалитета (укључујући безбједност), перцепције потрошача и модерних техника за мјерење, праћење и предвиђање квалитета меса.

Квалитет меса обухвата скуп фактора који указују на то да ли је месо погодно за конзумацију или није (Таћери-Гараванд et al. 2019; Грујић S et al. 2013; Грујић S i Грујић 2017). Током куповине меса потрошачи доносе одлуку на бази искуства, док се као главни фактори који дефинишу квалитет приликом припреме меса сматрају визуелна идентификација боје, садржај интрамускуларне масти или мраморираност, способност задржавања воде, мирис, њежност и сочност меса, док током припреме и конзумирања меса укус има главну улогу.

У циљу унапређења квалитета сировог меса истражују се бројни фактори (на примјер, раса, услови узгоја, начин ихране животиња, стање животиње у моменту клања, услови прије клања и услови прераде меса (Acevedo-Giraldo et al. 2020; Qin et al 2020; Munekata et al. 2021; Gagaoua et al. 2019). Утицај наведених фактора потребно је пратити током цијелог ланца хране/исхране (односно, ланца снабдевања месом) (Novaković et al. 2015). У овом случају комбиновано се примјењују биохемијске и механичке методе мјерења. Као индикатори квалитета меса често се користе одређене молекуле (на примјер, масне киселине) или физичка својства (на примјер, рН или сила смицања). У новије вријеме, напредак аналитичких технологија и алата за биоинформатику омогућио је дубље истраживање биолошких процеса који укључују генетску експресију, физиолошке реакције, активност ензима и друге метаболичке процесе који утичу на коначни квалитет меса (Munekata et al. 2021).

На квалитет сировог меса и производа од меса утичу поступци који се примјењују током складиштења и обраде меса: хлађење, смрзавање (Грујић et al. 1993; Petrović et al. 1993; Babić i sar. 2007), топлотна обрада (Грујић et al. 2014; Vujadinović et al. 2014a; Vujadinović et al. 2014b), начин паковања (Грујић et al. 2010) и други.

4.2. Значај меса у исхрани људи

Током историје и свога постојања људи конзумирају месо. Сматра се да је месо значајно утицало на развој људске врсте (Pereira and Vicente 2017). У досадашњем развоју цивилизације, могу се запазити четири фазе производње и потрошње меса: (1) период у којем људи нису планирали лов и лов животиња је био случајан, (2) период у којем је човјек свакодневно ловио више животиња чиме је обезбјеђивао већу количину меса од тренутних потреба, (3) период у којем је човјек припитомио неке животиње и култивисао биљке и (4) период планске производње, прераде и потрошње меса у савременим условима.

Потрошња меса (по глави становника и укупна потрошња) у свијету је веома висока. У последњим деценијама ниво потрошње меса је достигао максимум. У складу са све већим бројем становништва у свијету и растом прихода, очекује се да ће потрошња меса и даље расти (Tilman and Clark 2014). Раст ће посебно бити видљив у земљама у развоју, док су у богатим земљама из здравствених и еколошких разлога, те бриге о животињама, присутни јаки покрети који „конзумирање меса“ доводе у питање (Henchion et al. 2017). У складу са тим, чине се различити покушаји да се потрошња меса смањи (Mathijs 2015). Будућа истраживања треба да дају одговоре на низ етичких питања у вези са производњом и конзумирањем меса и низ питања везаних за одрживост производње меса (Henchion et al. 2017; Јањић и Грујић 2020).

4.3. Очекивања потрошача меса

Потрошачке перцепције о улози меса у исхрани се мијењају. У будућности ће вјероватно бити пожељније месо које је произведено (у мањој количини) у интегрисаним, етички прихватљивијим и сертификованим система производње, него месо из масовне производње током које је показана мања брига за добробит животиња (Smil 2014; Rothgerber 2015). Како би се ова очекивања потрошача испунила биће неопходно провести детаљну трансформацију пољопривредних система (Nocquette et al. 2014; Jacob and Pethick 2014). У будућности ће производња меса бити усмјерена на

испуњење захтјева потрошача за високим квалитетом меса, које има пожељан укус и друга сензорна својства.

Могућност да се успостави равнотежа између расположивости меса и задовољења нутритивних потреба потрошача, са једне стране, и унутрашњих и вањских фактора, са друге стране, зависи од локалних обичаја и стања економије сваке државе (Purslow 2017б). У неким државама у развоју за потрошаче су најзначајнији цијена, доступност меса и континуитет снабдјевања. Након испуњења захтјева везаног за континуирано снабдјевање месом, у први план се истичу употребна вриједност меса и задовољење нутритивних потреба. Када је и овај захтјев задовољен, сензорне особине меса (изглед, боја, укус, текстура) постају доминантан фактор квалитета. Са друге стране, потрошачи у земљама са врло високим бруто националним дохотком наглашавају питања о добробити животиња, здрављу људи и еколошкој одрживости производње меса. У најразвијенијим државама, у принципу, присутна је тенденција опадања потрошње меса. Међутим, у свим породицама (осим у најсиромашнијим) у државама у развоју и даље је присутна висока потрошња меса, јер је месо, према локалним навикама и обичајима, најзначајнија намирница у исхрани становништва.

Све већа потражња за месом има директан и значајан утицај на стратегију и програме развоја сточарства и начин исхране животиња. Основни циљ интензивне селекције животиња за производњу меса усмјерен је на повећање ефикасности производње меса, која се посматра кроз дневни прираст и меснатост трупова. Та настојања су довела до повећања брзине раста, боље конверзије хране, те већег удјела кртог меса у трупу, смањења дебљине масног ткива и нижег садржаја укупних масти у трупу (Guo and Dalrymple 2017; Schwab et al. 2006; Rosenvold and Andersen 2003). Међутим, ти параметри понекад имају негативан утицај на карактеристике квалитета, које су важне код прихватања меса од стране потрошача (на примјер, проценат интрамускуларне масти, способност задржавања воде или њежност меса). На квалитет меса утичу бројни фактори, али и међусобна интеракција више фактора (на примјер, генетско поријекло, услови током узгоја, животна средина, поступање са животињом прије и током клања, те поступци са месом након клања (Ngapo and Gariepy 2008; Rosenvold and Andersen 2003).

4.4. Хемијски састав меса

У основне хемијске састојке меса убрајају се: вода, протеини, масти, минералне материје и угљени хидрати. У ширем смислу, месо садржи око 75% воде, 19% протеина, 3,5% растворљивих органских непротеинских супстанци и 2,5% масти (Lopez-Bote 2017).

Састав меса варира у зависности од великог броја преморталних и постморталних фактора. О утицају ових фактора потребно је водити рачуна код одређивања хранљиве вриједности меса и њеног дефинисања код одређених комерцијалних комада меса (Таб. 4.1).

Таб 4.1. Просјечан садржај основних састојака у различитим врстама меса (Heinz and Hautzinger 2007)

Table 4.1. Average content of basic ingredients in different types of meat (Heinz and Hautzinger 2007)

Врста меса		Вода	Протеини	Масти	Пепео
Говеђе	Труп	54,7	16,5	28,0	0,8
	Крто месо	75,0	22,3	1,8	1,2
	Поткожно масно ткиво	4,0	1,5	94,0	0,1
Снињско	Труп	41,1	11,2	47,0	0,6
	Крто месо	75,1	22,8	1,2	1,0
	Поткожно масно ткиво	7,7	2,9	88,7	0,7
Телеће крто		76,4	21,3	0,8	1,2
Живинско		75,0	22,8	0,9	1,2

Просјечно, 100 г меса садржи 20 г протеина високе биолошке вриједности и 8 г масти. Садржај угљених хидрата у месу је веома мали. Просјечна енергетска вриједност добијена сагоријевањем 100 г је око 160 kcal. Међутим, за потпуно разумијевање природе и понашања меса, те промјена које се дешавају у њему неопходно је много детаљније описати супстанце које улазе у састав протеина, масти, угљених хидрата и минералних материја, а чији је број изузетно велики (Lawrie and Ledward 2006).

Месо је посебно цијењено као извор комплетних протеина и есенцијалних аминокиселина (фенилаланин, валин, треонин, триптофан, изолевцин, метионин, леуцин и лизин) (Frank et al. 2017). Ruth Charrondičre et al. (2013)

сматрају да је садржај аминокиселина поузданији показатељ квалитета протеина из меса од једноставне информације о садржају укупних протеина у месу.

Просјечна вриједност укупног садржаја масти је највећа у месу говеда и оваца, а најмања у месу бројлера и ћурки. Међутим, укупни садржај масти у месу не даје праву слику о његовој нутритивној вриједности. Веома важно је познавати састав масти садржаних у месу. Између различитих врста меса, као и између различитих дијелова трупа исте врсте, могу се уочити значајне разлике у садржају масти и профилу масних киселина. Месо је значајан извор омега-3 и других есенцијалних масних киселина, те витамина растворљивих у мастима (Chen et al. 2010; Scollan et al. 2014).

Поред тога, месо је драгоцен извор витамина В комплекса (ниацин, холин, и витамин В₁₂) и минералних материја (жељезо, калцијум, селен, цинк, фосфор) (Frank et al. 2017). Кроз месо организам може обезбиједити око 25% препоручених дневних вриједности за рибофлавином, ниацином и витамином В₆ и готово двије трећине дневних потреба за витамином В₁₂ (Williams 2007). Месо перади је изузетно богато ниацином (100 г обезбјеђује 56% дневних потреба). Садржај витамина В₁₂ у 100 г говеђег меса је већи од дневних потреба (125%), на чему се, између осталог, заснивају препоруке за укључивање меса у исхрану људи. Месо и производи од меса (Rekanović et al. 2019; Tomović et al. 2014) су, такође, значајан извор минералних материја и неких елемената у траговима. Порција од 100 г кртог говеђег меса обезбјеђује око 37% дневних потреба за селеном, 26% потреба за цинком и 20% потреба за калијумом. Неопходно је нагласити да је месо веома значајан извор жељеза, како због укупног садржаја, тако и због хем-облика у којем се жељезо налази у месу. Хем-жељезо потиче из хемоглобина и миоглобина и лако се апсорбује у цријевима (Symons et al. 2009).

Иако се основна структура и састав мишићног ткива добро разумију, и даље се откривају нови детаљи о саставу и својствима овог ткива, посебно у односу на основе *in vivo* функција мишића (Knight 2016). Осим радова који указују на важност меса и појединих састојака меса у исхрани људи, у посљедње вријеме објављен је већи број радова који указују на узрочно-последичну везу конзумирања меса и неких болести, међу којима посебно наглашена веза различитих облика рака и конзумирања црвеног меса (Knight 2016; Sødtring et al. 2017) или тровање токсичним материјама присутним у месу (на примјер, тешким металима у месу фазана) (Marjanović–Balaban i Grujić 2004; Rekanović et al. 2019).

4.4.1. Састав сировог меса и његов квалитет

Сходно претходно наведеном, главни циљ истраживача о месу усмјерен је на контролу количине и квалитета произведеног меса. То има одраз на истраживања у науци и технологији меса, гдје је фокус усмјерен на разумијевање промјена у мишићима *post mortem* и формирање својстава мишића и масног ткива који одређују квалитет меса (Picard et al. 2017a, 2017b). Доминантне карактеристике квалитета зависе од врсте меса. Велики број истраживача се бавио изучавањем промјена рН и способности задржавања воде (WHC) *post mortem*. Од параметара квалитета у месу говеда највише је проучавана њежност меса (Ouali et al. 2013). Са становишта потрошача најважније карактеристике квалитета меса су њежност, сочност, укус и боја (Miller et al. 2001). На сваку карактеристику квалитета утиче већи број фактора, које је врло тешко контролисати. С обзиром да је месо веома богато протеинима, у многим случајевима протеинска компонента, као параметар квалитета, има одлучујући значај.

Више истраживача се бавило изучавањем повезаности одређених гена са структурним и метаболичким карактеристикама мишића (Eggen and Hocquette 2004; Pena et al. 2014). У прво вријеме, већи дио истраживања био је усмјерен само на један ген или на мању групу гена или протеина, док најновије студије обухватају истраживање цијелих секвенци гена. Истраживања су проведена на геномима говеда, свиња, оваца, коза и перади. Очекује се да ће ова истраживања осигурати нове информације о факторима који утичу на формирање својства квалитета меса. Истраживање профила експресије гена пружа свеобухватније посматрање биолошких процеса који одређују прелаз са мишића (орган) на месо (храна) (Picard et al. 2015) и олакшава манипулацију овим комерцијално важним фенотиповима. Савремена геномика и транскриптомија и даље дају информације о оптимизацији ефикасности сточарске производње и приноса меса гајених животиња (Purslow 2017b). Транскриптомика (Gou and Dalrymple 2017), протеомика (Picard et al. 2017a) и метаболомика (Bertram 2017) значајно су допринијеле бољем разумијевању утицаја интеракције различитих фактора квалитета меса на нутритивну вриједност меса. Максимално искоришћење генетског потенцијала животиња омогућава наставак континуираног рада у погледу напретка у разумијевању и манипулисању развојем и растом мишића. Међутим, поставља се питање до које границе је могуће повећавати продуктивност и манипулисати са растом и саставом мишића без угрожавања *in vivo* функција мишића животиње, а самим тим и угрожавања добробити животиња (Purslow 2017b). У научним круговима се воде расправе и

ефектима, које миопатије повезане са растом, могу имати на квалитет меса перади (Petracci and Cavani 2012).

Да би се управљало карактеристикама квалитета меса потребно је боље разумјети механизме који утичу на постојање разлика у квалитету меса. За проучавање реакција и боље разумијевање механизма, који се дешавају у мишићима *post mortem*, поледњих година све више се примјењује геномика. Примјеном метода геномике лакше се идентификују биомаркери који омогућавају да се предвиди квалитет меса. Међу геномским алатима, као ново средство у науци о месу, користи се протеомика, која омогућава повезивање протеина са карактеристикама квалитета меса. У досадашњим истраживањима геномика је кориштена током проучавање интрамускуларних масти, рН вриједности меса и оксидације протеина (Picard et al. 2017a) и других својстава.

Протеомике омогућава изучавање великог броја фактора који утичу на постмортални метаболизам у мишићима и развој својстава меса. Методе протеомике су кориштене за изучавање утицаја услова и поступања са животињама прије клања (мјешање са непознатим животињама, утовар у камионе, превоз на велике удаљености, смјештај у обору клаонице) на карактеристике квалитета меса и добробит животиња. Познато је да ови фактори могу изазвати психолошки или физички стрес. Добро је познат утицај стреса прије клања на појаву најзначајнијих недостатака у квалитету меса (Terlouw 2005; Franco et al. 2015). Код животиња које су искрварене непосредно након превоза, Morzel et al. (2004) утврдили су повећање садржаја митохондријалне АТФ-азе. У месу је утврђен брз пад рН и изражена промјена рI лаког ланца миозина II (*Meat and Livestock Commission MLC II*). Аутори сматрају да су наведене промјена последица фосфорилације MLC II, која утиче на процесе контракције мишића и постморталне промјене одговорне за текстуру меса. Lefevre et al. (2008) сматрају да су главне промјене у мишићима повезане са стресом и да се оне дешавају на структурним протеинима (актин, тешки ланац миозина, тропомиозин) и на ензимима који учествују у стварању енергије (креатин киназа, енолаза, фосфоглицерат киназа).

Истраживан је утицај и других фактора прије клања на квалитет меса: утицај услова узгоја (затворени или отворени начин), начин исхране итд. Слободан узгој (на отвореном) индукује мале количине гликолитичких ензима, што указује на оксидативни метаболизам (Kwasiborski et al. 2008). Када је у питању начин исхране, истраживања су била усмјерена на квалитет трупа, боју и састав масних киселина. Picard et al. (2017a, 2017b) наводе низ истраживања о утицају преморталних фактора на карактеристике квалитета меса.

4.5. Грађа мишића

Са становишта технологије меса од свих ткива у трупу животиња највећи значај има *мишићно (скелетно) ткиво*. Оно је сачињено од мишићних влакана. Мишићна влакна представљају појединачне издужене цилиндричне ћелија. Дужина мишићних влакана, код већине мишића који се конзумирају као месо, износи неколико центиметара, најчешће између 1 cm и 5 cm, мада поједина влакна могу бити дугачка и до 30 cm. Мишићне ћелије могу имати промјер до 100 μm (Purslow 2017в). Мишићна влакна су међусобно повезана у снопиће (примарне, секундарне и терцијарне) који су обавијени везивноткивном овојницом и на тај начин граде структуру мишића (Listrat et al. 2016).

Мишићну ћелију (мишићно влакно) сачињавају ћелијска опна (сарколема), цитоплазма (саркоплазма), једра и органеле. У саркоплазми су растворени протеини (албумини и глобулини), непротеинске азотне материје, угљени хидрати (гликоген), капљице масти, минералне материје и витамини. У саркоплазми је смјештен миоглобин, као најзначајнији пигмент меса. Периферно у саркоплазми су смјештена једра, митохондрије, саркоплазматски ретикулум и лизозоми, док су централном дијелу смјештене контрактилне органеле миофибрили (Teodorović i sar. 2015).

Миофибрили су главне органеле унутар мишићних ћелија. Пречник им је око 1 μm . У свакој ћелији може бити 1000 и више ових контрактивних органаела. Миофибрили су упаковани један до другог и заузимају око 80% запремине саркоплазме. Миофибрили су изграђени од танких и дебелих миофиламената. Миофиламенти су изграђене од специфичних протеина и међусобно су повезани структурним протеинима (микрофиламентима). Захваљујући таквој структури, на миофибрилима су видљива свијетла и тамна поља због чега су скелетни мишићи означени као попречно-пругасти мишићи. У свијетлим пољима се налазе танки миофиламенти, а у тамним пољима се преклапају танки и дебели миофиламенти. Познато је да је структура миофиламената веома сложена, да је изграђена од великог броја специфичних протеина, који имају своју функцију у контракцији мишића током живота, а *post mortem* су одговорни за многе процесе који се дешавају у месу, веома битни су за формирање сензорних и технолошких својстава меса и омогућавају прераду меса у готове производе (Vuković 1992; Rede i Petrović 1997). Постоје црвена, бијела и интермедијарна влакна, која се међусобно разликују према величини пречника, садржају миоглобина и митохондрија, те према интензитету биохемијских процеса који се одвијају у њима.

Везивно ткиво се састоји од ћелијица (фибропласти, фиброцити и лимфоидне ћелије), основне супстанце (трополаген, тропоеластин, гликопротеини) и

влакана (колагена, еластична и ретикуларна). Колагена влакна се налазе у тетивама, кожи а граде омотаче органа и везивноткивне овојнице (апонеурозе). Она су безбојна, а могу бити различите дужине и дебљине. Колагена влакна су савитљива, али нису растегљива. Под утицајем топлоте и слабих база и киселина она се разлажу. Отпорна су на дјеловање трипсина и химотрипсина (Rede i Petrović 1997). У саставу колагених влакана, осим других, налази се специфична аминокиселина – хидроксипролин, које нема у протеинима мишићног ткива. Садржај хидроксипролина у колагену је сталан (1/8 од садржаја свих аминокиселина). Еластична влакна се налазе у лигаментима и зидовима крвних судова. Она могу бити различите дужине, али су тања од колагених. Еластична влакна су растегљива и отпорна на дјеловање топлоте и пепсина.

