

Савремени поступци конзервисања и паковања меса и производа од меса

Радослав Грујић

Сажетак Месо и производи од меса су намирнице које у својој исхрани свакодневно користи највећи дио становништва у свијету. С обзиром да су ово прехранбени производи који су најподложнији кварењу и представљају ризик за пренос различитих болести, постављени су високи стандарди и строги критеријуми за њихову производњу. Неки поступци обраде меса су познати више хиљада година и основа су савремених технологија конзервисања. Потрошачи су затражили поопштравање услова производње меса, што је довело до бројних истраживања, чији циљ је унапређење постојећих технологија и развој нових технологија у свим фазама производње и дистрибуције меса и производа од меса.

У овом поглављу је дат приказ промјена које се очекују у наредним годинама у области класичних технологија (хлађење, смрзавање, сушење, димљење и саламурење) и примјени нових поступака (технологија високог притиска, технологија пулсирајућег електричног поља, технологија пулсирајуће свјетлости, технологија ултразвука, јонизујуће зрачење).

Развој и употреба нових амбалажних материјала и нових поступака паковања меса и производа од меса ће се наставити. Очекује се значајно повећање употребе биополимера и нанобиополимера као еколошки прихварљивијих материјала. Збога снижења цијене амбалажних материјала у наредним годинама се очекује примјена активног и паметног паковања производа од меса. То ће омогућити повећање безбједности, квалитета и практичности током употребе сировог меса и производа од меса.

Кључне ријечи: Месо, Конзервисање, Паковање, Савремени поступци

7.1. Увод

Месо је једна од намирница које представљају најчешће изворе микроорганизама узрочника болести преносивих храном. Методе за елиминисање/смањење броја микроорганизама у месу заснивају се на поступцима који се проводе током узгоја производних животиња, поступцима који се проводе прије искрварења и поступцима који се проводе у циљу спречавања накнадне контаминације трупова/полутки, сировог меса и производа од меса. Смањење присуства бактерија у тијелу живих животиња постиже се јачањем имунолошког система кроз адекватну исхрану или, по потреби, путем примјене средстава за лијечење. За инактивацију микроорганизама након искрварења примјењују се различите класичне (традиционалне) физичке и хемијске методе конзервисања и обраде. Оне се могу користити током већине корака у обради трупова након искрварења и прераде меса у производе (Farkas 2006). Без обзира на обим производње и врсту примјењене технологије за конзервисање, морају се предузети превентивне мјере за спречавање контаминације и кварења сировог меса и производа од меса (Alvseike et al. 2018).

У овом поглављу биће дат приказ неких од савремених унапређења у класичним технологијама, што треба да повећа ефикасност конзервишућег дјеловања, повољно утиче на очување квалитета (сензорна и нутритивна својства) производа, продужење рока одрживости меса и производа од меса, смањење утрошка енергије и заштиту животне средине итд. Подљедњих деценија развијене су нове методе конзервисања, које се заснивају на другачијим принципима, о чему је било говора у поглављу 5. У овом поглављу више ће се говорити о могућностима њихове примјене у индустрији прераде меса. На крају поглавља биће описани основи правци унапређење система паковања меса и производа од меса (паковање у модификованој атмосфери, активно паковање и паметно паковање).

7.2. Унапређење класичних технологија за прераду меса

Конзервисање меса је заједнички назив за већи број различитих поступака, који се проводе у циљу спречавања кварења и деградације меса и производа од меса, односно у сврху очувања изворног квалитета у што дужем временском периоду.

Конзервисање меса се примјењује више хиљада година. У праисторијском периоду људи су месо и рибу сушили на сунцу, што им је омогућавало да га сачувају дуже вријеме и обезбиједје храну за зиму када је био отежан лов животиња. У циљу продужења времена у којем ће месо остати погодно за јело, људи су временом овладали другим технологијама (димљење и сољење) (Грујић и сар. 2007; Sprou et al. 2019). Неки од наведених поступака конзервисања меса су у примјени и данас. Принципи на којима се заснивају процеси конзервисања су резултат практичног искуства дугог више хиљада година. Као резултат напретка цивилизације и развоја технике, током историје, дешавале су се одређене промјене, док су принципи сушења, димљења и употребе кухињске соли остали непромијењени.