Масно ткиво је састављено из масних ћелија смјештених унутар везивноткивне строге. У масним ћелијама налазе се масне капљице које садрже триглицериде. Састав масних киселина зависи од врсте животиње, од регије трупа и од начина исхране животиње. Више засићених масних киселина се налази у масном ткиву преживара него у масном ткиву свиња, те у масном ткиву бубрега него у поткожном ткиву. Масно ткиво свиња се дијели на чврсто и меко. Чврсто масно ткиво је смјештено у регији врата, гребена, леђа и подбрадњака. Оно је чвршће конзистенције и има зрнасту структуру. Чврстину овом ткиву дају везивна влакна. Чврсто масно ткиво се лакше уситњава, а масти се теже топе, што му даје предност код израде кобасица. Меко масно ткиво потиче из регија вимена и препона. Интрамускуларно масно ткиво сачињавају бијеле насlage и капи распоређене у скелетним мишићима. Мале количине масти складиште се у контрактилним мишићним ћелијама. Све ћелијске мембране садрже липиде, што такође доприноси укупном садржају липида у мишићима. Садржај интрамускуларног ткива је повезан са њежношћу, сочношћу, укусом, бојом меса и потенцијалним губитком масе (кало). То утиче на укупну прихватљивост меса и производа од меса. Уочене су значајне разлике у садржају интрамускуларног масног ткива између различитих раса преживара, посебно говеда. Међутим, у последњих неколико деценија селекцијом свиња и бројлера добијене су расе са мање интрамускуларног ткива, а више мишићног (Gjerlaug-Enger et al. 2010). Истраживање механизма одговорних за таложње интрамускуларних масти на молекуларном нивоу, омогућава манипулисање током селекције животиња и регулисања њихове исхране.

Састав масних киселина у интрамускуларној масти има важну улогу у дефинисању квалитета меса (посебно укуса) и храњиве вриједности меса (Wood et al. 2008). Однос засићених и полинезасићених масних киселина у месу и производима од меса је повезан са здрављем људи. Полинезасићене

масне киселине су важан прекурсор укуса меса. Стога је повећање односа незасићених наспрам засићених масних киселина у центру истраживања и селекције животиња за побољшање квалитета меса.

Рскавично ткиво је богато чврстом међућелијском супстанцом у којој се налазе лежишта рскавичастих ћелија (хондроцита). Међућелијска супстанца може бити еластична (са влакнима) или стакласта (без влакана). Ово ткиво се налази на зглобним површинама, грудној кости, ребрима, лопатици, гркљану, душнику итд.

4.6. Постморталне промјене у месу

Конверзија мишића након смрти животиње у месо је пресудан корак у развоју многих карактеристика квалитета меса (Ouali et al. 2006). Клањем животиња прекида се крвоток, а тиме и допрема кисеоника и храњивих материја до ткива и ћелија. Зауставља се одвођење продуката метаболизма ћелија. То доводи до промјена које су познате као постмортални процеси у месу. Реакције метаболизма у мишићима су врло динамичан адаптивни процес, који може довести до драматичне разлике у метаболичком профилу и саставу мишића. Као последица утицаја различитих унутрашњих и вањских фактора могу настати значајне разлике у саставу и атрибутима квалитета меса (Lopez-Bote 2017).

Као најзначајније фазе током постморталних промјена издвајају се гликолиза, *rigor mortis* и зрење меса. Иако су процеси који се дешавају у месу *post mortem*, добро изучени, примјена нових метода, прије свега протеомике, омогућила је детаљнији увид у дешавања у мишићима током конверзије у месо. Крајњи производ анаеробне гликолизе је млијечна киселина, која је одговорна за промјену рН вриједности меса и има утицај на ток других реакција пресудних за формирање карактеристика квалитета меса.

4.6.1. Гликолиза

Гликолиза је процес разградње гликогена у мишићним ћелијама. Пресудну улогу у процесима током гликолизе имају гликоген, кисеоник и аденозин-трифосфат (АТФ). У прво вријеме *post mortem*, гликолиза се одвија у аеробним условима, а касније у анаеробним условима. Количина кисеоника, која се у моменту искрварења животиње налази у мишићним ћелијама, зависи од садржаја пигмента миоглобина за који је везан кисеоник. Због накупљања млијечне киселине током гликолизе долази до снижења рН мишића. Брзина опадања рН одражава интензитет постморталног метаболизма. У нормалним

ситуацијама, рН постепено опада са око 7,2 на 5,8 у року од 8 сати *post mortem*, са крајњим рН од око 5,6 који се достиже за 24 сата.

На брзину смањења рН вриједности *post mortem* утичу многи фактори (на примјер, врста животиње и генетика, тип мишићних влакана и услове руковања прије и *post mortem*). У којој мјери ће доћи до смањења рН вриједности зависи од количине гликогена који се налази у мишићима у моменту искрварења животиње. Код животиња чији мишићи садрже већу количину гликогена (на примјер, месо коња и говеда), долази до накупљања веће количине млијечне киселине, односно месо има нижу рН вриједност 24 сата након искрварења од меса које садрже мању количину гликогена (на примјер, месо свиња). Генерално, брзина постморталног смањења рН вриједности разликује се међу врстама меса и може се приказати следећим редослиједом: перад > свињетина > говедина > јагњетина.

Гликолиза престаје када се потроши гликоген у мишићима. рН меса, које је непосредно након искрварења садржавало мању количину гликогена, остаје висока. Са друге стране, у месу које је садржавало више гликогена, смањење рН вриједности је интензивније и веће. У овом случају, смањење рН иде до 5,3, па чак и до 5,1. Ова вриједност представља изоелектричну тачку актомиозина. Поред тога, овако ниска рН вриједност доводи до инактивације гликолитичких ензима, те се процес гликолизе може зауставити иако у месу још увијек постоји одређена количина гликогена (Teodorović i sar. 2015).

Осим разлике у износу рН вриједности, уочене су велике разлике у брзини опадања рН *post mortem*. Док у мишићу *Longissimus dorsi* свиња рН нагло опада (приближно 1,1 јединице у прва 2 сата након смрти, чиме се достиже рН вриједност близу 6), смањење рН у месу јагњади и говеда је спорије (0,85 и 0,7 јединице, респективно), тако да овај износ рН достиже за око 8 и 12 сати *post mortem*.

На пад рН утичу бројни фактори, укључујући сезону, начин исхране, руковање, садржај масти у трупу, температуру итд. Различито физиолошко понашање различитих врста меса има значајан утицај на све технолошке поступке који се проводе након клања. Да би се смањило скраћивање и денатурација протеина и оптимизовала технолошка својства меса, вриједност рН од 6 јединица треба постићи док се температура трупа налази између 18 °C и 25 °C, мјерено у *Longissimus dorsi* (Thompson et al. 2005). Због тога се за сваки конкретни случај препоручује примјена различитих режима хлађења.

Scopes (1974) сматра да брзина хидролизе АТФ под утицајем мишићних АТФ-аза одређује брзину метаболизма *post mortem*. Поред тога, он сматра да су

механизми који регулишу брзину процеса гликолизе одређени активношћу АТФ-аза присутних у мишићима (на примјер, миозин АТФ-аза, Ca^{2+} везујућа-АТФ-аза из саркоплазматског ретикулума, Na^+/K^+ АТФ-аза и митохондријска АТФ-аза). Брзина разградње АТФ на $38\text{ }^\circ\text{C}$ износи око $0,5\text{ mmol/мин}$ по г мишића. Смањењем температуре са $38\text{ }^\circ\text{C}$ на $15\text{ }^\circ\text{C}$ брзина разградње АТФ опада, међутим, код $0\text{ }^\circ\text{C}$ она поново расте.

У неким случајевима код свиња постмортем метаболички процеси могу бити врло бурни, са неубичајено високом температуром и брзим падом рН, који у првих 45 минута (pH_{45}) након клања, достиже вриједност испод 6. То доводи до обимне денатурације протеина, а резултат тога је настанак меса са измјењеним својствима (тзв. блиједо, мекано и водњикаво, односно на енглеском језику *pale, soft, and exudative mесо*, PSE) (Lawrie et al. 1963).

4.6.2. Мртвачка укоченост

Повећање садржаја јона калцијума у саркоплазми, до којег долази због снижења рН и оштећења мембрана саркоплазматичног ретикулума, убрзава разградњу АТФ -а. У таквим условима нема довољно енергије за раздвајање актиномиозинског комплекса. Протеини актина и миозина остају у трајној вези што води ка укочености мишића. Ова појава је позната као *Rigor mortis* или мртвачка укоченост. *Rigor mortis* наступа када се концентрација АТФ-а у мишићима смањи испод $1\text{-}2\text{ }\mu\text{mol/г}$. Сматра се да у развоју *rigora mortis* постоје три фазе: фаза задржавања појављивања, фаза развоја ригора или фаза развоја и фаза пуног ригора. *Rigor mortis* брже наступа код животиња које су у моменту клања имале нижи садржај гликогена (месо свиња за 3-6 сати *post mortem*), док код меса говеда које садржи више гликогена мртвачка укоченост наступа за око 12 сати. Уочено је да *rigor mortis* брже наступа код животиња које су прије искрварења биле активније или су биле у стању стреса (нижи садржај гликогена и АТФ-а у мишићима). *Rigor mortis* у већини случајева траје 20-48 сати, када достиже свој максимум (фаза пуног ригора). Процес гликолизе се брже одвија у бијелим него у црвеним мишићима, због чега код њих брже наступа укоченост мишића (Teodorović i sar. 2015). У пуном ригору мишићи су максимално скраћени, а према еластичности подсјећају на гуму. Када се такав мишић зареже, ивице реза се раставе и међусобно удаље. Током попуштања ригора, мишићи постају пластичнији и мијењају облик зависно од положаја у којем се налазе.

На степен скраћења мишића током *rigor mortis* утиче температура. До оптималног скраћења (10% од дужине мишића у стању релаксације) долази ако се током хлађења *rigor mortis* развије прије постизања температуре од 15

°C. Код ултрабрзих процеса хлађења меса оваца и говеда, долази до снажне контракције и скраћења саркомера до 40%. Ова појава је позната као ригор хлађења (*cold shortening*). Примјена електростимулације може спријечити ову појаву, јер убрзава процес гликолизе, опадање рН вриједности и ослобађање јона калцијума. У тим условима ригор наступа код оптималне температуре трупова (15-20 °C) (Vuković 1992; Rede i Petrović 1997).

4.6.3. Зрење меса

Биохемијски процеси у месу не престају развојем пуног *rigor mortis-a*, већ се настављају под утицајем ендогених ензима. Процеси у месу који су довели до развоја пуног ригора и процеси који се настављају након тога представљају један међусобно условљен и континуиран низ реакција. Биохемијске реакције након ригора знатно су спорије и доводе до разградње структурних елемената мишићних влакана под дјеловањем ендогених ензима и ензима микроорганизама. Опадање рН утиче на оштећење мембрана лизосома и ослобађање хидролитичких ензима. Поред тога, долази до инактивације гликолитичких и активирања протеолитичких ензима. Протеолитички ензими утичу на промјене протеина, прије свега миофибриларних протеина. Одређене промјене се дешавају на протеинима везивног ткива и на мастима (Teodorović i sar. 2015).

Описане промјене су познате као зрење меса. Процеси зрења се одвијају на температурама хлађења (0–2 °C), када је дјеловање ензима успорено. Трајање ове фазе зависи од врсте животиње. Да би се постигла пожељна њежност говеђег и овчијег меса потребно је да реакције трају дуже у односу на реакције у свињском месу и месу перади. У принципу процес зрења меса траје између 7 и 14 дана. У току зрења, под утицајем протеолитичких ензима (протеаза), одвијају се бројне биохемијске реакције које утичу на промјену укуса, текстуре и ароме меса. Током протеолизе протеини се разграђују на краће ланце полипептида или на аминокиселине.

Размекшавање меса. Реакције које се одвијају током процеса протеолизе воде ка размекшавању меса. Резултат тога је повећање њежности меса. Месо постаје сочније и има пуну арому. Поред тога, месо добија и друга пожељна својства и постаје погодније за кулинарску припрему.

Јони калцијума, ослобођени из саркоплазматског ретикулума, активирају протеолитичке ензиме из групе *калпанина*. У мишићима постоје најмање три изоформе овог ензима: калпанин-1 (μ -calpain), калпанин-2 (m -calpain) и калпанин-3. О форми калпанин-3 не зна се много, осим да је он повезан са

титином у структури миофибрила. Преостале двије калпаинске протеазе међусобно се разликују по количини калцијума који је потребан за њихово активирање: за активирање калпаин-1 потребна је врло мала количина јона калцијума (ред величине неколико микромола (μM)), а за активирање калпаин-2 потребна је знатно већа количина калцијума (концентрација изражена у милимоловима (mM)). Будући да концентрација калцијума ослобођеног из саркоплазматског ртикулума не досеже милимоларни ниво, већина истраживача сматра да калпаин-1 представља основну фракцију калпаин протеаза. Нека истраживања сугеришу да калпаин-2 може играти улогу у постморталном повећању њежности у месу свиња (Pomponio et al. 2010; Pomponio and Ertbjerg 2012).

μ -калпаин је хетеродимер састављен од подјединица молекулске масе 80 kDa и 28 kDa. Ова протеаза реагује са специфичним миофибриларним протеинима (титин, небулин, тропонин Т, тропомиозин, десмин, винкулин и филамин). μ -калпаин има ограничено (ако уопште постоји) дјеловање према два најзаступљенија протеина (актин и миозин). На активност μ -калпаина утичу рН и температура. Стога, смањење рН и брзина хлађење трупова *post mortem* утичу на способност μ -калпаина да размекша месо. Како рН вриједност мишића опада, тако саркоплазматски ретикулум губи способност да поново апсорбује јоне калцијума. Концентрација калцијума у саркоплазми се повећава, што се одражава на повећање активности μ -калпаина и процес размекшавања меса. Калпастатин (Calpastatin), као специфични инхибитор, ограничава активност μ - и m -калпаина. Са повећањем количине калпастатина у саркоплазми, могућност за развој њежности меса се смањује. Код одређених раса говеда утврђено је присуство веће количине калпастатина. На примјер у мишићима говеда *Bos indicus* запажене су веће активности калпастатина, због чега су они тврђи од мишића говеда *Bos taurus* (Lopez-Bote 2017).

Поред промјене миофибриларних протеина на размекшавање меса утиче процес хидролизе колагена из везивоткивних мембрана. На процес хидролизе колагена повољно дјелују повишена температура и влажна средина (бубрење колагена), те ниска рН вриједност меса. Код високе вриједности рН (DFD месо) колаген не може упити довољну количину воде и недовољно хидролизује у току топлотне обраде.

Повећањем способности везивања воде током зрења меса добија се задовољавајућа *сочност* меса. На повећање способности везивања воде утичу разградња структурних протеина миофибрила, настанак продукта протеолизе базног карактера (повећавају рН вриједност меса), повећање концентрације јона калцијума у саркоплазми (утиче на повећање осмотског

притиска), те повећање капиларних простора за прихват веће количине молекула воде.

Развој ароме меса. Арома и укус меса су значајне особине меса, јер одређују његову јестиву вриједност. У стварањеу ароме и укуса судјелује више компоненти мишићног влакна и масног ткива. Од фактора који утичу на арому и укус меса треба поменути: расу, пол, старост, услове исхране и држања итд. Месо старијих животиња има изразитији мирис и укус од меса млађих животиња. Месо мушких грла има изразито специфичан полни мирис. Мирис говеђег меса се разликује од мириса свињског, овчијег или меса перади. Сматра се да је то последица утицаја специфичне микрофлоре у цријевима говеда. Храна којом су храњене животиње, такође, може утицати на мирис меса. Посебно је изражен утицај рибљег брашна, бијелог лука, инсектицида итд. Месо боље ухрањених животиња садржи масти са већим удјелом засићених масних киселина, што се одражава на арому меса.

Арома која се развија током зрења меса потиче од продуката разградње АТФ-а, протеина, липида и нуклеинских киселина. Разградњом АТФ-а настају инозин-монофосфат, инозин и хипоксантин, а разградњом протеина настају пептиди кратких ланаца и слободне аминокиселине. Разградњом масти настају слободне масне киселине. Поред наведених једињења, у току постморталних процеса могу настати мале количине амонијака, амина, пероксида, алдехида и кетона, који у одређеној мјери доприносе развоју непожељне ароме зрелог меса. Врло често ова једињења месу дају непријатан мирис и укус. У екстремним случајевима њихово присуство може указати на процесе кварења меса (Teodorović i sar. 2015). Многи продукти који настају током зрења меса имају базни карактер, те утичу на повећање рН вриједности меса, која може нарасти до 6,0 (Ако је рН вриједност већа од 6,3 сумња се на квар меса).

4.7. Развој квалитета сировог меса

4.7.1. Особине сировог меса

Приликом одређивања квалитета меса, прихватљивости меса од стране потрошача и погодности меса за припрему јела и/или погодности меса као сировине за израду готових производа, највећу пажњу треба обратити на способност везивања воде, боју, арому и текстуру меса (Forrest et al. 2000; Huff-Lonergan et al. 2002; Norman et al. 2003). Ове карактеристике квалитета сировог меса утичу на перцепцију свјежине и привлачности од стране потрошача и тиме утичу на одлуку о куповини меса. Поред тога, карактеристике квалитета одређују начин употребе сировог меса током

израде индустријских производа, те укус топлотно обрађеног меса. У свакој конкретној ситуацији употребе, месо треба да посједује специфичне особине. За кулинарску употребу пожељно је да месо буде зрело, да има мекшу текстуру и развијену до наглашену арому. За израду ферментисаних кобасица и сувомеснатих производа погодније је месо које има интензивну црвену боју, чвршћу конзистенцију и слабију способност везивања воде, што олакшава брже отпуштање воде и сушење производа. За израду барених кобасица бира се месо које има добру способност везивања воде, односно месо које добро везује додатну воду итд. (Teodorović i sar. 2015).

На развој карактеристика које одређују квалитет сировог меса утичу унутрашњи фактори (особине мишића) и спољни фактори (услови током клања животиња и држања меса).

Способност везивања воде. Способност везивања воде (*Water Holding Capacity*, WHC) је способност меса да задржи властиту воду или воду додатну током примјене било које силе. Дио воде који се том приликом отпушта назива се слободна вода, а дио воде који остаје у месу назива се везана вода. WHC је важно својство сировог меса, јер утиче на принос и квалитет производа (Ribeiro et al. 2021). На способност везивања воде доминантан утицај има величина капиларних простора у миофибрилима. То је у директној вези са рН вриједности меса (Ribeiro et al. 2021). Што је рН вриједност ближа изоелектричној тачки актиномиозина (рН =5,4), то су капиларни простори мањи и месо отпушта више воде. Повећање рН вриједности у месу током зрења води ка повећању броја негативно наелектрисаних поларних група, размицања ланца протеина и повећања капиларних простора у које може стати већа количина воде. Познавање утицаја рН на способност везивања воде је веома битно приликом избора сировине за израду појединих група производа од меса (Wulf et al. 2002; Teodorović i sar. 2015). За израду сушених производа препоручује се кориштење меса са нижом рН вриједности (лакше отпушта воду!), а за израду барених производа прикладније је месо са вишом рН вриједношћу (способно је да задржи сопствену и веже додатну воду!). Као састојци меса који задржавају воду у месу у литератури се наводе миофибриларни протеини миозин, актин, тропомиозин и тропонин. Huff-Lonergan and Lonergan (2005) сматрају да постмортални догађаји (на примјер, вриједност и брзина опадања рН, протеолиза, па чак и оксидација протеина) представљају кључне факторе који утичу на WHC меса.

Губитак масе (кало) је појава која је запажена током преласка мишића у месо, а изражена је као губитка воде, жељеза и протеина (Ponsuksili et al. 2008). Сматра се да губитак масе (кало) значајно утиче на укус, а тиме и на укупни квалитет и прихватљивост меса. Веома често ова појава представља проблем

за месну индустрију, посебно за прераду меса свиња и бројлера (Forrest et al. 2000). Недавна истраживања су показала да су гени, који регулишу структуру мишића, гликолизу и друге метаболичке процесе, те активност јона калцијума, одговорни за постојање разлике у губитку масе (кала) (Ponsuksili et al. 2008).

Користећи протеомски приступ, Hwang (2004) је утврдио постојање јаке везе између губитака воде и брзине постморталне протеолизе у мишића *Longissimus dorsi* свиња. Аутор је идентификовао четири протеина повезана са WHC: тропонин Т, аденилат киназа, аденозин трифосфат (АТФ)-зависна протеиназа SP-22 (позната под именом Prdx3) и DJ-1 протеин кодиран *PARK7*. Као протеинске маркере повезане са процесима у мишићима свиња, а који могу проузроковати губитак воде (кала), van de Wiel and Zhang (2007) су означили креатин-фосфокиназу М, десмин и фактор који служи као активатор транскрипције. Највећи губитак воде био је у узорцима са највишим садржајем креатин фосфокиназе М. Код тих узорака су уочени брзо опадање рН и нагла промјена брзине контракције мишића. Висока концентрација десмина, која је уочена у узорцима са нижим WHC, утиче на скупљање миофибрила током *rigor mortis* и повећање губитака воде.

Текстура. Текстура је својство меса које се сматра за карактеристику квалитета која одлучујуће утиче на прихватљивост сировог меса од стране потрошача. Ово својство представља целокупни осјећај структуре меса, грађе, мекоће и осјећаја при жвакању (Teodorović i sar. 2015). Познато је да на текстуру меса утиче много фактора: структурна и биохемијска својстава мишића који се развијају током живота животиње, а под утицајем фактора повезаних са самом животињом (старост, пол, раса) и начином њеног узгоја (Ouali et al. 2013; Picard et al. 20176; Gagaoua et al. 2019). На текстуру меса утичу садржај везивног ткива, садржај интрамускуларног масног ткива, грађа мишићног ткива, степен деградације структурних протеина мишића (на примјер, тропонин-Т и десмин), током пост морталних промјена, начин исхране, пол итд (Maltin et al. 2003; Chriki et al. 2012; Starkey et al. 2016). Другим ријечима, процеси који утичу на текстуру меса *post mortem* зависе од преморталних фактора (начин исхране, поступање са животињом и стрес), утицаја фактора током клања и услова чувања и обраде меса након искрварења (рН и снижење температуре, режим хлађења, начин вјешања и поступање са трупом). Утицаји наведених и других фактора дају објашњење због чега је ова карактеристика квалитета меса тако различита и промјењива и зашто постоје тешкоће у контроли или тачном предвиђању текстуре меса.

Везивно ткиво има велики утицај на појаву жилавости меса. Током анализе текстуре меса, у обзир треба узети укупни садржај колагена и број унакрсних

веза унутар молекуле колагена (Chriki et al. 2012; Starkey et al. 2016). Уколико мишићна влакна имају већи пречник на пресеку и садрже више везивног ткива, она имају грубљу текстуру. Познато је да количина везивног ткива зависи од регије трупа. Број веза и јачина везе унутар молекуле тропоколагена се повећавају током старења животиња. Због тога је месо старијих животиња грубље од меса млађих животиња исте врсте.

Дистрибуција масти, такође, утиче на текстуру меса. Интрамускуларне масти доприносе побољшању мекоће меса током топлотне обраде. На крају, не смије се заборавити да на текстуру меса утиче степен напредовања постморталних промјена. Развој *rigor mortis* води ка очвршћавању меса због скраћивања саркомера, док процеси који се дешавају током зрења воде ка размекшавању меса (Teodorović i sar. 2015).

У циљу одређивања фактора који утјучу на текстуру меса проведено је велики број протеомских истраживања (Picard et al. 2017a). У месу говеда са њежном текстуром уочена је мала количина фосфоглукумутазе, лактат дехидрогеназе Б, триозафосфат изомеразе, глицералдехид 3-фосфат дехидрогеназе, β -енолазе и других протеина који су карактеристични за мишићна влакна у којима преовлађују процеси брзе гликолизе (Ouali et al. 2013; Picard et al. 2014). Присуство фрагмената цитоскелетних протеина је уочено рано *post mortem*. Током постморталног складиштења меса, Lametsch et al. (2003) уочили су значајне промјене на актину, тешком ланцу миозина, титину, MLC I, MLC II и CapZ. То сугерише постојање везе између постморталне разградње тешког ланца миозина и актина и текстуре меса. Hwang et al. (2005) пронашли су 16 протеинских тачака које су у корелацији Варнер-Братзлер-овом силом смицања. Chaze et al. (2013) наводе да је садржај α -актина био већи у меком месу и предложили да се овај протеин користи као биомаркер код одређивања текстуре говећег меса. Утврђена је веза између садржаја других цитоскелетних протеина и текстуре меса (на примјер, тропонин Т, десмин, тубулин и други) (Hwang et al. 2005; Zapata et al. 2009). Gagaoua et al. (2015) су утврдили јаку корелацију између DJ-1 и Prdx6 са Hsp20 и μ -calpain-ом. Picard and Gagaoua (2020) су идентификовали протеине који могу бити биомаркери за праћење текстуре говећег меса. Они су открили 61 протеин чији је садржај био различит код њежних и жилавих узорака мишића.

Боја меса. Од ендогених фактора на боју меса *post mortem* највећи утицај имају пигмент миоглобин, расипање свјетлости на површини и апсорпција свјетлости унутар меса. Садржај миоглобина у месу зависи од врсте, расе, пола и старости животиње, а код меса које потиче од исте животиње он зависи од анатомске регије којој мишић припада и врсте мишићних влакана. За формирање пожељне боје меса, осим укупног садржаја миоглобина,

важну улогу има редокс статус миоглобина (оксимиоглобин, редуковани миоглобин или метмиоглобин) (Hughes et al. 2018). За формирање боје меса *post mortem* дјелимично су одговорна дешавања у митохондријама. Значајна количина кисеоника се троши током процеса који се одвијају у митохондријама, што се одражава на редокс потенцијал миоглобина (England et al. 2018; Li et al. 2020). Као последица смањења редокс потенцијала миоглобина, долази до смањења парцијалног притисака кисеоника и смањења интензитета преласка пигмента из редукованог стања (миоглобин) у оксидовано стање (оксимиоглобин). Даље, то води ка развоју тамне боје меса, која потиче од миоглобина у редукованом стању. Осим тога, оксимиоглобин се, индиректно преко миоглобина, преводи у метмиоглобин. Брзина ове реакције зависи од брзине потрошње кисеоника и смањења капацитета метмиоглобина у митохондријама. Митохондријални ензими остају активни и неколико дана *post mortem* и тако утичу на развој квалитета меса у дужем времену. На боју сировог меса утичу поступци са месом током чувања (Savanović i sar. 2018a).

4.7.2. Утицај преморталних фактора на квалитет меса

Стрес животиње. Ако је животиња прије клања била под стресом, то се може одразити на квалитет меса (Lopez-Vote 2017). Највећи утицај на квалитет меса имају вријеме када је животиња била изложена стресу и трајање стреса. Стање животиње и проблеми са квалитетом добијеног меса зависе од акутног (краткотрајног) стреса непосредно прије искрварења и хроничног (дуготрајног) стреса, којем је животиња била изложена током живота. Штетан утицај стреса на квалитет меса је последица ослобађања хормона стреса (на примјер, епинефрина). Ови хормони, када се ослободе, покрећу низ биохемијских реакција чија је улога обезбјеђење енергије потребне за задовољење захтјева фактора стреса. Конкретно, кроз низ биохемијских реакција епинефрин претвара glycogen phosphorylase-у (GP) у активни облик (b→a). Чинећи то, GP мобилише залихе гликогена у мишићу да произведе АТФ. У акутној стресној ситуацији, ова активација GP убрзава постморталну гликолизу и последично утиче на пад рН. Под утицајем акутног стреса, месо има тенденцију да постане PSE. Хронични стрес прије клања такође активира ензиме одговорне за метаболизам гликогена. Међутим, примарна разлика између ова два механизма јесте у томе да други механизам утиче на трошење гликогена, који је ускладиштен у мишићима, прије клања што резултира месом са високим крајњим рН. Да би се предуприједиле стресне ситуације и негативан утицај на квалитет меса у праксу су уведене различите методе руковања са животињама. Нови поступци са животињама уведени су у све

фазе током узгоја на фарми, током транспорта, током боравка у оборима прије клања итд.

Превоз и смјештај животиња. Већина животиња се узгаја на мјесту удаљеном од мјеста на којем ће бити заклана, што захтјева неку врсту превоза. Овај компликовани поступак премјештања животиња из једног објекта у други може узроковати појаву стреса због мјешања са непознатим животињама, због високих или ниских температура, неодговарајуће влажности околног ваздуха, лоше вентилације и непримјерног руковања људи (Schwartzkopf-Genswein et al. 2012). Ови фактори стреса утичу на добробит и квалитет меса живих животиња. Штавише, током транспорта животиње могу доживјети модрице, губитак масе трупа, а у екстремним ситуацијама може наступити и смрт животиње. Деценијама у свијету се врше истраживања како да се смањи стрес повезан са транспортом прије клања. Да би се смањио негативан утицај стреса током превоза, животиње се обично одмарају одређено вријеме након превоза. То може трајати или неколико сати или током ноћи. Одмор омогућава да се животиње опораве од стреса због превоза. Током овог периода, мишићи су у стању да уклоне јоне водоника (H^+) настале током стреса и да допуне резерве гликогена. У овом случају, гликоген се обезбјеђује мобилизацијом гликогена ускладиштеног у јетри (Lopez-Bote 2017).

Гладовање животиња прије клања. Прије или током одмарања, животињама се омогућава приступ води, али не и храни. Овај процес је познат под називом гладовање (пост). Изостанак давања хране је уведен из два разлога (Lopez-Bote 2017). Прво, ограничава висцерални садржај и спречава пуцање цријева, што би, ако би се десило, довело до микробиолошке контаминације трупа. Друго, гладовање смањује садржај гликогена у мишићима. Код свиња и перади, гликоген се таложи у мишићима у количини већој од потребне за нормалан пад рН. Даље, под утицајем стреса током транспорта или других фактора стреса, јетра може брзо да допуни залихе гликогена у мишићима на ниво који је потребан за нормално одвијање постморталне гликолизе. Дакле, да би се спријечио утицај акутног стреса непосредно прије клања, садржај гликогена може се смањити и тако ограничити брзина снижења рН. Ако избегавање давања хране животињи траје до 24 сата то има позитиван ефекат. Продужење гладовања не доноси корист, а може довести до губитка масе животиње.

Омамљивање. Непосредно прије искрварења животиње се омамљују. Омамљивање треба да животињу преведе у несвесно стање и учини је неосетљивом на бол, али тако да се не заустави рад срца. Већина метода омамљивања омогућава да се животиња врати у свјесно стање, ако убрзо

након омамљивања не буде подвргнута искрварењу. Иако сви механизми нису потпуно јасни, постоје докази, који упућују на то да омамљивање може утицати на квалитет меса одређених врста животиња. Тај утицај зависи од методе омамљивања. На примјер, омамљивање свиња помоћу CO₂ смањује губитак масе (кало) меса у поређењу са омамљивањем електричном струјом (Channon et al. 2002).

4.7.3. Утицај постморталних процеса на квалитет сировог меса

Боље разумијевање биохемијских реакција и значај неких једињења, насталих у току постморталних процеса, може помоћи да се побољшају карактеристике квалитета меса (Munekata et al. 2021). Picard et al. (2017a, 2017b) дали су детаљан преглед истраживања у овој области. Електрофоретском анализом протеина и фрагмената протеина утврђен је одређен број мјеста на којима се дешавају промјене *post mortem*, а које су одговорне за формирање карактеристика квалитета меса. Посматрајући молекулске масе и дужину аминокиселинских секвенци на одређеним тачкама, утврђено је да су идентификовани фрагменти настали као резултат протеолизе мишићних протеина (Lametsch et al. 2002). Мјеста на којем долази до промјена налазе се на структурним протеинима и на неким једињењима која учествују у енергетском метаболизму. У месу свиња складиштеном 7 дана на 0 °C, Hwang et al. (2005) су уочили разградњу девет актинских пептида. Morzel et al. (2004) проучавали су утицај постморталног времена чувања на протеомске промјене свињског меса током 72 сата зрења. У том периоду уочене су значајне промијене на 37 протеинских трака. Аутори сматрају да наведене промјена настају као резултат сљедећих процеса: протеолиза, посттранслациона модификација и ослобађање пептида из сложених структура протеина или протеинских комплекса. Вријеме чувања меса нема значајан утицај на протеолитичке ензиме, а самим тим и на протеолитичке промјене (Morzel et al. 2004).

Промијене протеина у мишићима говеда указују на промјену енергетског статуса, промјену метаболизма и промјену стабилности миофибрила током првих 48 сати *post mortem* (Jia et al. 2006; Vjarnadottir et al. 2010). Према истраживањима ових аутора, на 19 протеина, који учествују у процесима метаболизма, десиле су се значајне промјене 45-тог и 60-ог минута *post mortem* (то је вјероватно у вези са повећањем аеробног енергетског метаболизма непосредно након клања, како би се обновили резерве АТФ-а у мишићу), 16 протеина повезаних са механизмима заштите ћелија и стресом и 10 структурних протеина у ћелији).

4.7.4. Утицај технолошких поступака током обраде трупова на квалитет меса

Током клања животиња и обраде трупова животиња *post mortem*, а ради оптимизације технолошких параметара квалитета меса, користе се различити технолошки поступци (Thompson 2002). У практичној примјени често се користе електрична стимулација трупова (Rede i Petrović 1997) и топло искоштавање мишића. Ови поступци утичу на ток биохемијских реакција и на тај начин могу допринијети коначном квалитету меса. Стога је разумијевање промјена у месу, које се јављају као одговор на различите технолошке третмане, једна од тема које је неопходно детаљно проучити.

Температура. Температура мишића непосредно након клања утиче на реакције које се одвијају *post mortem*, што може имати критичан утицај на развој квалитета меса. Из више разлога је пожељно да се температура мишића снизи што прије. У циљу заштите функционалности протеина и потребе да се ограничи или инхибира раст микроорганизама постоји потреба да се успори активност метаболичких ензима и ограничи брзина метаболизма. Ипак, пребрзо хлађење трупова има негативне последице на квалитет меса. Екстремне температуре различито доприносе стимулацији актомиозин АТФ-азе, што узрокује озбиљно скраћивање мишића и, на крају, жилавост меса. Lopez-Bote (2017) је дао детаљан опис утицаја температуре на дешавања у мишићима *post mortem*, са посебним образложењем утицаја на скраћење меса. Његови ставови су описани у наставку.

Ригор одмрзавања (*Thaw rigor*) и скраћивање на хладноћи (*Cold shortening*) су појаве које су повезане са интензивним снижењем температуре мишића прије почетка *rigor mortis-a*. Ригор одмрзавања се јавља у случају одмрзавања меса које је замрзнуто прије него наступио *rigor mortis*. Замрзавање оштећује саркоплазматски ретикулум, а нагло ослобађање Ca^{2+} током одмрзавања у присуству АТФ-а убрзава активност актиномиозинске АТФ-азе и узрокује екстремно скраћивање (које може бити до 60%–80%). Скраћивање на хладноћи је слично ригору одмрзавања, али су последице по квалитет меса мање. Јавља се у случајевима када се мишић охлади на температуру испод 14°C прије појаве ригора. Ове температуре подстичу ослобађање Ca^{2+} из саркоплазматског ретикулума. Код нижих температура поновна апсорпција Ca^{2+} у саркоплазматском ретикулуму није довољна, што доводи до контракције и скраћења мишића.

Неколико фактора утиче на склоност мишића ка скраћивању на хладноћи. Црвени мишићи су подложнији скраћивању на хладноћи од бијелих мишића (саркоплазматски ретикулум је слабије развијен у црвеним мишићима!).

Већи ризик од скраћивања на хладноћи имају врсте меса које потичу од животиња са дужим временом појављивања ригора (на примјер, говеђе и овчије месо). Већа је вјероватноћа да ће се у труповима са тањим слојем поткожног масног ткива, односно мањом изолацијом за заштиту од губитка топлоте, прије ригора постићи нижа температуре него у труповима са дебљим слојем масног ткива. Електрична стимулација трупова рано *post mortem* спречава скраћивање на хладноћи. Познато је да електрична стимулација убрзава реакције гликолизе и разградње АТФ-а, што омогућава да се појава ригора деси прије и код виших температура од оних које изазивају скраћивање на хладноћи.

Држање меса на повишеним температурама (до 50 °С), такође, утиче на повећано скраћење мишића. Ригор код високе топлоте (*Heat rigor*) је појава слична догађајима *post mortem* у PSE мишићима. Више температуре убрзавају метаболизам и трошење АТФ-а, што доводи до раног почетка ригора, односно док је труп још топао. Под наведеним условима долази до денатурације протеина и смањења њихове растворљивости, те смањења функционалне способности протеина. Степен скраћивања на високим температурама (w30%–40%) је мањи од скраћења мишића код ниских температура (w50%).

Скраћивање мишића је важно јер утиче на њежност и укус куваног меса. Због скраћења саркомера долази до већег преклапања танких и дебелих филамената и потребна је већа сила за сјечење меса. Екстремно скраћивање може довести до потпуног губитка I-сегмената у миофибрилима. Будући да се већи дио воде задржава у I-сегментима, ово утиче на повећање губитке масе (кало) код мишића захваћених скраћењем на хладноћи. Важно је напоменути да, без обзира на температуру, долази до скраћења мишића током ригора. Дакле, обим скраћења зависи од температуре, као и од оријентације мишића и јачине везе са скелетом.

Утицај температуре на мишиће може бити различит, зависно од њиховог положаја на трупу и начина вјешања трупа (на примјер, качење за Ахилову тетиву умјесто или *foramen obturatum* у карлици). Оптималним за спречавање екстремног скраћивања и накнадних проблема у вези са њежношћу меса, сматрају се поступци хлађења, који омогућавају почетак ригора на температурама између 15 °С и 20 °С. За формирање квалитета сировог меса важна је температура током складиштења меса (хлађење и смрзавање) (Грујић et al. 1993; Petrović et al. 1993; Savanović et al. 2017; Grujić and Savanović 2018; Savanović et al. 2018b; Grujić and Savanović 2019; Savanović et al. 2019).

Обрада меса високим притиском. Истраживања су показала да примјена технологије високог притиска (обрада примјеном високог притиска (НРР) узрокује конформационе промјене протеина (на примјер, денатурација, агрегација и желирање) и може имати велики утицај на квалитет меса. У мишићу говеђег *m.longimussa* третираног различитим притисцима од 200 до 600 МПа, како је утврђено, притисак има велики утицај на укупну концентрацију и растворљивост протеина, боју и способност везивања воде. Протеомском анализом утврђен је велики број промјена на тим протеинима. Најинтензивније промјене у месу третираним са НРР, уочене су на саркоплазматским протеинима (Marcos et al. 2010; Marcos and Mullen 2013).

4.8. Измијењена својства меса

На брзину биохемијских реакција у мишићима *post mortem* велики утицај има стање животиње у моменту искрварења. Уколико је животиња била у нормалном физиолошком стању, гликолиза и пад рН вриједности, како је раније описано, одвијају се постепено. Међутим, ако је животиња у моменту искрварења била у стању стреса, долази до већег ослобађања адреналина, који активира ензим мишићна фосфорилаза, што доводи до убрзања процеса гликолизе (Teodorović et al. 2015). Због разлике у структури и саставу, у црвеним и бијелим мишићима се одвијају различити процеси гликолизе, који су означени као брза гликолиза и слаба гликолиза.

Брза гликолиза је специфична за бијеле мишиће леђа (*m .longissimus dorsi*), бута (*m.semitendinosus*, *m.semimembranosus*, *m.glutaebiceps*, *m.glutaeus superficialis*) и плећке (*m.triceps brachii*) меснатих свиња, те грудну мускулатуру перади (*m.pectorales*). С обзиром да бијели мишићи садрже мање митохондрија и миоглобина, у њима се претежно одвија процес анаеробне гликолизе. Када се животиња налази у стању стреса, резерве кисеоника се брзо потроше, наступа анаеробна гликолиза, а резултат је брзо снижење рН вриједности меса. Већ један сат *post mortem* у овим мишићима вриједност рН опада на 5,8, а након 24 сата на 5,3-5,5. Нагли пад рН вриједности у мишићима са високом температуром води ка денатурацији протеина и другим промјенама у месу, које се описују као блиједо, меко и водњикаво месо, односно PSE месо (*Pale Soft Exudative*, PSE). PSE месо има слабу способност везивања воде, блиједу боју и меку конзистенцију. Током топлотне обраде месо интензивно отпушта воду и калира у већој мјери, због чега постаје суво. Због описаних својстава PSE месо није погодно за израду барених производа, а може се користити за прераду у комбинацији са месом нормалних својстава (Teodorović et al. 2015).