Вјековно искуство, да се клање животиња за производњу меса обавља искључиво у периоду ниских температура, искориштено је као принцип за развој технологија хлађења и смрзавања меса. Развој великих градова, ратови који су вођени широм свијета и потреба за производима од меса у исхрани војних формација на терену, почетком 19. вијека су утицали на развој технологије конзервисања меса, која се заснива на примјени високе температуре. На даљи развој технологије конзервисања утицала су открића у науци и процесној техници током 19. и у првој половини 20. вијека (Грујић и сар. 2007). Године 1880. први пут је употребљен расхладни уређај са амонијаком, што је омогућило изградњу расхладних постројења за складиштење и чување меса у дужем временском периоду. Савремени напредак технологије омогућио је напредак класичних поступака конзервисања меса, који се донекле разликују од оних какви су били у прошлости.

Током прераде меса одвијају се различити процеси, који утичу на формирање пожељних физичких и сензорних својстава меса. Том приликом протеини из меса постају доступни ензимима, а сирово месо постаје сварљиво. Прерада меса истовремено представља процес конзервисања. Конзервисање се проводи са циљем инактивације патогених микроорганизама и/или микро-организама који узрокују кварење хране. Квалитет конзервисања се процјењује на основу ефикасности уништења микроорганизама и интензитета промјена које утичу на хемијска и физичка својства производа (губитак воде, промјена текстуре, деградација ензима итд) (Pham 2014).

Основни принципи на којима се заснивају класичне методе конзервисања меса настали су на бази знања о узроцима кварења. Методе конзервисања се заснивају на спречавању или успоравању дјеловања узрочника кварења. Parker (2003) је дао преглед поступака обраде хране намијењених контролисању фактора који утичу на безбједност и квалитет прехранбених производа (табела 7.1).

7.2.1. Хлађење и смрзавање меса

У подљедње вријеме од класичних метода конзервисања све већи значај се даје поступцима хлађења меса. Хлађење узрокује минимална оштећење и осигурава

свјежину производа високог квалитета. Током конзервисања хлађењем добију се производи изванредног квалитета и продуженог рока трајања. Због тога се хлађење, заједно са смрзавањем, сматра идеалном технологијом конзервисања, која се много користи у прехранбеној индустрији, посебно индустрији прераде меса (Giannakourou and Dermesonlouoglou 2018). Познато је да се хлађење не уништава све микроорганизме и да се процеси у расхлађеном месу и производима од меса настављају и током чувања меса у расхлађеном стању, али знатно спорије. Хлађење се користи као самостални процес конзервисања, као почетна фаза смрзавања или комбиновани поступак са другим технологијама минималне обраде хране. Током хлађења температура меса се снижава између $+8^{\circ}\text{C}$ и -1°C , а месо задржава природну структуру и друга својства. Када се температура снизи испод -1°C , долази до стварања кристала леда у месу, док се у несмрзнутом дијелу воде повећава концентрација чврстих материја (Grujić et al. 1993; Savanović et al. 2017a). Смрзавање изазива минималне промјене нутритивних и сензорних својстава меса и значајно утиче на продужење рока трајања меса и производа од меса (Petrovic et al. 1993).

Табела 7.1. Принципи обраде хране и фактори очувања прехранбених производа
(Адаптирано према: Parker 2003)

Table 7.1. Principles of food processing and factors for the preservation of food products
(Adapted from: Parker 2003)

| Фактор који се контролише током конзервисања | Принцип обраде | | | | |
|--|--------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|
| | Загријавање | Хлађење | Употреба хемијских средстава | Смањење a_w | Механички третман |
| Микро-организми (м.о.) | Спречавање раста м.о. | Успоравање раста м.о. | Одлагање раста м.о. | a_w мања од 0,6 зауставља раст м.о. | Смањење броја м.о. |
| Ензими | Разарање ензима | Успоравање ензимске реакције | Промјена активности | Промјена брзине активности | Повећање ензим-супстрат комплекса |
| Хемијске реакције | Повећање брзине, тамњење | Смањење брзине реакције | Инхибиција или активирање | Промјена брзине реакције | Није примјењиво |
| Физичка структура | Повећање дјеловања | Смањење дјеловања | Модификовање структуре | Висок a_w изазива згрудњавање | Може разорити структуру |

Процеси хлађења и смрзавања су били тема великог броја истраживања о чему је написано много радова и књига (Grujić i sar. 1989; Grujić et al. 1990; Petrovic et al. 1993; Grujić i Vasiljević 1996; Grujić and Marjanovic 2002; Dermesonluoglu et al. 2015; Giannakourou 2015; Savanović et al. 2017b; c). У овом поглављу ће бити дат приказ најновијих истраживања у овој области са акцентом на могућност комбинованог кориштења хлађења и смрзавања са другим поступцима минималне обраде.

Фокус савремених истраживања у области хлађења хране је на унапређењу безбједности и квалитета производа. Класична расхладна средства (фреони) су замијењена средствима која мање утичу на глобално загријавање. Повећање цијене струје и савремени концепт заштите животне средине утицали су на прехрамбену индустрију да развије и примијени нове технологије, које могу испунити економске захтјеве и захтјеве за одрживи развој. Brown and Domanski (2014) су нове поступке хлађења подијелили у неколико група: електрични, механички, магнетни, хемијски, хидраулички и топлотни. Giannakourou and Dermesonlouoglou (2018) су дали детаљну подјелу сваке од наведених група и описали користи од примјене ових технологија и препреке за њихову бржу примјену у пракси.

За унапређење процеса смрзавања меса веома је важно познавање односа структуре ткива и дистрибуције воде у мишићном ткиву према сензорним својствима и технолошком квалитету смрзнутог/одмрзнутог меса. Како би се смањила оштећења ткива и њихове посљедице на квалитет ткива, индустрија треба да мијења услове смрзавања, складиштења и одмрзавања у складу са тим. Механизми оштећења ћелија и ткива у месу током смрзавања нису у потпуности објашњени и нова истраживања треба усмјерити у овом правцу, како би се боље контролисао процес стварања кристала леда и миграција воде током смрзавања и складиштења. У будућности треба развијати и примјењивати нове методе смрзавања које омогућавају равномјернију расподјелу кристала у интра- и екстра-целуларним просторима, што утиче на очување структуре ћелија и ткива меса (Li et al. 2018; Grujić et al. 1993; Petrović et al. 1993; Savanović et al. 2017a).

Осим класичних поступака смрзавања подљедњих година се испитује или примјењује више иновативних технологија смрзавања. Giannakourou and Dermesonlouoglou (2018) су описали принципе рада и могућност примјене технологија смрзавања које се заснивају на принципима магнетног поља, ултразвука, високог притиска, микроталаса, радио таласа, пулсирајућег електричног поља итд.

Да би се постигли жељени резултати у вези осигурања микробиолошке безбједности и унапређења квалитета хлађених и одмрзнутих производа од меса, веома битно је провођење мониторинг система и интегрисано управљање хладним ланцем (хлађење, смрзавање, транспорт и излагање продаји). Континуирано и поуздано контролисање температуре има есенцијални значај у свим фазама хладног ланца (Pham 2014).

Оптимизација класичних поступака хлађења и смрзавања/одмрзавања може се постићи кроз примјену модел система за прорачун основних параметара процеса (кофицијент преноса топлоте, вријеме смрзавања, облик и величина кристала леда, однос лед/течна вода итд). Познавање времена смрзавања меса је важно како због осигурања квалитета производа и избора опреме, тако и из економских разлога (Pham 1987; Cleland 1987; Grujić et al. 1993; Savanović et al. 2017a).

7.2.2. Топлотна обрада меса

Конзервисање топлотом је један од најстаријих и најбитнијих поступака конзервисања меса уопште (Pellegrini and Fogliano 2017). Осим конзервишућег дјеловања према патогеним микроорганизмима, ензимима, паразитима и инсектима, који утичу на кварање меса и производа од меса, топлота утиче на одвијање одређених хемијских реакција које су одговорне за формирање јестивих и сензорних својстава топлотно обрађеног меса и производа од меса (Грујић и Кочић 1997а; б; Кочић и Грујић, 1997; Грујић и сар. 1998; Грујић и сар. 2007; Грујић et al. 2012; Грујић and al. 2010; Вујадиновић et al. 2014а; б Tomovic et al. 2014; Вујадиновић et al. 2014b). Врста и интензитет промјена које се дешавају током топлотне обраде хране су предмет бројних истраживања. Захваљујући томе, знање о користи и штети од обраде меса код повишених температура (Pellegrini and Fogliano 2017) данас је доступно индустрији за прераду меса и потрошачима. Обрада меса топлотом се примјењује као засебна технологија конзервисања (пастеризација, стерилизација итд) или се проводи током других технолошких поступака (сушење, печење, пржење итд).

Током пастеризације, месо и производи од меса се излажу дјеловању температура испод 100°C, што је довољно за уништење ензима и вегетативних облика бактерија, док споре неких бактерија могу преживјети топлотни третман (на примјер, споре *Clostridium Botulinum*). Приликом процјене ефикасности третмана, неопходно је водити рачуна о киселости хране, јер у неутралним или благо киселим намирницама, у које спада свјеже месо, споре микроорганизама могу лакше преживјети процес пастеризације.