Слаба гликолиза је специфична за црвене мишиће леђа и бута (*m.gracilis*, *m.quadriceps femoris*, *m.adductor*). Она се најчешће дешава код говеда и свиња који су изложени дуготрајном стресу. Црвени мишићи садрже више миоглобина, у њима доминира оксидативни метаболизам. Када је животиња у стању стреса, гликоген присутан у мишићима се разлаже до пирувата и кроз Кребсов циклус брзо се троши. Као посљедица разградње гликогена, током гликолизе настаје мала количина млијечне киселине, а рН вриједност остаје висока (24 часа након искрварења рН вриједност се креће између 6,2 и 6,8). Овакво месо је тамно, чврсто и суво. Оно се означава као DFD месо (*Dark Firm Dry*, DFD). DFD месо има високу способност везивања воде, због чега му је површина сува. Тамна боја потиче од редукованог миоглобина. У току топлотне обраде месо остаје жилаво, јер колаген код високог рН не може да бубри и не долази до његове хидролизе. Наведена својства DFD меса (тамна боја и споро сушење због добре способности везивања воде) значајно утичу на кориштење и облике прераде DFD меса. Оно није погодно за израду сувомеснатих производа и ферментисаних кобасица.

4.8.1. Блиједо, мекано и водњикаво месо

Блиједо, мекано и водњикаво стање (PSE) је израз који се користи за описивање меса необично свијетле боје, меке текстуре и смањене способности задржавања воде (Lopez-Bote 2017). Током визуелног и палпаторног испитивања PSE месо се може описати као: месо блиједе боје (денатурација пигмената и већа рефлексија свјетлости због скраћења саркомера), текстуре сличне тијесту („отворена структура“, денатурација протеина, чак и колагена), те водњикавог и мокрог изгледа (због „отворене структуре“ месо садржи велику количину екстрацелуларне течности) (Rede i Petrović 1997). Генерално се сматра да PSE месо има лош квалитет.

Zequan et al. (2020) сматрају да је развој PSE повезан са процесом гликолизе, циклусом трикарбонских киселина (Кребсов циклус), оксидативном фосфорилацијом, промјеном структуре мишићног ткива итд. Интензивна селекција са циљем остварења високог приноса меса код узгоја свиња и перади и достизање велике тјелесне масе, довела је до већег учешћа мишића у којима преовладавају брзи гликолитички процеси. То је специфично за мишиће свиња и перади и самим тим они су више подложни појави PSE. Због високе учесталости (до 40%), PSE је постао један од највећих изазова са којима се суочава месна индустрија широм свијета, посебно индустрија за прераду свињског и меса и перади (Petracci et al. 2009).

Велики број аутора сматра да крајњи рН представља основни покретач развоја PSE и DFD меса. Његова вриједност зависи од од залиха гликогена, а који је у функцији метаболичког статуса мишића у тренутку клања (Wulf et al. 2002; Holdstock et al. 2014). рН вриједност у PSE месу опада готово пет пута брже него у узорцима нормалног меса. Када се рН у мишићу смањи на вриједност близу рI (изоелектричне тачке протеина), долази до смањења WHC и постепеног развоја PSE стања (Zequan et al. 2020). Снижењем крајњег рН (24 сата *post mortem*) у PSE месу испод 5,7 резултира низом физиолошких поремећаја (Guo et al. 2016; Guo and Dalrymple 2017). Под таквим условима долази до промјене боја меса и повећања губитак масе.

PSE стање је узроковано претјерано брзим метаболизмом непосредно након клања када је температура трупа још увијек повишена. Већ током првих сат времена након смрти вриједност рН код PSE меса пада на вриједност приближну крајњем рН мишића. Може се десити да због брзе постморталне гликолизе већ за 45 минута након искрварења рН мишића буде нижа од 6,0, односно 5,7 и мање. У том периоду температура мишића је још висока (виша од 35 °C, па чак и 45 °C) (Rede i Petrović 1997). Комбиновано дјеловање ниског рН и високе температуре доводи до екстремне денатурације многих саркоплазматских и миофибриларних протеина у мишићу. У неким случајевима до 25% протеина у месу бива денатурирано, због чега протеини отпуштају додатну количину воде. Уз јако оштећење сарколеме, повећава се њена пермеабилност због чега течност лакше дифундује у екстрацелуларне просторе (Penny 1977, citat Rede i Petrović 1997). Треба напоменути да брзина опадања рН која је повезана са PSE месом не мора не мора увијек утицати на појаву меса са нижим крајњим рН.

Квалитет свињског меса повезан је и са енергетским метаболизмом који се одвија *post mortem*. Значајне разлике у активности пируват киназе и лактат дехидрогеназе нису примјећене између узорака PSE и нормалних мишића непосредно *post mortem*. Међутим, активност креатин киназе била је знатно већа у PSE месу 0 сати *post mortem*. Активност хексокиназе у узорцима PSE меса била је већа од активности у нормалним узорцима након 24 сата *post mortem* (Zequan et al. 2020).

На развој PSE меса утичу генетски и негенетски фактори, односно мутације и услови прије клања (тј. температура, транспорт, непознато окружење) који изазивају стрес код животиње (Adzitey and Nurul 2011). Коначни резултат тог утицаја се види као развој нежељених карактеристика меса (Barbut et al. 2008; Guo and Dalrymple 2017). Као главни узрок појаве PSE меса свиња, Guardia et al. (2004) означили су мутацију рецептора за *ryanodin* (RyR1), који је одговоран за осјетљивост на халотан и сукцинилхолин, мада месо свиња

може имати PSE и без мутације RYR1 (Gajana et al. 2013). Мутација на истом гену код перади узрокује појаву PSE меса (Malila et al. 2013).

Појава PSE меса код свиња повезује се са синдромом свињског стреса (PSS). Свиње са PSS немају способност прилагођавања на утицај стреса из околине, што доводи до озбиљних контракција мишића, брзог повишења тјелесне температуре, срчаног застоја и смрти. PSS је у великој мјери индукован мутацијом која је позната као мутација халотана (HAL или HAL -1843), мутација супституције са једном базом (C1843 до T) у RYR1 гену (халотански ген). Мутација резултира замјеном аргинина са цистеином на остатку 615 на нивоу протеина. HAL гас је коришћен као скрининг метода за идентификацију животиња осетљивих на PSS, због чега се генетска компонента назива HAL ген. HAL позитивне свиње су преосјетљиве на агенсе који стимулишу отварање RYR1 канала, што доводи до прекомјерног ослобађања Ca²⁺ у саркоплазму (Lopez-Bote 2017).

Стресно окружење у кланицама код свиња може утицати на појаву рецесивног гена (*Hal^r*) за осјетљивост на малигну хипертермију (осјетљивост на халотен). У циљу смањења стреса прије клања свиња, неопходне су промјена у начину рада (регулисање температуре и густине током това, удаљеност и трајање превоза, врста возила за превоз свиња итд) (Gajana et al. 2013 ; Scheeren et al. 2014). Због очигледне сличности PSS стања између свиња и перади, сматрало се да је генетска компонента одговорна за осјетљивост PSS код перади.

Начин на који се управља животињама може утицати на подложност животиње ка стресу, са штетним последицама на крајњи квалитет меса (Muchenje et al. 2009; Disanto et al. 2014; Пења et al. 2014; Ponnampalam et al. 2017; Reiche et al. 2019). Животиње узгајане у затвореном простору показују већу подложност социјалном стресу. Стрес прије клања (*pre-slaughter stress*, PSS) (мијешање непознатих животиња током транспорта и одмарања) успорава антиоксидативну одбрану мишића (Díaz et al. 2020). Поређењем резултата протеомике и биохемијске анализе, ови аутори (Díaz et al. 2020) су утврдили неке од механизма утицаја PSS на боју меса, редокс потенцијал мишића и енергетски метаболизам. Животиње узгајане у екстензивним условима имале су већу отпорност и бољу адаптацију на социјални стрес, док су животиње узгајане у затвореном биле подложније PSS-у. Мијешање непознатих животиња довело је до брже потрошње енергије у ћелијама током клања, промјене боје меса и бржег размекшања, те бржих промјена код протеина у мишићима повезаних са енергетским метаболизмом, транспортом и аутофагијом.

За разликовање PSE меса од нормалног меса, користе се различите методе. У ту сврху већ дуго се мјери рН мишића 45 минута *post mortem*. У последње вријеме за правовремено откривање измјењених својстава меса све више се истражује употреба неинвазивних техника (Théron et al. 2020).

У PSE свињском месу пронађени су протеински маркери који могу помоћи током откривања узрока развоја PSE стања. Поред тога, доказана је веза оксидативног стреса и апоптоза са развојем PSE свињског меса (Théron et al. 2019). Откривен је велики број протеина који на различит начин учествују у реакцијама стварања енергије код нормалног и PSE свињског меса (Schilling et al. 2017; Zequan et al. 2020; Picard and Gagaoua 2020).

4.8.2. Тамни, чврсти и суви мишићи/месо

Тамно, чврсто и суво стање (*Dark, Firm, Dry, DFD*) је израз који описује одређене недостатке у квалитету меса примијећене претежно у говеђем месу, а рјеђе у месу јагњаци и свиња. DFD ријетко захвата цијели труп животиње, а чешће поједине мишиће или поједине дијелове истог мишића. Ово стање је последица недовољне количине гликогена у мишићима у моменту клања и резултат је хроничне изложености животиња стресу прије искрварења. Другим ријечима, DFD се развија на трупу оних животиња, односно у оним мишићима, који у моменту клања не садрже довољно гликогена за нормалан обим постморталне гликолизе, односно за настанак млијечне киселине у количини која је потребна за снижење рН меса на нормалну крајњу вриједност од 5,4 до 5,8. У зависности од недостајуће количине гликогена рН вриједност се може зауставити на 5,8 до 7,0 и више (Rede i Petrović). DFD месо код говеда се појављује када је крајњи рН једнак или већи од 6,0 или код свиња ако је већи од 6,2. Високи крајњи рН смањује губитке пигмента и денатурацију протеина из меса и тако утиче на повећање способности за апсорпцију свјетлости, што месу даје тамнији изглед. Високи рН повећава афинитет протеина за везивање молекула воде, омогућавајући да највећи дио воде у месу остане везан за миофибриларне протеине. Због слабе киселости мишића, не долази до промјене пермеабилности сарколема, због чега слободна вода не дифундује у екстрацелуларне просторе. Према томе, највећи дио течности остаје у мишићним влакнима која су једра. Микроструктура меса је „затворена“ за излазак воде.

DFD месо је чврсто (једро, скоро тврдо), суво (потпуно везана вода), понекад и лијепљиво (набубрели протеини). Боја сировог пресека DFD меса је тамнија од комада меса са нормалним крајњим рН. За разлику од нормалног меса (које постаје свијетлоцрвено), у току двосатног хлађења у ваздуху (кисеонику),

површина пресека DFD меса остаје тамна (миоглобин се не оксидује у оксиммиоглобин).

Иако наглашено висока способност везивања воде (WHC) чини DFD месо супериорном сировином за израду индустријских производа од меса, али проблеми током продаје у малопродаји и већа подложност микробиолошком кварењу узрок су ограничења и бриге за кориштење DFD меса. То је посебно специфично за индустрију прераде говеђег меса (Lopez-Bote 2017). Може се рећи, да појава DFD меса представља један од највећих недостатака у квалитету меса. Недостаци квалитета DFD меса односе се на боју, њжност, сочност, укус, рок трајања итд. DFD месо није прихватљиво за потрошаче. Они сматрају да тамно месо потиче од старих животиња или животиња са којима се лоше поступало. DFD је описано као жилаво месо са нежељеним укусом и кратким роком одрживости.

Нагли прекид крвотока и смањење допреме кисеоника узрокују драстично смањује количине енергије произведене у митохондријама. То узрокује накупљање реактивних форми кисеоника и оксидативни стрес, који покрећу различите механизме (на примјер, аутофагија) (Rubio-González et al. 2015; Potes et al. 2017; Díaz et al. 2020). На оксидативни стрес у мишићном ткиву утиче мијешање непознатих животиња прије клања. Овај процес покреће аутофагију (Potes et al. 2017) и утиче на конверзију мишића у месо.

Висока вриједност рН, карактеристична за DFD месо, негативно дјелује на квалитет меса. Код високог рН долази до повећања простора унутар и између миофибрила. То резултира бубрењем и повећањем капацитета задржавања воде, повећањем апсорпције свјетлости и смањем рефлексије свјетлости (Ramanathan et al. 2020).

Развој DFD меса је веома сложен процес на који утиче велики број фактора (фактори везани за фарму, фактори везани за транспорт, боравак у оборима и кланици и специфични фактори зависни од саме животиње). На појаву DFD меса утичу фактори који *post mortem* убрзавају потрошњу гликогена, потребног за анаеробну гликолизу у мишићима (Muchenje et al. 2009; Ronnampalam et al. 2017). DFD стање изазвано стресом прије клања утиче на брзу потрошњу резерви гликогена у мишићима. Последица тога је заустављање процеса гликолизе и стварања млијечне киселине, што има негативан утицај на смањење рН мишића (Shange et al. 2019).

Излагање животиња стресу прије клања (PSS) покреће серију физиолошких реакција које утичу на метаболизам мишића *post mortem*. Како би се удовољило потребама за енергијом под стресом покреће се механизам разградње гликогена (гликолиза). DFD услови се развијају у мишићима

животиња које прије искрварења нису успјеле обновити резерве гликогена у мишићима. Попуњавање резерви гликогена у мишићима током периода опоравка је обично спор процес, посебно код преживара. Ово се обично приписује релативно ниском садржају глукозе у крви код преживара, јер је њена апсорпција у гастроинтестиналном тракту преживара врло мала.

Сматра се да је тамнија нијанса боје DFD меса посљедица утицаја високог капацитета задржавања воде, који омогућава да DFD месо упија, умјесто да одбија, свјетлост са површине (Holman et al. 2016; Mahmood et al. 2017; Loredano-Osti et al. 2019). Већа рефлексија повезана је са више влаге на површини меса (Dikeman et al. 2013). Штавише, повишени рН мишића може повећати активност митохондрија и потрошњу кисеоника, што утиче на интензивније стварање редукованог облика миоглобина (Mb) и развоја тамније боје меса (English et al. 2016).

Испитујући везу боје DFD говеђег меса са другим карактеристикама квалитета меса Li et al. (2020) дошли су до следећих закључака: типична DFD говедина (рН > 6,09) је имала најмањи гликолитички потенцијал, L^* , a^* , b^* и садржај оксимиоглобина, те највећи капацитет задржавања воде и садржаја миоглобина (Mb) првог дана складиштења. Гликолитички потенцијал био је у позитивној корелацији са R630/580 и садржајем оксимиоглобина, и у негативној корелацији са рН вриједношћу. Капацитет задржавања воде био је директно повезан са садржајем редукованог облика миоглобина (Mb). Атипична DFD говедина ($5,70 < \text{pH} \leq 6,09$) показала је већу вриједност силе смицања, која је била у позитивној корелацији са садржајем метмиоглобина.

Више аутора је истраживало узроке промјене боје меса говеда и свиња у генетским разликама животиња. Те Pas et al. (2010) су идентификовали 16 гена које су повезали са бојом меса свиња расе Pietrain. Анализирајући утицај различитих фактора на квалитет меса баскијских и великих бијелих свиња, Damon et al. (2013) идентификовали су три групе гена које су у значајној корелацији са параметрима боје меса. Наведени и резултати других истраживања повезују гене, који кодирају протеине за транспорт миоглобина и гвожђа, са црвеном бојом меса.

Sayd et al. (2006) пронашли су 22 протеина или фрагмената протеина који су били различито заступљени у *m.semimembranosus* свијетлог и тамног меса. Мишићи који дају тамније месо били су оксидативнији и карактерише их велики број ензима респираторног ланца митохондрија (на примјер, хемоглобин) и неких молекуларних пратилаца (на примјер, *Hsp27*, *α B-crystallin*, *Hsp70* и *Grp58*). Насупрот томе, садржај гликолитичких ензима (на примјер, glutathione S-transferase w и cyclophilin D) био је већи код узорака свијетлог меса.

Осим PSE и DFD меса, могу се јавити и други типови дјелимично промијењеног меса: црвено, меко, водњикаво (*Reddish, Soft, Exudative, RSE*); блиједо, чврсто, неводњикаво (*Pale, Firm, Non-exudative, PFN*) и црвено, чврсто, неводњикаво RFN (*Reddish, Firm, Non-exudative*) месо.

4.9. Непожељне промјене у месу *post mortem*

Кварење меса. Различити узроци могу довести до драстичне промјене боје, конзистенције, тесктуре, спољашњег изгледа, мириса или укуса меса. Ако се десе тако интензивне промјене у месу, сматра се да је оно захваћено процесима кварења. У том случају, месо није безбједно за исхрану људи и у овом поглављу неће бити посматрано из угла осигурања квалитета.

Смрдљиво зрење меса. Под удређеним условима постмортални процеси током складиштења меса могу довести до појаве познате као смрдљиво зрење меса. Смрдљиво зрење меса је ензиматски процес, који може довести до забуне у смислу да месо захваћено овим процесом буде замијењено са месом захваћеним процесима кварења. Смрдљиво зрење не представља нормални ток зрења меса, него процес током којег се у месу накопљају испарљива једињења и органске киселине мале молекулске масе (сирћетна, пропионска и бутерна) за које је карактеристичан неријатан мирис. Овај процес захвата трупове/полутке свиња и перади, који су недовољно охлађени и који се чувају или транспортују код виших температура, ниске циркулације и високе релативне влажности ваздуха. Смрдљиво зрење се јавља и код мљевеног меса, уколико је током уситњавања дошло до његовог загријавања (Teodorović i sar. 2015).

Месо захваћено смрдљивим зрењем има киселкаст мирис и блиједу боју са евентуалним зеленим дисколорацијама. Месо има низак рН (5,1-5,3), што утиче на ток реакција у месу током топлотне обраде (већи губитак воде, бакарно црвена боја, повећан садржај сумпор-водоника итд). Промјене су израженије у дубини него на површини комада меса. У месу нема слободног амонијака (у процесу смрдљивог зрења не учествују бактерије!), што се може искористити за разликовање меса захваћеног смрдљивим зрењем од поквареног меса. Поред ове, могу се употријебити и друге методе прегледа меса: мјерење рН меса, микробиолошка анализа, проба кувања и проба печења итд. Месо захваћено смрдљивим зрењем има киселу, а покварено месо базну рН вриједност; у њему нема бактерија које узрокују кварење меса; у почетку топлотне обраде смрдљиво месо има непријатан киселкаст мирис који се касније губи, док се код поквареног меса непријатни мирис и укус дуже задржавају. Нажалост, није искључена могућност да месо

истовремено буде захваћено процесима смрдљивог зрења и кварења. То захтијева додатни опрез током прегледа меса (Teodorović i sar. 2015).

4.10. Квалитет трупова заклане стоке

Вриједност трупова закланих животиња подједнако је предмет интересовања примарне производње, индустрије прераде меса и потрошача. Пошто је месо у полуткама главни и највреднији производ клања, то би количина меса у полуткама или кланична маса, могла бити важан параметар за утврђивање вриједности трупова. Месо у полуткама садржи различита ткива, од којих нека нису јестива, то би утврђивање удјела тих ткива било бољи параметар (Rede i Petrović 1997). Наредни параметар се може везати за квалитет меса и масног ткива (боја, сочност, текстура итд). Вриједност трупа заклане животиње зависи од количине и квалитета меса и других ткива. Најтачнији подаци о количини меса се могу добити дисекцијом, односно одвајањем ткива и њиховим вагањем. То је скуп поступак и није га могуће провести у свакодневној пракси. Утврђивање квалитета појединих ткива на линији клања је такође прескупо. Да би се у току процеса производње добили подаци о количини и квалитету меса, користе се различите методе процјене вриједности трупова закланих животиња.

4.10.1. Процјењивање вриједности трупова животиња за клање

Вриједност меса, односно вриједност трупова закланих животиња, зависи од великог броја унутрашњих и вањских фактора. Ови фактори дјелују и на квалитативна и на квантитативна својства. За процјену квалитета веома важно је познавати факторе који дјелују током живота животиње: врста, раса, пол и старост грла, функција мишића, начин држања, употребе и исхране животиње.

У пракси се примјењују различити показатељи на основу којих се врши процјена. Они зависе од врсте животиње. Показатељи морају бити препознатљиви и једноставни за одређивање. Процјена квалитета трупова меса – класирање трупова, укључује више параметара: маса и категорија животиње, кланична маса трупа, рандман клања, конформација трупа, прекривеност трупа масним ткивом, величина пресјека леђног мишића (*m.longissimus dorsi*) итд. (Teodorović i sar. 2015).

За објективну процјену вриједности је потребно користити више показатеља, а у зависности од намјене процјене. Процјена трупова може бити квалитативна (одређују се јестиви, визуелни и технолошки параметри

квалитета) и квантитативна (одређује се количина меса, односно однос ткива у трупку заклане животиње). Системи оцјењивања трупова/полутки су подложни промјенама које су засноване на истраживањима у овој области и које су у складу са развојем тржишта.

Субјекат који послује са храном мора обезбиједити јасан систем идентификације и кроз систем следљивости повезати трупове, полутке и четврти са животињом од које су добијени. Особе које проводе разврставање трупова/полутки (класификатори) утврђују исправност кланичне обраде трупа/полутке, утврђују категорије и класе, означавају трупове/полутке жигом и припремају извјештај о обављеном класирању. Након проведеног поступка, трупови/полутке се означавају ознаком квалитета и сачињава се записник са информацијама на основу којих је израђена класификација.

Месо говеда. За квантитативну процјену трупова говеда најчешће се користе: жива маса грла, кланична маса, површина пресјека *M.longissimus dorsi*, дебљина слоја изнад *M.longissimus dorsi*, удио лоја у тјелесним шупљинама. Многа својства квалитета меса говеда зависе од старости и пола животиња. То захтјева да се код квалитативне процјене одреде старост (физиолошка зрелост) и пол животиње. Квалитативна процјена трупова говеда обухвата: старост (физиолошка зрелост), пол, мраморираност, структура мишића, чврстина мишића, боја мишића, конфигурација трупа, развијеност масног ткива (Rede i Petrović 1997).

Повећање трговине месом говеда и обавезе приликом формирања цијене утицале су да се у Европској унији (ЕУ) осамдесетих година XX вијека уведу стандардизовани систем класификације трупова говеда, под називом EUROP (Bonny et al. 2017).

На основу старости и физиолошког стања животиње, трупови/полутке се дијеле на седам категорија (трупови животиња старих 8–12 месеци; трупови некастрираних животиња старих од 12 мјесеци и млађих од 24 мјесеца, трупови некастрираних животиња старих 24 мјесеца и више, трупови кастрираних мушких животиња старих 12 мјесеци и више, трупови женки које су се телиле и трупови других женки старијих 12 мјесеци и више (EU 2013).

Да би се осигурало јединствено разврставање трупова говеда старијих од осам мјесеци у ЕУ уведене су класе на основу конформације и степена прекривености трупа масним ткивом (EU 2013; EU 2017). Унутар сваке од наведених категорија, трупови се разврставају на класе (класирање трупова). У различитим државама током класирања примјењују се различити критеријуми: маса трупа/двје полутке, конформација трупа, прекривеност

трупа и мраморираност трупа масним ткивом, боја мишићног и масног ткива, структура и конзистенција мишићног и масног ткива.

У земљама ЕУ класирање трупова говеда заснива се на два критеријума: конформација и степен развијености масног ткива (ЕУ 2013). Скала EUROP система за класирање трупова говеда садржи 5 нивоа оцјене за конформацију и 5 нивоа оцјене за прекривеност трупа масним ткивом. Према конформацији (развијеност профила трупа) класе трупова говеда могу бити: S (врхунска), E (изврсна), U (врло добра), R (добра) O (осредња) и P (слаба). Повољна конформација трупа/полутке подразумијева да су сви профили добро развијени и заобљени са изразитом развијености мишића, док су удубљени профили, слабо развијени бутови и уска леђа карактеристични за слабу (неповољну) конформацију. Степен развијености масног ткива дефинише се као количина масног ткива на површини трупа и у унутрашњости грудне шупљине. На основу овог параметра класе трупова говеда се означавају са бројевима од 1 до 5 и то: 1 (веома слаба), 2 (слаба), 3 (средња) 4 (јака) и 5 (веома јака). Оцјеном 1 се означава класа трупа који је без наслага масног ткива или са веома танким наслагама масног ткива, док оцјеном 5 се описује труп који је у цјелости прекривен масним ткивом уз дебеле насlage масног ткива у грудној шупљини (Polkinghorne and Thompson 2010; EU 2013; Bonny et al. 2017).

Унапређењем метода оцјене квалитета трупова говеда бавио се већи број истраживача (Santos et al. 2013). Метода анализе слике може се сматрати побољшањем EUROP методе визуелне процјене трупова ради предвиђања укупног приноса меса и приноса различитих комерцијалних квалитетних категорија меса бикова (Oliver et al. 2010). За предвиђање удјела мишићног и масног ткива у труповима говеда Meunier et al. (2020) предлажу употребу метода анализе слике добијене употребом паметних телефона.

Оцјењивање трупова говеда за комерцијалну употребу (трговина труповима/полуткама) у Јапану је у примјени више од 50 година (Strong 2004). *Japanese Meat Grading Association* (JMGA) је разрадила и примјењује систем оцјењивања на основу квалитета и приноса трупова. Принос и квалитет се процењују на пресјеку добијеном резом између шестог и седмог ребра. Оцјена квалитета меса је изражена кроз 4 параметра: мраморираност, боја меса, текстура и чврстоћа меса и квалитет и сјај масти (Strong 2004). У систему оцјењивања JMGA принос трупова се оцјењује оцјенама А, В и С, док се квалитет оцјењује оцјенама 1 до 5. Укупна оцјена трупа се даје заједно (на примјер, А5: 5 за принос + 5 за квалитет).

Канадски систем класирања говеђих трупова заснива се на оцјени зрелости трупа, развијености површинског масног ткива, боје меса, боје и текстуре

масти и степена мраморираности (Canadian Beef Grading Agency 2015). Разврставање трупова се врши између класа (grade): класа А (када је дебљина масног слоја већа од 2 мм), класа В (када је дебљина масног слоја мања од 2 мм), класа D (примјењује се за оцјену зрелих трупова) и класа Е (примјењује се само код оцјене трупова бикова). Унутар ових класа дефинисане су подкласе.

Према захтјевима потрошача, а у складу са мјерљивим параметрима квалитета меса (изглед, њежност, сочност и укусу), видљива је подјела тржишта. Ти захтјеви су проширени на низ нових параметара: добробит животиња, органска производња, забрана употребе хормона, безбједност и утицај на здравље, одрживост и други. Као одговор на наведене захтјеве, узгајивачи говеда и кланична индустрија, проводе програме брендирања и увођена система сертификације од стране независних тијела (Canadian Beef Grading Agency 2015). У циљу унапређења квалитета говеђег меса кланична индустрија уводи нове системе оцјене квалитета трупова који се заснивају на кориштењу савремених мјерних иструмената (Bonny et al. 2017).

Наглашени захтјеви за повећање квалитета говеђег меса могу негативно утицати на ефикасност током узгоја говеда. Према статистичким подацима за период између 2005. године и 2014. године (CanFax 2015), у Канади је дошло до повећања учешћа трупова оцјењених као ААА за 10% и смањења удјела трупова који су за принос добили оцјену Canada 1 са 65,9% (у 2005. години) на 50,5% (у 2014. години). López-Campos et al. (2012) предлажу уравнотежење захтјева индустрије у вези повећања квалитета меса и мјера за обезбјеђење ефикасности примарне производње.

Систем класификације трупова у земљама Европске уније не одражава разлику у квалитету меса различитих регија. Као што је речено, Европски систем класификације трупова се користи као обавезни систем извјештавања о цијенама у ЕУ. Он не захтјева вредновање и продају трупова помоћу овог система. JMGA је дала систем који, као и већина шема за класификацију трупова, првенствено представља механизам за трговање труповима, мада се, као и код USDA система оцјењивања, утицај мраморираности на укусу, у извјесној мјери, користи за разврставање трупова према јестивом квалитету.

За разлику од других система, који се заснивају на приносу, у САД је развијен систем чији је нагласак на показатељима јестивог квалитета меса (Bonny et al. 2017). Од самог почетка примјене, овај систем је кориштен само за оцјењивање квалитета, док је оцјена приноса уведена много касније (било као додатак било као алтернатива оцјени квалитета).

Према садашњем америчком (USDA) систему класирања и оцјењивања, трупови говеда се оцјењују са двије оцјене, једна за оцјену квалитета, а друга

за оцјену приноса. У својим трансакцијама и одлукама, кланична индустрија и купци могу користити само оцјену приноса или само оцјену квалитета, или могу комбиновати оба начина оцјењивања (Vonny et al. 2017). Овај систем оцјењивања препознаје пет полно-старосних класа: волови, млади бикови, бикови, јунице и краве. Класирање трупова се врши, након клања, при чему се процјењују полне карактеристике и показатељи зрелости (на примјер, окоштавање и текстура/боја меса).

Оцјена квалитета говеђих трупова заснива се на оцјени старости (физиолошке зрелости) (*maturity*) и мраморисаности (*marbling*) трупа, структуре и боје мишића. Постоји осам оцјена квалитета (engl., *quality grades*): Prime, Choice, Select, Standard, Commercial, Utility, Cutter и Canner. У систему се користи пет група зрелости: А – Е и седам група за мраморисаност. Старост се првенствено процјењује на основу окоштавања рскавице, боје мишића и текстуре мишића итд. Мраморисаност се бодује визуелном оцјеном површине *m.longissimus dorsi* и додјељивањем оцјене која одговара количини видљиве масти у мишићном ткиву.

Месо свиња. У принципу за производњу меса користе се свиње млађе од 12 мјесеци, тако да разлике у квалитету меса (боја, њежност итд) нису посљедица разлика у физиолошкој зрелости. Код квантитативне процјене трупова свиња користе се сљедећи параметри: кланична маса, дебљина леђне сланине, дужина полутке, површина пресјека *M.longissimus dorsi* и постотак меса у појединим дијеловима. Квалитативна процјена обухвата: боју, чврстоћу, структуру и мраморисаност. Мјерење масе и класирање трупова/полутки мора бити обављено најкасније 45 минута након искрварења. Маса охлађених трупова је мања за око 2% у односу на масу топлих трупова.

Према старости животиња, одређују се сљедеће категорије свиња: прасад, лаке (младе) свиње, товне свиње, крмаче, млади нерастови и старији (тешки) нерастови.

Класирање трупова свиња (односи се само на категорије товне свиње и лаки нерастови) заснива се на мјерењу удјела (%) мишићног ткива у трупу. У земљама Европске уније за одређивање класе користи се SEUROP скала. Према SEUROP-у трупови се разврставају на једну од шест класа: S (удио мишићног ткива у трупу је 60% и више), E (55–59%), U (50–54%), R (45–49%), O (40–44%) и P(<40%) (EU 2013). Удио мишићног ткива се одређује помоћу метода које је одобрила Европска комисија (EU 2013). Према потреби државе чланице ЕУ, осим масе трупа и удјела мишићног ткива у трупу, могу увести нове критеријуме, а класе подијелити на подкласе (EU 2017).

Gennaro et al. (2021) су анализирали везу између EUROP класирања трупова и састава масних киселина у труповима италијанских великих тешких свиња. Утврдили су да је EUROP класирање свињских трупова повезана са саставом масти, тако да трупови R и O садрже више засићених масних киселина, а P и U класе садрже више линолне киселине.

Месо оваца и месо коза. Квантитативна процјена вриједности трупова оваца обухвата сљедеће показатеље: кланична маса, површина пресјека *M.longissimus dorsi*, дебљина лоја на леђима, количина бубрежног и карличног лоја, однос масе бута према маси цијелог трупа. Код квалитативне процјене квалитета узимају се: конформација трупа, физиолошка зрелост, дебљина и чврстина трбушног зида и чврстина лоја.

Према ЕУ прописима трупови оваца се дијеле у двије категорије: трупови оваца млађих од 12 мјесеци и трупови осталих оваца (ЕУ 2013). За разврставање на класе служе два критеријума: конформације трупа и прекривености масним ткивом (ЕУ 2017). Код параметра конформација трупа користи се скала са шест класа: S (врхунска), E (изврсна), U (врло добра), R (добра), O (осредња) и P (слаба). Повољна конформација подразумејева да су бутови изразито попуњени и заобљени, а сви профили наглашено заобљени. Леђа треба да буду врло широка, заобљена и врло попуњена цијелом дужином. Плећке, такође треба да буду високо заобљене. Слабу конформацију имају трупови код којих су бутови слабо развијени, имају конкаван изглед, леђа уска и удубљена са избоченим костима, а плећке уске и равне. Поред тога, пожељно је да труп оваца буде равномјерно прекривен масним ткивом. Према степену прекривености трупа оваца масним ткивом дефинисане су сљедеће класе: 1 (врло слаба прекривеност), 2 (слаба), 3 (средња), 4 (јака) и 5 (веома јака). Ради прецизнијег одређивања класа трупова оваца, за опис конформације и степена прекривености трупова масним ткивом, користе се додатне одредбе (описи). За разврставање трупова јагњади лакших од 13 кг (категорија А, В и С) дата је посебна скала. Оцјена се врши на основу боје и прекривености масним ткивом.

Месо коза се у промет ставља као јаретина или козетина. Дефиниције које се односе трупове коза идентичне су онима који се односе на месо оваца.

4.10.2. Расијецање трупова у основне дијелове и категоризација меса

Месо произведено у кланицама је намјењено преради и продаји. Трупови, полутке и четврти, рјеђе месо у основним дијеловима, намјењени су за продају на велико. У малопродаји пласира се месо у основним дијеловима.

За прераду месо се расијеца, откоштава или се добијени комади обликују према намјени. Начини расијецања меса су различити у појединим државама. У међународном промету меса примјењује се начан расијецања какав се захтјева у држави увозници, односно какав захтијева купац (Rede i Petrović 1997).

Месо намјењено велепродаји продаје се у труповима (јагњеће), у полуткама (свињско и говеће) или четвртима (говеће). У новије вријеме месо се пласира и у основним дијеловима (свињско и говеће) или у велепродајним комадима (говеће). У примјени је велики број начина расијецања трупова на полутке, четврти и основне дијелове. Приликом расијецања кланица се мора придржавати важећих прописа који то дефинишу. Расијецање меса у основне дијелове и категоризација меса за малопродају су важан сегмент код одређивања квалитета меса у труповима.

Расијецање трупова говеда. Начин расијецања трупова говеда и јунади је исти. Труп се расијеца на 12 основних дијелова: бут, кољеница, слабина, потрбушина, бифтек, леђа, ребра, потплећка, плећка, груди, врат и подлактица (Teodorović i sar. 2015). Основни дијелови трупа говеда разврставају се у 4 категорије: ван категорије (бифтек), I категорија, II категорија и III категорија; трупови телади разврставају се у 3 категорије (I, II, III), док се бифтек не издваја и остаје заједно са слабином.

Расијецање трупова свиња. Трупови свиња се расијецају на 10 основних дијелова: бут, слабина, леђа, врат, плећка подлактица, груди, ребра, трбушина и поткољеница (Teodorović i sar. 2015). Основни дијелови трупа свиња разврставају се у категорије: екстра категорија (филе), I категорија, II категорија и III категорија. Месо свиња у промет се ставља са костима или без костију.

Расијецање трупова оваца и коза. Расијецање трупова оваца и јагњади је идентично начину расијецања трупова телади. Основни дијелови трупова оваца и јагњади разврставају се у три категорије (I, II, III). Начин расијецања и стављања у промет меса коза је идентично начину расијецања трупова оваца.

4.10.3. Иструменти за мјерење параметара квалитета меса у труповима/полуткама

Подаци о параметрима квалитета трупова на линији искрварења могу се добити на различите начине. За оцјену меснатости трупова свиња често се користи лењира од нерђајућег челика (ручни поступак оцјене линеарних мјера – „поступак двије тачке“), оптичко-електронских инструмената, ултразвучних инструмената, видео мјерних уређаја за анализу слике итд. Наведени поступци могу бити инвазивни и неинвазивни. У кланицама

великог капацитета користе се различити аутоматски уређаји. Ови системи омогућавају оцјену великог броја трупова/полутки и обраду добијених података (Teodorović i sar. 2015).

За процјену удјела мишићног ткива у трупу свиња користи се метода потпуног или дјелимичног расијецања (дисекције) лијеве полутке (EU (2017)). Када се проводи потпуно расијецање, референтни постотак мишићног ткива рачуна се на основу следеће формуле:

$$Y = \frac{(100 \times \text{маса мишићног ткива})}{(\text{маса трупа})}$$

Маса мишићног ткива се израчунава одузимањем укупне масе дијелова који нису мишићно ткиво од укупне масе трупа прије расијецања.

Ако се проводи дјелимично расијецање, одређивање удјела мишићног ткива се заснива на расијецању четири основна дијела (плећке, леђа, бут и трбушина) плус маса филеа. Формула за израчунавање:

$$Y = \frac{(100 \times \text{маса филеа} + \text{маса мишићног ткива у лопатици, леђима, шунки и трбушини})}{(\text{маса филеа} + \text{маса лопатице, леђа, шунке и трбушине прије расијецања})}$$

Маса мишићног ткива четири главна комада се израчунава одузимањем укупне масе дијелова који нису мишићно ткиво од укупне масе трупа прије расијецања. Системска грешка између потпуног и дјелимичног расијецања коригује се на основу потпуног расијецања подузорка.

У кланицама се користе различити електронско-оптички инструменти: Intrascope, Hennessey Grading Instrument, Fat-O-Meat'er. На бази ултразвука заснива се рад UltraFOM, AutoFOM, CSB Ultra-Meater (Spanish authorities 2012; Gangsei et al. 2016; Jansons et al. 2016). Уређаји емитују звучне таласе. Када талас на свом путу наиђе на разлику у густини ткива (на примјер, прелаз између масног и мишићног ткива) рефлектује се ехо који детектују сензори у инструменту. Вријеме које протекне између тренутка слања таласа и појаве еха, инструмент преводи у растојање (мм). Резултати мјерења се, уз помоћ самог инструмента или компјутерског програма повезаног са инструментом, претварају у проценте меса.

У складу са развојем инструмената мјерења, за оцјењивање квалитета меса уводе се нови инструменти. У месној индустрији у Ирској одобрено је коришћење: Hennessey Grading Probe 2 (HGP 2), Hennessey Grading Probe 2 (HGP 2), Fat-O-Meat'er II (FOM II) и AutoFom III (EC, 2018), док је у Пољској одобрена употреба 11 метода мјерења (10 инструменталних и једна ручна метода): Capteur Gras/Maigre – Sydel (CGM), Ultra FOM 300, Fully automatic ultrasonic carcass grading (Autofom), IM-03, Autofom III, CSB-Image-Meater (CSB), Fat-O-

Meater II (FOM II), ULTRA-FOM 300, gmSCAN, ESTIMEAT, MEAT3D, FULLY AUTOMATIC ULTRASONIC CARCASS GRADING (AUTOFOM), Hennessy Grading Probe 2 (HGP 2), Hennessy Grading Probe 7 (HGP 7), односно ручна метода означена као ZP (EC 2018; EC 2011; EU 2019).

Током процјене меснатости трупова свиња могу се користити мјерни инструменти за анализу слике (Vision system, CSB Image-Meater и други). Ови инструменти имају видео камере помоћу којих се снима труп и идентификује структура меса. На основу анализе слике, а уз помоћ рачунара и програма за анализу слике, одређује се удио мишића и израчунава проценат меса у трупу (Teodorović i sar. 2015).

У Уредби (ЕУ) бр. 1308/2013 Европског парламента и Савета о успостављању заједничке организације тржишта пољопривредних производа (ЕУ 2013), предвиђено је да се садржај мишићног ткива током разврставања свињских трупова, мора процјењивати методама оцјењивања које је одобрила Комисија и само статистички могу се одобрити доказане методе процјене засноване на физичком мјерењу једног или више анатомских дијелова свињског трупа. За сваки инструмент, који се користи у ову сврху, дефинисане су формуле (математички модели) за израчунавање удјела меса, односно процента меса у трупу/полутки. Као примјер наведена су два модела који су одобрени за коришћење у Пољској (ЕУ 2019).

а) Правила која се примјењују када се разврставање свињских трупова врши уређајем gmSCAN. Удио мишићног ткива у трупу свиња (маса 60 до 120 кг – топли труп):

$$Y = 44,589 - 0,190 \times CW + 2\,341,210 \times (Q1/CW) - 936,097 \times (Q2/CW) + 1\,495,516 \times (Q3/CW)$$

при чему су: Y = процијењени постотак мишићног ткива у трупу; CW = маса топлог трупа (у килограмима); Q1, Q2 и Q3 = одговор магнетне индукције (у волтама) у предјелу бута, средњег дијела трупа и лопатица.

При употреби уређаја gmSCAN утврђују се диелектрична својства трупа без контаката на примјени магнетске индукције. Мјерни систем се састоји од низа одашиљачких завојница које граде промјениво магнетско поље ниског интензитета. Пријемне завојнице претварају сигнал сметњи у магнетском пољу, које узрокује труп, у сложеним електричним сигналимa повезаним са диелектричним параметрима мишићног и масног ткива трупа.

б) Правила која се примјењују када се разврставање свињских трупова врши уређајем ESTIMEAT. Удио мишићног ткива одређује се према формули:

$$Y = 38,39317497 + 508,24 \times X_1 - 148,557 \times X_2 - 3,63439 \times X_3 + 2,481331 \times X_4 + 8,353825 \times X_5 + 2,75896 \times X_6 + 268,8835 \times X_7$$

при чему су: Y = процијењени постотак мишићног ткива у трупу; X_1 = збирна грешка усклађивања тачака попречног пресека круга са полупречником R_{sf} у тачки P-66; X_2 = вањска заобљеност трупа између максималне заобљености буте и лопатице у тачки у тачки Z-80; X_3 = збирна грешка усклађивања тачака попречног пресека круга са полупречником R у тачки P-58/збирна грешка усклађивања тачака попречног пресека круга полупречника R у тачки P-67; X_4 = збирна грешка усклађивања тачака попречног пресека круга са R_{sf} у тачки P-103/ збирна грешка усклађивања тачака попречног пресека круга полупречника R_{sf} у тачки P-111; X_5 = дјелимична дубина попречног пресека у тачки P-49 на 3/10 ширине пресека/дјеломична дубина попречног пресека у тачки P-49 на 5/10 ширине пресека; X_6 = највећа дубина попречног пресека у тачки P-18/највећа дубина попречног пресека у тачки P-49; X_7 = дјелимична грешке прилагођавања тачака попречног пресека круга полупречника R у тачки P-72 на 4/10 површине попречног пресека.

Уређај ESTIMEAT користи дубинску камеру за израду тродимензионалних слика трупа и параметара облика трупа који се процијењују. Одређује се 130 попречних пресека, а за израду удјела мишићног ткива у трупу за сваки пресјек одређују се сљедећи параметри: величина површине, круг, заобљеност.

ц) Правила која се примјењују када се разврставање свињских трупова врши уређајем MEAT3D. Удио мишићног ткива одређује се према формули:

$$Y = 50,36925112 + 0,543385 \times X_1 - 9,06185 \times X_2 - 10,83 \times X_3 + 488,8033 \times X_4 - 2,56922 \times X_5 + 17,34226 \times X_6 - 2,00088 \times X_7$$

При чему су: Y = процијењени постотак мишићног ткива у трупу; X_1 = збирна грешка усклађивања тачака попречног пресека круга са полупречником R_{sf} у тачки P-49/збирна грешка усклађивања тачака попречног пресека круга полупречника R_{sf} у тачки P-23; X_2 = збирна грешка усклађивања тачака попречног пресека круга са полупречником R у тачки P-79/највећа вриједност заобљености круга у тачкама P50 – P99; X_3 = полупречник заобљености круга у тачки P-68/полупречник заобљености попречног пресека у тачки P-51; X_4 = дјелимична грешка усклађивања тачака попречног пресека круга полупречника R у тачки P-70 на 3/10 површине попречног пресека; X_5 = збирна грешка прилагођавања тачака попречног пресека круга полупречника са полупречником R_{sf} у тачки P-55/збирна грешка

прилагођавања тачака попречног пресека круга полупречника R_{sf} у тачки Р-71; X_6 = дјелимична дубина попречног пресека у тачки Р-62 на 3/10 ширине пресека/дјелимична дубина попречног пресека у тачки Р-62 на 6/10 ширине пресека; X_7 = дјелимична дубина попречног пресека у тачки Р-33 на 2/10 ширине пресека/највећа вриједност плећке.

MEAT3D за израду тродимензионалних слика трупа и процјењене параметара облика трупова користи скенер. Током поступка скенирања свињски труп налази се у посебном оквиру. Одређује се 130 попречних пресека, а за израду удјела мишићног ткива у трупу за сваки пресјек мјере се сљедећи параметри: величина површине, круг, заобљеност.

Поступак „двје тачке“ је један од недеструктивних поступака мјерења, који подразумијева мјерење дебљине сланине са кожом (изражено у мм) на најтањем дијелу (мјесту гдје је *m.gluteus medius* највише урастао у сланину) и мјерење дебљина *m.longissimus dorsi* (изражено у мм). Ово мјерење се проводи на мјесту гдје је најкраћа удаљеност од кранијалног завршетка *m.gluteus medius* са дорзалним рубом кичменог канала. На основу ручно измјерених вриједности, проценат се израчунава на основу одговарајуће формуле.

4.10.4. Програми за сертификацију производа

Да би потрошачи стекли повјерење у одређену марку или производ у погледу безбједности, квалитета, стандарда обраде и следљивости, веома важну улогу има размјена информација између произвођача и потрошача. Произвођачи користе различите начине да провјере и потрошачима представе квалитет својих производа, укључујући свјеже месо и производе од меса. У пракси се користе различити системи за сертификацију производа и системи за брендирање производа након којих се производу додјељује специфична ознака квалитета. Током додјеле наведених ознака квалитета примјењују се специфичне процедуре, током којих се користе стандарди или смјернице који се не налазе у званичним нормама које прописује власт. У суштини, ови захтјеви егзистирају паралелно са службеним нормама и углавном прописују оштрије захтјева. Добијене ознаке потврђују да прехрамбени производ посједује специфичне карактеристике које му дају виши ниво квалитета у односу на еквивалентне производе.

Шеме осигурања квалитета, које се ослањају на сертификацију постају све популарније у ланцу снабдјевања храном. Један број стандарда и шема за сертификацију усмјерен је на квалитет производа (Bonny et al. 2017).

У Европској унији се користе различити системи истицања ознака (*Labels*), који се могу примјенити на свјеже месо и производе од меса: PDO (*Protected Designation of Origin*), PGI (*Protected Geographical Indication*), TSG (*Traditional Specialty Guaranteed*) и органска пољопривреда (*Organic Farming*) (EU 2021). Иако изричито не гарантују квалитет производа, ове ознаке за потрошаче представљају препознатљив облик квалитета. PGI и органска пољопривреда немају стандарде или захтјеве у погледу квалитета исхране становништва. PGI даје потврду да производ потиче из одеђеног подручја, док органска производња означава да је производ израђен на начин који не угрожава животну средину. PDO и TSG ознаке указују на методе израде производа, традиционалне методе производње или методе које су специфичне за израду датих производа, али без спецификације у погледу јестивог квалитета. Док PDO указује и на регион из којег потиче производ и има специфичну технологију израде, докле TSG указује на традиционалне методе израде производа (EU Commission 2021). У месној индустрији највише у употреби су PDO и PGI сертификати.

Потрошачи могу развити повјерење у познате брендове, који кроз рекламу дају гаранцију квалитета као нешто по чему се њихови производи разликују од других производа на тржишту. Током самопромоције брендови наглашавају да користе више стандарде квалитета од уобичајених производа. Своје тврдње они поткрепљују строгим смјерницама произвођача или поступцима независне сертификације (Bonny et al. 2017).

Ознака Rouge (*Label Rouge*) је бренд квалитета, који се користи у Француској. Виши ниво квалитета је резултат примјене посебних услова у производњи или преради. Он мора бити у складу са спецификацијама по којима се производ разликује од других сличних производа присутних на тржишту.

Ознака „Органско месо“ (*Organic Meat*) пружа информације о унутрашњим факторима који се односе на производ (здравље људи и безбједност хране) и о спољним факторима који се односе на производњу/прераду (добробит животиња и утицај на животну средину). Другим ријечима, ове ознаке нуде информације о здравственим, еколошким и социјалним факторима који утичу на одређивање потрошача да купују одређени производ (Janssen and Hamt 2012). Пошто потрошачи прије или током куповине не могу да процијене карактеристике производа по којима се органски производи разликују од конвенционалних производа, да би обезбиједили ознаку „органско“ произвођачи органских производа користе независну сертификацију (Padilla Bravo et al. 2013). Због претпостављене користи за здравље, околину и добробит животиња, потрошачи прихватају вишу цијену органских у односу на конвенционалне производе. Проведен је велики број истраживања (Fuller et

al. 2005; Van Loo et al. 2012; Padilla Bravo et al. 2013; Thorsře 2015) о томе да ли су органски производи супериорнији у односу на остале производе.

У Великој Британији, многи ланци снабдјевања говеђим месом користе сертификацију као алтернативни систем за оптимизацију квалитета меса. Овдје се користе различите комерцијалне спецификације засноване на принципима и препорукама Комисије за месо и стоку (*Meat and Livestock Commission*, MLC). Спецификације су повезане са захтјевима одређеног купца или са додавањем вриједности неком бренду који се пласира у конкретном ланцу снабдјевања. Овај приступ значи нови приступ у понашању узгајивача стокe и кланичне индустрије. Тражи се повећање удјела животиња које испуњавају нове захтјеве спецификације, и повећање укупног квалитета меса. У пракси, спецификације смањују разлике у квалитету производа и омогућавају квалитетнију исхрану људи. Спецификације у озбир узимају бројне факторе током цијелог ланца снабдјевања говеђим месом: генетски фактори, утицај стреса на животиње, старост животиње, начин исхране животиње, те конформацију и прекривеност трупова са машћу, брзина хлађења трупова и употреба електростимулације, начин паковања малопродајних комада и друго (Vonny et al. 2017). Шеме стандарда квалитета дају гаранције везане за безбједност хране, добробит животиња и заштиту животне средине, а додатни захтјеви у вези ограничења старости животиња и режимима зрења меса, пружају гаранцију побољшања квалитета исхране.

У САД се примјењује велики број маркетиншких програма, који су захтјевнији од норми за званичну оцјену (USDA 2016). У циљу повећања потрошње меса говеда на тржишту САД, произвођачи нуде брендиране производе (на примјер, сертифицивана говедина која потиче од грла Ангус расе и сертифицивана говедина која потиче од грла Херефорд расе). Да би подржали осигурање квалитета, брендови треба да обезбиједу USDA сертификат и да у вријеме клања животиње испуне додатне захтјеве независних стандарда квалитета (Ferrier and Lamb, 2007).

Деведесетих година XX вијека у Аустралији је дошло до пада продаје говеђег меса, при чему су као основни разлози наведени: већи захтјеви за подобност кориштења, недослиједан квалитет исхране, недостатак знања о начину расијецања меса и забринутост за очување здравља. У први план је изашао захтјев везан за јестиви квалитет меса, односно неспособност индустрије да испуни задовољство потрошача (Bindon and Jones 2001). Организацији *Meat and Livestock Australia* (MLA) развила у програм назван Аустралијски стандарди за месо (*Meat Standards Australia*, MSA). Кроз панеле и друге облике разговора MLA је прикупила информације о жељи потрошача и на

бази тога извршила анализу фактора који током производње и прераде могу утицати на квалитет исхране.

Иако је оцјењивање путем MSA добровољно, произвођачи и прерађивачи га радо користе. У периоду 2014–2015. година, примјеном MSA, оцијењено је 3,2 милиона говеда. То представља 35% од броја говеда која су заклана у сврху производње меса. MSA систем користи информације прикупљене прије, током и након клања. Оцјена квалитета је заснована на одређеним особинама животиња (на примјер, степен окоштавања, мраморираност, пол и раса животиње, тежина трупа, и евентуална употреба хормонских препарата. Од постморталних фактора посматрају се: боја меса, крајњи рН и дебљина масног слоја изнад *M.long.dorsi*. Поред тога, неопходно је поштовање стратегије за смањење учешћа тамног меса, скраћивања меса на топлоти и скраћивања меса на хладноћи. Кланична индустрија треба посебну пажњу да посвети висини крајњег рН (развој меса тамне нијансе боје) и односу температура/ пад рН током хлађења. Током оцјене квалитета, узорци меса се подвргавају различитим врстама топлотне обраде, укључујући вишедневно праћење утицаја постморталних промјена.

Примјена MSA система значајно је утицала на развој говедарства и кланичне индустрије у Аустралији, повећање квалитета говеђег меса, промјену преференција код потрошача (већи значај њежности меса), побољшање задовољства потрошача и повећање потрошње меса. У периоду између 2000. и 2006. године дошло је до повећања потрошње говеђег меса по глави становника од 1,6%, док је малопродајна вриједност меса у истом периоду порасла за 59,3% (Polkinghorne et al. 2008).

Побољшање укупног квалитета меса захтјева да све заинтересоване стране учествују у рјешавању проблема и развоју јединствене методологије за сертификацију.

4.10.5. Системи квалитета и прихватљивост сировог меса од стране потрошача

Месо је вијековима посматрано као луксузни производ. Потрошња меса зависи од куповне могућности потрошача. Постоји много фактора који утичу на потрошаче приликом доношења одлуке о куповини меса. Као што је речено, на потрошњу меса утичу унутрашњи фактори (сензорни и нутритивни квалитет производа) и спољни фактори (здравље и добробит животиња, безбједност хране, утицаји на животну средину, итд.).

У многих државама економски развој прати повећање потражње за месом, што се може објаснити на сљедећи начин. Конзумирањем меса, становништво

прво мора задовољити јестиве потребе. Када се задовоље јестиве потребе становништва, друге потребе добијају на важности (на примјер, физиолошке потребе, потребе за специфичним састојцима и безбједности хране, перцепције квалитета или друштвена питања у вези са животном средином, добробити животиња). У новонасталој ситуацији, користећи робне марке, етикете и ознаке поријекла производа, произвођачи комуницирају са потрошачима утичући на њихову лојалност и одлуку о куповини меса (Bonny et al. 2017).

Потрошња меса у свијету је промјењива категорија. Неуједначеност квалитета меса је један од важних фактора који утичу на задовољство потрошача. Farmer et al. (2016) износе податак да квалитет појединих дијелова трупа говеда у малопродаји у великом проценту (20–50%) не испуњава очекивања потрошача. Већина постојећих система класификације трупова говеда примарно указује на принос меса за комерцијалну употребу и нема директну везу са јестивим квалитетом меса (Bonny et al. 2016). Да би смањили негативан утицај, у неким државама (на примјер, Аустралија) увели су систем оцјењивања који је усмјерен на јестиви квалитет меса (Bonny et al. 2017).

Потрошачи често добијају контрадикторне, понекад и нетачне, информације о јестивој вриједности меса, односу сензорних својстава и нутритивне вриједности меса, те утицају неких састојака меса на безбједност и здравље људи. Криза која је настала током BSE (*Bovine spongiform encephalopathy*) код говеда, утицала је на знатно смањење продаје меса. Послије тога потрошачи су постали више заинтересовани за питања хигијене и безбједности производа, понекад занемарујући њихову цијену.

У најразвијенијим државама, у којима је месо производ доступан највећем броју становника, продаја меса се сусреће са конкуренцијом нових производа израђених на бази протеина из алтернативних извора.

У претходном тексту су наведени неки од разлога који иницирају развој нових иновативних алата способних да обухвате различита очекивања у једноставан и поуздан систем оцјењивања квалитета меса, који је прихватљив за месну индустрију, сточаре и потрошаче (Nocquette et al. 2014).

Одрживост и добробит животиња. Неки потрошачи сматрају да производња меса има негативан имиџ по питањима везаним за добробит животиња и угрожавање животне средине. Они се залажу за смањење потрошње меса или потпуни избјегавање конзумирања меса. Међутим, такав став је у супротности са ставовима који фаворизују конзумацију меса (на примјер, сензорни квалитет и нутритивна својства меса) (Bonny et al. 2017).

Што се тиче добробити животиња, у фокусу данашњих дискусија налазе се два главна филозофска питања: (1) Да ли људи имају право да убијају животиње, и ако имају, (2) да ли конзумирање меса подразумева неприхватљиве патње животиња? На ова питања тешко је дати одговор који ће све задовољити. Наука је дала велики број идеја чијом примјеном се може унаприједити процјена добробити животиња. Данас постоје објективнији начини за праћење добробити животиња, а сточарска праксе у вези с тим се континуирано развија и укључује нове концепте за побољшање добробити животиња и смањење патње домаћих животиње (Hocquette and Chatellier 2011).

Да би се умањило или отклонило мишљење о негативном односу производње меса према животној средини, треба: (1) прикупити и приказати податке о утицају других активности у пољопривреди на животну средину, (2) предностима интегрисаног система пољопривредне производње (отпатке из других активности користити за исхрану домаћих животиња; површине земљишта на којима се налазе травњаци не користити за друге намјене, допринос сточарства одрживом развоју ненасељених подручја и друго), (3) провести јединствена истраживања о побољшању квалитета и безбједности исхране становништва и смањења утицаја производње меса на животну средину (Bonny et al. 2017).

4.11. Закључак

Учесници у ланцу снабдјевања месом, а посебно сточарство и кланична индустрија заједнички раде на обезбјеђењу довољне количине сировог меса за цјелокупно становништво. Од њих се захтијева да месо буде безбједно у исхрани, да му је цијена приступачна и да се током производње примјењују методе које уважавају принципе добробити животиња и минимално утичу на животну средину.

Конверзија мишића (орган) у конзумно месо (храна) је врло сложен процес. Последице конверзије видљиве су у промјени физичких, хемијских и енергетских својстава меса. Брзина и обим промјене (снижења) рН вриједности у месу *post mortem* значајно утичу како на развој својстава (боја, текстура, способност задржавања воде и др.), тако и микробиолошку исправност (и одрживост) сировог меса. На интензитет ових промјена утичу бројни фактори, међу којима посебно мјесто има стрес којем су животиње биле изложене. Стрес се може смањити правилним управљањем животињама (*ante mortem*) и оптимизацијом руковања труповима (*post mortem*). Смањењем

стреса може се ефикасно смањити и учесталост абнормалних промјена метаболизма и настанак меса са измјењеним својствима.

Поступци током узгоја животиња све више су фокусирани на развој пожељних карактеристика квалитета меса. Узгој животиња мора успоставити позитивну везу са друштвом и руралним развојем. Већу пажњу треба обратити на интеракцију између животиње и околине и атрибуте квалитета традиционалних производних система. Оптимизација технологије производње, укључујући аспекте добробити, такође је ствар растућег интересовања и друштвене одговорности.

Ради бољег разумијевања дешавања у мишићима *post mortem* потребно је наставити истраживања заснована на детаљном познавању биохемијских промјена и њиховом утицају на јестиви и сензорни квалитет меса. Будућа истраживања требају бити усмјерена ка обједињавању поступака и мјера током узгоја и клања животиња и њихових веза са карактеристикама квалитета меса (њежност, сочност, укус, укупна наклоност потрошача и др.), уважавајући различите шеме за оцјењивање производа.

Несугласице у ланцу снабдјевања месом (на примјер, евентуални сукоб између фармера и кланица) утичу на смањење повјерења у квалитет меса код потрошача и смањење додатне вриједности у цијелом ланцу снабдјевања месом. Примјена система оцјењивања може допринијети учвршћењу веза у ланцу снабдјевања, повећавајући повјерење између заинтересованих страна (на примјер, сточара, кланица, индустрије прераде меса, велетрговаца и малопродаје).

Сви учесници у ланцу снабдјевања сировим месом треба да поштују и примјењују високе стандарде у вези осигурања квалитета производа, добробити животиња и заштите околине. Водећи рачуна о факторима који се односе на унутрашње (јестиви квалитет и хранљиве вредности) и вањско обезбјеђење квалитета (особине животне средине, питање благостања животиња, економска ефикасност) осигураће се објективна процјена укупног квалитета сировог меса намијењеног тржишту и дати подршка званичним системима оцјене квалитета меса, које кроз своја удружења проводе произвођачи сировог меса, прерађивачи меса и трговачки ланци.

Литература

Acevedo-Giraldo JD, Sánchez JA, Romero MH (2020) Effects of feed withdrawal times prior to slaughter on some animal welfare indicators and meat quality traits in commercial pigs. *Meat Science* 167:107993

- Adzitey F, Nurul, H (2011) Pale soft exudative (PSE) and dark firm dry (DFD) meats: Causes and measures to reduce these incidences—a mini review. *International Food Research Journal* 18:11–20
- Anon (1974) Pravilnik o kvalitetu mesa stoke za klanje, peradi i divljači (SI list SFRJ, br 34/74, 26/75, 13/78 – dr pravilnik, 1/81 – dr pravilnik i 2/85 – dr pravilnik
- Babić J, Jesus Cantalejo M, Grujić R (2007) Uticaj trajanja primarnog sušenja na 0 °C pri postupku liofilizacije primjenjene na pilećem mesu. *Zbornik radova VII simpozijuma Savremene tehnologije i privredni razvoj* 16:126–133
- Barbut S, Sosnicki AA, Lonergan SM, Knapp T, Ciobanu DC, Gatcliffe LJ, Huff-Lonergan E, Wilson EW (2008) Progress in reducing the pale, soft and exudative (PSE) problem in pork and poultry meat. *Meat Science* 79:46–63
- Bertram HC (2017) NMR spectroscopy and NMR metabolomics in relation to meat quality. In: Purslow PP (ed) *New Aspects of Meat Quality e from Genes to Ethics*. Woodhead Publishing is an imprint of Elsevier, Duxford, United Kingdom/Cambridge, United States/Kidlington, United Kingdom, pp 355–371
- Bindon BM, Jones NM (2001) Cattle supply, production systems and markets for Australian beef. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 41(7):861–877
- Bjarnadottir SG, Hollung K, Faergestad EM, Veiseth-Kent E (2010) Proteome changes in bovine longissimus thoracis muscle during the first 48 h postmortem: shifts in energy status and myofibrillar stability. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58:7408–7414
- Bonny S, Polkinghorne R, Strydom P, Matthews K, López-Campos Ó, Nishimura T, Scollan N, Pethick D, Hocquette J-F (2017) Quality Assurance Schemes in Major Beef-Producing Countries. In: Purslow PP (ed) *New Aspects of Meat Quality - From Genes to Ethics*. Woodhead Publishing is an imprint of Elsevier, Duxford, United Kingdom/Cambridge, United States/Kidlington, United Kingdom, pp 223–258
- Bonny SPF, Pethick DW, Legrand I, Wierzbicki J, Allen P, Farmer LJ, Polkinghorne RJ, Hocquette JF, Gardner GE (2016) European conformation and fat scores have no relationship with eating quality. *Animal* 10(6):996–1006
- van de Wiel DF, Zhang WL (2007) Identification of pork quality parameters by proteomics. *Meat Science* 77:46–54
- van Loo EJ, Alali W, Ricke SC (2012) Food safety and organic meats. *Annual Review of Food Science and Technology* 3(1):203–225
- Vujadinović D, Grujić R, Tomović V, Torbica A (2014a) Effects of temperature and method of heat treatment on myofibrillar proteins of pork. *Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly (CICEQ)* 20(3):407–415
- Vujadinović D, Grujić R, Tomović V, Vukić M, Jakanović M (2014b) Cook Loss as a Function of Meat Heat Treatment and Regime. *Quality of Life* 5(3–4):81–86
- Vuković I (1992) *Osnove tehnologije mesa*. Infotek, Beograd
- Gagaoua M, Picard B, Monteils V (2019) Assessment of cattle inter-individual cluster variability: the potential of continuum data from the farm-to-fork for ultimate

- beef tenderness management. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 99:4129–4141
- Gagaoua M, Terlouw EMC, Boudjellal A, Picard B (2015) Coherent correlation networks among protein biomarkers of beef tenderness: what they reveal. *Journal of Proteomics* 128:365–374
- Gajana CS, Nkukwana TT, Marume U, Muchenje V (2013) Effects of transportation time, distance, stocking density, temperature and lairage time on incidences of pale soft exudative (PSE) and the physico-chemical characteristics of pork. *Meat Science* 95(3):520–525
- Gangsei LE, Kongsro J, Olsen EV, Røe M (2016) Prediction precision for lean meat percentage in Norwegian pig carcasses using ‘Hennessy grading probe 7’: Evaluation of methods emphasized at exploiting additional information from computed tomography. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A – Animal Science* 66(1):1–8. doi:10.1080/09064702.2016.1174292
- Gennaro C, Zappaterra M, Pietro Lo Fiego D, Steri R, Davoli R (2021) Relationships between EUROP carcass grading and backfat fatty acid composition in Italian Large White heavy pigs. *Meat Science* 171:108291. doi:org/10.1016/j.meatsci.2020.108291
- Gjerlaug-Enger E, Aass L, Odegard J, Vangen O (2010) Genetic parameters of meat quality traits in two pig breeds measured by rapid methods. *Animal* 4:1832–1843
- Gou B, Dalrymple BP (2017) Transcriptomics of meat quality. In: Purslow PP (ed) *New Aspects of Meat Quality e from Genes to Ethics*, first ed. Woodhead Publishing (Elsevier), Cambridge, UK, pp 259–320
- Grujić R, Petrović L, Pikula B, Amidžić Lj (1993) Definition of the Optimum Freezing Rate – 1. Investigation of Structure and Ultrastructure of Beef M. longissimus dorsi Frozen at Different Freezing Rates. *Meat Science* 33:301–318
- Grujić R, Savanović D (2018) Analysis of myofibrillar and sarcoplasmatic proteins in pork meat by capillary gel electrophoresis. *Foods and Raw materials* 6(2):421–428
- Grujić R, Savanović D (2019) Thermal analysis of food products using differential scanning calorimetry (DSC). *Contemporary material* IX(2):175–181
- Grujić R, Vujadinović D, Tomović V (2014) Heat treatment influence on rheological properties of pork meat. *Journal of Hygienic Engineering and Design* 6:63–68
- Grujić S, Grujčić M (2017) Identification of products attributes important for food choice. *Agro FOOD Industry Hi Tech* 28(46):60–70
- Grujić S, Grujić R, Kovačić K (2010) Effect of modified atmosphere packaging on quality and safety of fresh meat. *Quality of life* 1(2-4):121–133
- Grujić S, Grujić R, Petrović Đ, Gajić J (2013) The Importance of Consumers’ Knowledge About Food Quality, Labeling and Safety in Food Choice. *Journal of Food Research* 2(5):57–65
- Grunert KG (2005) Food quality and safety: consumer perception and demand. *European Review of Agricultural Economics* 32(3):369–391

- Guardia MD, Estany J, Balasch S, Oliver MA, Gispert M, Diestre A (2004) Risk assessment of PSE condition due to pre-slaughter conditions and RYR1 gene in pigs. *Meat Science* 67:471–478
- Guo B, Dalrymple BP (2017) Transcriptomics of Meat Quality. In: Purslow PP (ed) *New Aspects of Meat Quality – From Genes to Ethics*. Woodhead Publishing is an imprint of Elsevier, Duxford, United Kingdom/Cambridge, United States/Kidlington, United Kingdom, pp 239–320
- Guo B, Zhang W, Tume RK, Hudson NJ, Huang F, Yin Y, Zhou G (2016) Disorder of endoplasmic reticulum calcium channel components is associated with the increased apoptotic potential in pale, soft, exudative pork. *Meat Science* 115:34–40
- Damon M, Denieul K, Vincent A, Bonhomme N, Wyszynska-Koko J, Lebret B (2013) Associations between muscle gene expression pattern and technological and sensory meat traits highlight new biomarkers for pork quality assessment. *Meat Science* 95:744–754
- Díaz F, Díaz-Luis A, Sierra V, Diñeiro Y, González P, García-Torres S, Tejerina D, Romero-Fernández MP, Cabeza de Vaca M, Coto-Montes A, Oliván M (2020) What functional proteomic and biochemical analysis tell us about animal stress in beef? *Journal of Proteomics* 218:103722, doi:10.1016/j.jprot.2020.103722
- Dikeman ME, Obuz E, Gok V, Akkaya L, Stroda S (2013) Effects of dry, vacuum, and special bag aging; USDA quality grade; and end-point temperature on yields and eating quality of beef *Longissimus lumborum* steaks. *Meat Science* 94(2):228–233
- Disanto C, Celano G, Varvara M, Fusiello N, Fransvea A, Bozzo G, Celano GV (2014) Stress factors during cattle slaughter, *Italian Journal of Food Safety* 3:143–144
- EC (2011) Commission implementing decision of 27 April 2011. amending Decision 89/471/EEC authorising methods for grading pig carcasses in Germany. *Official Journal of the European Union* L 110/29–33
- EC (2018) Commission implementing decision (EU) 2018/354 of 8 March 2018 Authorising methods for grading pig carcasses in Ireland. *Official Journal of the European Union* L 68/8–11
- Eggen A, Hocquette JF (2004) Genomic approaches to economic trait loci and tissue expression profiling: application to muscle biochemistry and beef quality. *Meat Science* 66:1–9
- England EM, Matarneh SK, Mitacek RM, Abraham A, Ramanathan R, Wicks JC, Shi H, Scheffler LT, Oliver ME, Helm TE, Gerrard DE (2018) Presence of oxygen and mitochondria in skeletal muscle early postmortem. *Meat Science* 139:97–106
- English AR, Wills KM, Harsh BN, Mafi GG, van Overbeke DL, Ramanathan R (2016). Effects of aging on the fundamental color chemistry of dark-cutting beef. *Journal of Animal Science* 94(9):4040–4048
- EU (2013) Regulation (EU) No 1308/2013 of the European Parliament and of the Council of 17 December 2013. Establishing a common organisation of the

- markets in agricultural products, Official Journal of the European Union L 347/671–854
- EU (2017) Delegirana uredba komisije (eu) 2017/1182 od 20. travnja 2017. o dopuni Uredbe (EU) br. 1308/2013 Europskog parlamenta i Vijeća u pogledu ljestvice Unije za razvrstavanje goveđih, svinjskih i ovčjih trupova i u pogledu izvješćivanja o tržišnim cijenama određenih kategorija trupova i živih životinja. Službeni list Europske unije (HR) L 171/74–99
- EU (2019) Provedbena odluka komisije (EU) 2019/252 od 11. veljače 2019. Uredba o izmjeni Odluke 2005/240/EZ o odobrenju metoda razvrstavanja svinjskih trupova u Poljskoj (priopćeno pod brojem dokumenta C(2019) 811) (HR). Službeni list Europske unije L 42/29–33
- EU Commission (2021) EU agricultural product quality policy <https://www.origin-gi.com/fr/eu-policy-on-quality-of-agricultural-products.html> (25.02.2021)
- EU Commission (2021) Quality schemes explained. https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/food-safety-and-quality/certification/quality-labels/quality-schemes-explained_en. (Vidljivo 25.02.2021)
- Zapata I, Zerby HN, Wick M (2009) Functional proteomic analysis predicts beef tenderness and the tenderness differential. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57:4956–4963
- Zequan X, Yonggang S, Guangjuan L, Shijun X, Li Z, Mingrui Z, Yanli X, Zirong W (2020) Proteomics analysis as an approach to understand the formation of pale, soft, and exudative (PSE) pork, *Meat Science* <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108353>
- Jacob RH, Pethick DW (2014) Animal factors affecting the meat quality of Australian lamb meat. *Meat Science* 96:1120–1123
- Jansons I, Strazdina V, Anenkova R, Pule D, Skadule IL (2016) Melece Development of new pig carcasses classification formulas and changes in the lean meat content in Latvian pig population. *Agronomy Research* 14(x) (https://www.bior.lv/sites/default/files/publikacijas/L_a_230_Development%20of%20new%20pig%20carcasses%20classification.pdf)
- Jaњић В, Грујић Р (2020) Етички принципи у производњи и преради хране. У: Грујић Р, Јањић В, Тркуља Р (уредници) Перспективе развоја прехранбене индустрије. Академија наука у умјетности Републике Српске, Бања Лука LX:113–140
- Janssen M, Hamm U (2012) Product labelling in the market for organic food: consumer preferences and willingness-to-pay for different organic certification logos. *Food Quality and Preference* 25(1):9–22
- Jia X, Hildrum KI, Westad F, Kummen E, Aass L, Hollung K (2006) Changes in enzymes associated with energy metabolism during the early post mortem period in longissimus thoracis bovine muscle analyzed by proteomics. *Journal of Proteome Research* 5:1763–1769
- Knight K (2016) Muscle revisited. *Journal of Experimental Biology* 219(2):129–133

- Kwasiborski A, Sayd T, Chambon C, Sante-Lhoutellier V, Rocha D, Terlouw C (2008) Pig longissimus lumborum proteome: part II: relationships between protein content and meat quality. *Meat Science* 80:982–996
- Lametsch R, Karlsson A, Rosenfold K, Andersen HJ, Roepstorff P, Bendixen E (2003) Postmortem proteome changes of porcine muscle related to tenderness. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51:6992–6997
- Lametsch R, Roepstorff P, Bendixen E (2002) Identification of protein degradation during postmortem storage of pig meat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50:5508–5512
- Lawrie R, Penny I, Scopes R, Voyle C (1963) Sarcoplasmic proteins in pale, exudative pig muscles. *Nature* 200:673
- Lawrie RA, Ledward DA (2006) *Lawrie's meat science* (Seventh edition). Woodhead Publishing Limited, Abington Cambridge/ RC Press LLC, Boca Raton
- Lefevre F, Bugeon J, Aupérin B, Aubin J (2008) Rearing oxygen level and slaughter stress effects on rainbow trout flesh quality. *Aquaculture* 284:81–89
- Li X, Zhang D, Muawuz Ijaz, Tian G, Chen J, Du M (2020) Colour characteristics of beef longissimus thoracis during early 72 h Postmortem. *Meat Science* 170:108245. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108245>
- Listrat A, Lebreton B, Louveau I, Astruc T, Bonnet M, Lefaucheur L, Bugeon J (2016) How muscle structure and composition influence meat and flesh quality. *Scientific World Journal* <http://doi.org/10.1155/2016/3182746>, https://www.researchgate.net/publication/301360290_How_Muscle_Structure_and_Composition_Influence_Meat_and_Flesh_Quality
- Lopez-Bote C (2017) Chemical and Biochemical Constitution of Muscle. In: Fidel Toldra (Editor). *Lawrie's Meat Science* (Eighth Edition). Woodhead Publishing is an imprint of Elsevier. Royston Road/Cambridge, pp 99–158
- López-Campos Ó, Aalhus JL, Uttaro B, Dugan MER., Juárez M (2012) Ten year trends in the Canadian beef quality and lean meat yield grades. Abstract presented at the Canadian Meat Science Association/Canadian Meat Research Institute/Canadian Meat Council Associate Members Technical Symposium, QC, Canada
- Loredo-Osti J, Sánchez-López E, Barreras-Serrano A, Figueroa-Saavedra F, Pérez-Linares C, Ruiz-Albarrán M, Miguel Á, Domínguez-Muñoz M (2019) An evaluation of environmental, intrinsic and pre- and post-slaughter risk factors associated to dark-cutting beef in a Federal Inspected Type slaughter plant. *Meat Science* 150:85–92
- Mahmood S, Roy BC, Larsen IL, Aalhus JL, Dixon WT, Bruce HL (2017) Understanding the quality of typical and atypical dark cutting beef from heifers and steers. *Meat Science* 133:75–85
- Malila Y, Tempelman RJ, Sporer KR, Ernst CW, Velleman SG, Reed KM, Strasburg GM (2013) Differential gene expression between normal and pale, soft, and exudative turkey meat. *Poultry Science* 92:1621–1633
- Maltin C, Balcerzak D, Tilley R, Delday M (2003) Determinants of meat quality: tenderness. *Proceedings of the Nutrition Society* 62:337–347

- Marcos B, Kerry JP, Mullen AM (2010) High pressure induced changes on sarcoplasmic protein fraction and quality indicators. *Meat Science* 85:115–120
- Marcos B, Mullen AM (2013) High pressure induced changes in beef muscle proteome: correlation with quality parameters. *Meat Science* 97:11–20
- Marjanović-Balaban Ž, Grujić (2004) Sadržaj toksičnih elemenata u mesu i organima fazana. *Tehnologija mesa* 45(1-2):14–19
- Mathijs E (2015) Exploring future patterns of meat consumption. *Meat Science* 109: 112–116
- Meunier B, Normand J, Albouy-Kissi B, Micol D, El Jabri M, Bonnet M (2020) An open-access computer image analysis (CIA) method to predict meat and fat content from an android smartphone-derived picture of the bovine 5th-6th rib. *Methods*, doi.org/10.1016/j.ymeth.2020.06.023
- Miller MF, Carr MA, Ramsey CB, Crockett KL, Hoover LC (2001) Consumer thresholds for establishing the value of beef tenderness. *Journal of Animal Science* 79:3062–3068
- Morzel M, Chambon C, Hamelin M, Sante-Lhoutellier V, Sayd T, Monin G (2004) Proteome changes during pork meat ageing following use of two different pre-slaughter handling procedures. *Meat Science* 67:689–696
- Muawuz I, Li X, Zhang D, Hussain Z, Ren C, Bai Y, Zheng X (2020) Association between meat color of DFD beef and other quality attributes. *Meat Science* 161 (2020) 107954, <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107954>
- Muchenje V, Dzama K, Chimonyo M, Strydom PE, Raats JG (2009) Relationship between pre-slaughter stress responsiveness and beef quality in three cattle breeds, *Meat Science* 81:653–657
- Munekata PE, Pateiro M, Lopez-Pedrouso M, Gagaoua M, Lorenzo JM (2021) Foodomics in meat quality, *Current Opinion in Food Science* 38:79-85
- Ngapo TM, Garipey C (2008) Factors affecting the eating quality of pork. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 48:599–633
- Norman JL, Berg EP, Heymann H, Lorenzen CL (2003) Pork loin color relative to sensory and instrumental tenderness and consumer acceptance. *Meat Science* 65:927–933
- Novaković B, Grujić R, Vujadinović D (2015) Value chain analysis for meat and meat products. *Journal of Hygienic Engineering and Design* 12:93–102
- Oliver A, Mendizabal JA, Ripoll G, Albertí P, Purroy A (2010) Predicting meat yields and commercial meat cuts from carcasses of young bulls of Spanish breeds by the SEUROP method and an image analysis system. *Meat Science* 84:628–633
- Ouali A, Gagaoua M, Boudida Y, Becila S, Boudjellal A, Herrera-Mendez CH, Sentandreu MA (2013) Biomarkers of meat tenderness: Present knowledge and perspectives in regards to our current understanding of the mechanisms involved. *Meat Science* 95(4):854–870
- Ouali A, Herrera-Mendez CH, Coulis G, Becila S, Boudjellal A, Aubry L, Sentandreu MA (2006) Revisiting the conversion of muscle into meat and the underlying mechanisms. *Meat Science* 74:44–58

- Padilla Bravo C, Villanueva Ramírez I, Neuendorff J, Spiller A (2013) Assessing the impact of unannounced audits on the effectiveness and reliability of organic certification. *Organic Agriculture* 3(2):95–109
- Peña F, Avilés C, Domenech V, González A, Martínez A, Molina A (2014) Effects of stress by unfamiliar sounds on carcass and meat traits in bulls from three continental beef cattle breeds at different ageing times. *Meat Science* 98:718–725
- Pena RN, Quintanilla R, Manunza A, Gallardo D, Casellas J, Amills M (2014) Application of the microarray technology to the transcriptional analysis of muscle phenotypes in pigs. *Animal Genetics* 45:311–321
- Pereira PC, Vicente F (2017) Meat Nutritive Value and Human Health. In: Purslow PP (ed) *New Aspects of Meat Quality – From Genes to Ethics*. Woodhead Publishing is an imprint of Elsevier, Duxford, United Kingdom/Cambridge, United States/Kidlington, United Kingdom, pp 465–477
- Petracci M, Bianchi M, Cavani C (2009) The European perspective on pale, soft, exudative conditions in poultry. *Poultry Science* 88:1518–1523
- Petracci M, Cavani C (2012) Muscle growth and poultry meat quality issues. *Nutrients* 4:1–12
- Petrović Lj, Grujić R, Petrović M (1993) Definition of the Optimal Freezing Rate – 2. Investigation of the Physico Properties of Beef M. longissimus dorsi Frozen at Different Freezing Rates. *Meat Science* 33:319–331
- Picard B, Gagaoua M (2020) Meta-proteomics for the discovery of protein biomarkers of beef tenderness: An overview of integrated studies. *Food Research International* 127:108739. doi:10.1016/j.foodres.2019.108739
- Picard B, Gagaoua M, Hollung K (2017) Gene and Protein Expression as a Tool to Explain/Predict Meat (and Fish) Quality In: Purslow PP (ed) *New Aspects of Meat Quality – From Genes to Ethics*. Woodhead Publishing is an imprint of Elsevier, Duxford, United Kingdom/Cambridge, United Kingdom, pp 321–354
- Picard B, Gagaoua M, Micol D, Cassar-Malek I, Hocquette JF, Terlouw CE (2014) Inverse relationships between biomarkers and beef tenderness according to contractile and metabolic properties of the muscle. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 62:9808–9818
- Picard B, Lebret B, Cassar-Malek I, Liaubet L, Berri C, Le Bihan-Duval E, Hocquette JF, Renand G (2015) Recent advances in omic technologies for meat quality management. *Meat Science* 109:18–26
- Polkinghorne R, Watson R, Thompson JM, Pethick DW (2008) Current usage and future development of the Meat Standards Australia (MSA) grading system. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 48(11):1459–1464
- Polkinghorne RJ, Thompson JM (2010) Meat standards and grading: a world view. *Meat Science* 86(1):227–235
- Pomponio L, Ertbjerg P (2012) The effect of temperature on the activity of m- and m-calpain and calpastatin during post-mortem storage of porcine longissimus muscle. *Meat Science* 91:50–55

- Pomponio L, Ertbjerg P, Karlsson AH, Costa LN, Lametsch R (2010) Influence of early pH decline on calpain activity in porcine muscle. *Meat Science* 85:110–114
- Ponnampalam EN, Hopkins DL, Bruce H, Li D, Baldi G, Bekhit AE (2017) Causes and contributing factors to “dark cutting” meat: current trends and future directions: a review, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 16:400–430
- Ponsuksili S, Jonas E, Murani E, Phatsara C, Srikanchai T, Walz C, Schwerin M, Schellander K, Wimmers K (2008) Trait correlated expression combined with expression QTL analysis reveals biological pathways and candidate genes affecting water holding capacity of muscle. *BMC Genomics* 9:367. doi:10.1186/1471-2164-9-367
- Potes Y, Oliván M, Rubio-González A, de Luxán-Delgado B, Díaz F, Sierra V, Arroyo L, Peña A, Bassols A, González J, Carreras R, Velarde A, Muñoz-Torres M, Coto-Montes A (2017) Pig cognitive bias affects the conversion of muscle into meat by antioxidant and autophagy mechanisms. *Animal* 11:2027–2035
- Purslow PP (2017a) Introduction. In: Purslow PP (Ed) *New Aspects of Meat Quality - From Genes to Ethics* Woodhead Publishing is an imprint of Elsevier, Duxford, United Kingdom/Cambridge, United States/Kidlington, United Kingdom, pp 1–9
- Purslow PP (ed) (2017b) *New Aspects of Meat Quality – From Genes to Ethics*. Woodhead Publishing is an imprint of Elsevier, Duxford, United Kingdom/Cambridge, United States/Kidlington, United Kingdom
- Purslow PP (2017b) The Structure and Growth of Muscle. In: Fidel Toldra (Editor). *Lawrie’s Meat Science (Eighth Edition)*. Woodhead Publishing is an imprint of Elsevier. Royston Road/Cambridge, pp 49–97
- Ramanathan R, Hunt MC, Mancini R, Nair MN, Denzer ML, Suman SP, Mafi GG (2020). Recent updates in meat color research: Integrating traditional and high-throughput approaches. *Meat and Muscle Biology* 4(2). doi:10.22175/mmb
- Rede R, Petrović Lj (1997) Tehnologija mesa i nauka o mesu. Tehnološki fakultet Novi Sad
- Reiche AM, Oberson JL, Silacci P, Messadène-Chelali J, Hess HD, Dohme-Meier F, Dufey PA, Terlouw EMC (2019) Pre-slaughter stress and horn status influence physiology and meat quality of young bulls, *Meat Science* 158:107892. doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107892
- Rekanović S, Grujić R, Vučić G, Hodžić E (2019) Mineral composition of traditional sheep meat products in dependence on the thermal treatment. *Journal of Hygienic Engineering and Design* 29:92–98
- Ribeiro AF, Lau KS, Furbeck AR, Herrera JN, Henriott LM, Bland AN, Fernando CS, Subbiah J, Sullivan AG, Calkins RC (2021) Ultimate pH effects on dry-aged beef quality, *Meat Science* 172 (February 2021: 108365) <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108365>
- Rosenvold K, Andersen HJ (2003) Factors of significance for pork quality—a review. *Meat Science* 64:219–237
- Rothgerber H (2015) Can you have your meat and eat it too? Conscientious omnivores, vegetarians, and adherence to diet. *Appetite* 84:196–203

- Rubio-González A, Potes Y, Illán-Rodríguez D, Vega-Naredo I, Sierra V, Caballero B, Fàbrega E, Velarde A, Dalmau A, Oliván M, Coto-Montes A (2015) Effect of animal mixing as a stressor on biomarkers of autophagy and oxidative stress during pig muscle maturation. *Animal* 9:1188–1194
- Ruth Charrondičre U, Stadlmayr B, Rittenschober D, Mouille B, Nilsson E, Medhammar E, Olango T, Eisenwagen S, Persijn D, Ebanks K, Nowak V. Du J, Burlingame B (2013) FAO/INFOODS food composition database for biodiversity. *Food Chemistry* 140(3):408–412
- Santos R, Peña F, Juárez M, Avilés C, Horcada A, Molina A (2013) Use of image analysis of cross-sectional cuts to estimate the composition of the 10th–11th–12th rib-cut of European lean beef bulls. *Meat Science* 94:312–319
- Savanović D, Grujić R, Rakita S, Torbica A, Božičković R (2017) Melting and crystallization DSC profiles of different types of meat – *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly* 23(4):473–481
- Savanović D, Grujić R, Savanović J (2018a) Uticaj postupaka odmrzavanja na promjenu boje svinjskog mesa (*M. Longissimus dorsi*). XII Conference of chemists, technologists and environmentalists of Republic of Srpska, Proceedings, pp 384–392
- Savanović D, Grujić R, Savanović J, Mandić S, Rakita S. (2018b) Analysis of frozen chicken meat using differential scanning calorimetry. *Food and Feed Research* 45(2):129–138
- Savanović D, Grujić R, Savanović J (2019) The influence of the freezing rate on the physico-chemical properties of pork meat (*M. Longissimus dorsi*). *APTEFF* 50:228–235
- Sayd T, Morzel M, Chambon C, Franck M, Figwer P, Larzul C, Le Roy P, Monin G, Chereil P, Laville E (2006) Proteome analysis of the sarcoplasmic fraction of pig semimembranosus muscle: implications on meat color development. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54:2732–2737
- Scheeren MB, Gonyou HW, Brown J, Weschenfelder AV, Faucitano L (2014) Effects of transport time and location within truck on skin bruises and meat quality of market weight pigs in two seasons. *Canadian Journal of Animal Science* 94(1):71–78
- Schilling MW, Suman SP, Zhang X, Nair MN, Desai MA, Cai K, Allen PJ (2017) Proteomic approach to characterize biochemistry of meat quality defects. *Meat Science* 132:131–138
- Schwab CR, Baas TJ, Stalder KJ, Mabry JW (2006) Effect of long-term selection for increased leanness on meat and eating quality traits in Duroc swine. *Journal of Animal Science* 84:1577–1583
- Schwartzkopf-Genswein KS, Faucitano L, Dadgar S, Shand P, Gonzalez LA, Crowe TG (2012) Road transport of cattle, swine and poultry in North America and its impact on animal welfare, carcass and meat quality: a review. *Meat Science* 92:227–243
- Scollan ND, Dannenberger D, Nuernberg K, Richardson I, MacKintosh S, Hocquette JF, Moloney AP (2014) Enhancing the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Science* 97:384–394

- Scopes RK (1974) Studies with a reconstituted muscle glycolytic system. The rate and extent of glycolysis in simulated post-mortem conditions. *Biochemical Journal* 142:79–86
- Shange N, Gouws P, Hoffman LC (2019). Changes in pH, colour and the microbiology of black wildebeest (*Connochaetes gnou*) longissimus thoracis et lumborum (LTL) muscle with normal and high (DFD) muscle pH. *Meat Science* 147:13–19
- Smil V (2014) Eating meat: constants and changes. *Global Food Security* 3:67–71
- Sødring M, Oostindjer M, Dragsted LO, Haug A, Paulsen JE, Egelandsdal B (2017) Meat and Cancer Evidence for and Against. In: Purslow (ed) *New Aspects of Meat Quality – From Genes to Ethics* Woodhead Publishing is an imprint of Elsevier, Duxford, United Kingdom/Cambridge, United Kingdom, pp 476–499
- Spanish authorities (2012) Pig Carcass Classification in Spain. Part II of the Protocol required in Annex V of The Commission Regulation (EC) 1249/2008 for the carcass dissection trial in Spain – Spanish authorities to approve the following grading methods: Fat-O-Meat'er II, AUTOFOM III, ZP method (Working Document), pp 1–35
- Starkey CP, Geesink GH, Collins D, Oddy VH, Hopkins DL (2016) Do sarcomere length, collagen content, pH, intramuscular fat and desmin degradation explain variation in the tenderness of three ovine muscles? *Meat Science* 113:51–58
- Strong J (2004) Differences in carcass grading schemes used in the USA, Japan and Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 44(7):675–680
- Symons TB, Sheffield-Moore M, Wolfe RR, Paddon-Jones D (2009) A moderate serving of high-quality protein maximally stimulates skeletal muscle protein synthesis in young and elderly subjects. *Journal of the American Dietetic Association* 109(9):1582–1586
- Taheri-Garavand A, Fatahi S, Omid M, Makino Y (2019) Meat quality evaluation based on computer vision technique: A review. *Meat Science* 156:183–195
- Te Pas MF, Keuning E, Hulsege B, Hoving-Bolink AH, Evans G, Mulder HA (2010) Longissimus muscle transcriptome profiles related to carcass and meat quality traits in fresh meat Pietrain carcasses. *Journal of Animal Science* 88:4044–4055
- Teodorović V, Dimitrijević M, Karabasil N, Vasiljev D (2015) Higijena i tehnologija mesa, Univerzitet u Beogradu, Fakultet veterinarske medicine, Beograd
- Terlouw C (2005) Stress reactions at slaughter and meat quality in pigs: genetic background and prior experience: a brief review of recent findings. *Livestock Production Science* 94:125–135
- Théron L, Sayd T, Chambon C, Vautier A, Ferreira C, Aubry L, Santé-Lhoutellier V (2020) Toward the prediction of PSE-like muscle defect in hams: Using chemometrics for the spectral fingerprinting of plasma. *Food Control* 109:1–8
- Théron L, Sayd T, Chambon C, Vénien A, Viala D, Astruc T, Vautier A, Santé - Lhoutellier V (2019) Deciphering PSE-like muscle defect in cooked hams: A signature from the tissue to the molecular scale. *Food Chemistry* 270:359–366
- Thompson J (2002) Managing meat tenderness. *Meat Science* 62:295–308

- Thompson JM, Hopkins DL, D'Souza DN, Walker PJ, Baud SR, Pethick DW (2005) The impact of processing on sensory and objective measurements of sheep meat eating quality. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 45:561–573
- Thorsøe M (2015) Maintaining trust and credibility in a continuously evolving organic food system. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 28(4):767–787
- Tilman D, Clark M (2014) Global diets link environmental sustainability and human health. *Nature* 515: 518–522
- Tomović V, Vujadinović D, Grujić R, Jokanović M, Kevrešan S (2014) Effect of end-point internal temperature on mineral contents of boiled pork loin. *Journal of Food Processing and Preservation* 39:1854–1858
- USDA (2016) Auditing and accreditation: certified meat programs. www.ams.usda.gov/services/auditing/certified-meat-programs (Vidljivo 27.07.2016)
- Farmer LJ, Bowe R, Troy DJ, Bonny SPF, Birnie J, Dell'Orto V (2016) Report of the workshop “Sustainable beef quality for Europe—a workshop for industry and scientists”. *Viandes & Produits Carnés, VPC-2016-32-1-6*
- Ferrier P, Lamb R (2007) Government regulation and quality in the US beef market. *Food Policy* 32(1):84–97
- Forrest JC, Morgan MT, Borggaard C, Rasmussen AJ, Jespersen BL, Andersen JR (2000) Development of technology for the early post mortem prediction of water holding capacity and drip loss in fresh pork. *Meat Science* 55:115–122
- Franco D, Mato A, Salgado FJ, Lopez-Pedrouso M, Carrera M, Bravo S, Parrado M, Gallardo JM, Zapata C (2015) Tackling proteome changes in the longissimus thoracis bovine muscle in response to pre-slaughter stress. *Journal of Proteomics* 122:73–85
- Frank D, Oytam Y, Hughes J (2017) Sensory Perceptions and New Consumer Attitudes to Meat. In: *New Aspects of Meat Quality – From Genes to Ethics* Peter P. Purslow (Editor). Woodhead Publishing is an imprint of Elsevier, Duxford, United Kingdom/Cambridge, United Kingdom, pp 667–698
- Fuller RJ, Norton LR, Feber RE, Johnson PJ, Chamberlain DE, Joys AC (2005) Benefits of organic farming to biodiversity vary among taxa. *Biology Letters* 1(4):431–434. https://www.researchgate.net/publication/6651372_Benefits_of_organic_farming_to_biodiversity_vary_among_taxa
- Heinz G, Hautzinger P (2007) Meat processing Technology for Small to medium scale producers. FAO, Regional office for Asia and the Pacific, Bangkok
- Henchion M, De Backer CJS, Hudders L (2017) Ethical and Sustainable Aspects of Meat Production; Consumer Perceptions and System Credibility. In: Purslow PP (ed). *New Aspects of Meat Quality – From Genes to Ethics* Woodhead Publishing is an imprint of Elsevier, Duxford, United Kingdom/Cambridge, United States/Kidlington, United Kingdom, pp 649–666
- Henchion M, McCarthy M, Resconi VC, Troy D (2014) Meat consumption: trends and quality matters. *Meat Science* 98(3):561–568
- Hocquette J-F, Chatellier V (2011) Prospects for the European beef sector over the next 30 years. *Animal Frontiers* 1(2):20–28

- Hocquette JF, van Wezemaal L, Chriki S, Legrand I, Verbeke W, Farmer L (2014) Modelling of beef sensory quality for a better prediction of palatability. *Meat Science* 97(3):316–322
- Holdstock J, Aalhus J, Uttaro B, López-Campos Ó, Larsen I, Bruce H (2014) The impact of ultimate pH on muscle characteristics and sensory attributes of the longissimus thoracis within the dark cutting (Canada B4) beef carcass grade. *Meat Science* 98:842–849
- Holman BW, Mao Y, Coombs CE, van de Ven RJ, Hopkins DL (2016) Relationship between colorimetric (instrumental) evaluation and consumer-defined beef colour acceptability. *Meat Science* 121:104–106
- Huff-Loneragan E, Baas TJ, Malek M, Dekkers JC, Prusa K, Rothschild MF (2002) Correlations among selected pork quality traits. *Journal of Animal Science* 80:617–627
- Huff-Loneragan E, Lonergan SM (2005) Mechanisms of water-holding capacity of meat: the role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Science* 71:194–204
- Hughes J, Clarke F, Purslow P, Warner R (2018) A high rigor temperature, not sarcomere length, determines light scattering properties and muscle colour in beef *M. sternomandibularis* meat and muscle fibres. *Meat Science* 145:1–8
- Hwang IH (2004) Application of gel-based proteome analysis techniques to studying post-mortem proteolysis in meat. *Asian Australas. Journal of Animal Science* 17(9):1296–1302
- Hwang IH, Park BY, Kim JH, Cho SH, Lee JM (2005) Assessment of postmortem proteolysis by gel-based proteome analysis and its relationship to meat quality traits in pig longissimus. *Meat Science* 69:79–91
- Canadian Beef Grading Agency (2015) <http://beefgradingagency.ca/news.html> (accessed December 23, 2015, prema navodu S. Bonny et al. 2017)
- CanFax (2015) Annual Reports. CanFax/CanFax Research Services, Calgary, AB. www.canfax.ca (accessed December 30, 2015, prema navodu S. Bonny et al. 2017)
- Channon HA, Payne AM, Warner RD (2002) Comparison of CO₂ stunning with manual electrical stunning (50 Hz) of pigs on carcass and meat quality. *Meat Science* 60:63–68
- Chaze T, Hocquette J-F, Meunier B, Renand G, Jurie C, Chambon C, Journaux L, Rousset S, Denoyelle C, Lepetit J, Picard B (2013) Biological markers for meat tenderness of the three main French beef breeds using 2-DE and MS approach. In: Toldrá F, Nolle LML (eds) *Proteomics in Foods*. Springer US, Boston, MA:127–146
- Chen MT, Guo HL, Tseng TF, Roan SW, Ngapo TM (2010) Consumer choice of pork chops in Taiwan. *Meat Science* 85: 555–559
- Chriki S, Gardner GE, Jurie C, Picard B, Micol D, Brun JP, Journaux L, Hocquette JF (2012) Cluster analysis application identifies muscle characteristics of importance for beef tenderness. *BMC Biochemistry* 13:29. www.biomedcentral.com/1471-2091/13/29

- Qin X, Zhang T, Cao Y, Deng B, Zhang J, Zhao J (2020) Effects of dietary sea buckthorn pomace supplementation on skeletal muscle mass and meat quality in lambs. *Meat Science* 166:108141. doi:10.1016/j.meatsci.2020.108141
- Williams PG (2007) Nutritional composition of red meat. *Life Science* 64 (4):S113–S119
- Wood JD, Enser M, Fisher AV, Nute GR, Sheard PR, Richardson RI, Hughes SI, Whittington FM (2008) Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: a review. *Meat Science* 78:343–358
- Wulf DM, Emnett RS, Leheska JM, Moeller SJ (2002). Relationships among glycolytic potential, dark cutting (dark, firm, and dry) beef, and cooked beef palatability. *Journal of Animal Science* 80(7):1895–1903

Quality of raw meat

Radoslav Grujić

Summary

Numerous *ante mortem* and *post mortem* factors affect on the quality of raw meat. Through previous scientific research, we have learned about the type of factors and their effects on the overall quality of raw meat.

Participants in the meat supply chain, especially livestock and slaughterhouses, work together to provide the raw meat for the needs of the population and the meat processing industry. The requirements of consumers and processors of raw meat are clear. Raw meat producers should provide safe meat at an affordable price. During production, they need to apply methods that respect the principles of animal welfare and have a minimal impact on the environment.

Precise definition of raw meat quality characteristics, application of quality assurance and food safety management systems and determination of quality parameters during raw meat assessment (in carcasses, halves, pieces of meat) contribute to strengthening supply chain links, increasing trust of stakeholders (for example, livestock farmers, slaughterhouses, meat processing industry, wholesalers and retailers) and consumers of raw meat.

Key words: Beef, pork, sheepmeat, consumer requirements, meat quality, carcass classification