Стерилизација је поступак конзервисања током којег се могу уништити сви микроорганизми, споре бактерија и ензими. Како би се спријечила накнадна (поновна) контаминација током складиштења, производи од меса се прије или после стерилизације пакују у одговарајућу амбалажу. Потребно је нагласити да третман меса на температурама стерилизације, осим позитивног конзервишућег дјеловања, може штетно дјеловати на нутритивну вриједност и сензорни квалитет меса и производа од меса, због чега се препоручује избјегавање ригорозних (висока температура и дуг третман) поступака топлотне обраде. Умјесто тежње за постизањем апсолутне стерилности, препоручује се постизање комерцијалне стерилности. Комерцијална стерилност је постигнута када је процес стерилизације осигурао довољно велико смањење иницијалне популације микроорганизама, тако да је ризик од кварања производа сведен у предвиђене границе.

Примјена топлоте је веома важна током обраде меса (Грујић et al. 2015). Како би се добио висок квалитет и осигурала безбједност готових производа развијено је више нових метода конзервисања топлотном обрадом. Многе од њих се налазе пред комерцијалном примјеном. Osaili (2018) сматра да се у будућности може очекивати примјена сљедећих технологија: радио фреквентно загријавање, микроталасно загријавање и омско загријавање. Нове технологије конзервисања ће вјероватно у скорој будућности замијенити неке класичне поступке топлотне

обrade меса, јер мање утичу на својства готових производа (како је дато у поглављу 5).

Један број стручњака и потрошача сматрају да високе температуре могу штетно дјеловати на безбједност и квалитет прехранбених производа (уништење нутритивно вриједних састојака, формирање штетних састојака – производа оксидације, полимеризације и других хемијских реакција), измјена сензорних својстава итд, што утиче на потребу нових истраживања и примјену тзв. нетермичких (нетоплотних) поступака конзервисања, о чему ће бити ријеч у наставку.

7.2.3. Правци развоја осталих класичних техника обраде хране

С обзиром на обим монографије у овом дијелу поглавља биће дат приказ само дијела иновација које се налазе у фази истраживања, или су њихови резултати већ примијењени у пракси. Осим класичних поступака, у процесима сушења меса интересантне су сљедеће технологије: сушење помоћу радиофреквентних таласа, сушење помоћу микроталаса, инфрацрвено сушење, што обухвата развој и примјену нових сушница (Kocabişik 2012), затим сушење помоћу лиофилизације (Babić i sar. 2007), сушење на основу разлике осмотског притиска (Arvanitoyannis et al. 2012) итд.

Заједно са поступцима сушења и димљења или самостално у изради великог броја производа од меса, користи се процес ферментације (Antonić i sar. 2006a, b). Конзервисање ферментацијом се заснива на разградњи угљених хидрата под утицајем квасаца у анаеробним условима. Том приликом се формирају органске киселине, алкохоли, алдехиди, кетони и друга једињења која доприносе заштити намирница од микробиолошког кварења. Хемијски процеси у месу зависе од рН вриједности. Додатком одређених адитива може се утицати на ток реакција и формирање својстава производа од меса (Grujić i Grujić 1988). Димљени производи од меса имају специфичну арому те ће се, без обзира на мале ризике по здравље због присуства одређених супстанци, овај поступак обраде и у будућности користити у преради хране (Rekanović i sar. 2017). Сушење меса са врућим ваздухом у индустријским условима, због утрошка енергије, ствара високе трошкове и негативно дјелује на квалитет производа који су осјетљиви на топлоту (Castell-Palou i Simal 2011). Потреба за смањењем ризика од кварења меса током дуготрајних поступака сушења, захтијева примјену других технологија конзервисања (димљење, сољење). Примјена хемијских конзерванаса, и/или високе температуре током сушења, има негативан утицај на безбједност производа, због формирања хетероцикличних амина и полицикличних ароматских угљоводоника. Aukin-Dinçer and Erbaş (2018) су испитивали примјену процеса хладног сушења, који се заснива на проласку ваздуха кроз ткива која су расхлађена испод тачке росишта. Ефикасност овог процеса зависи од брзине протока ваздуха, температуре и релативне влажности ваздуха. Процес сушења се може скратити сушењем код ниске температуре. Овакав начин конзервисања меса спречава

кварење под утицајем микроорганизама, спречава оксидацију масти, утиче на очување квалитета производа и продужење одрживости производа од меса.

Bernaert et al. (2018) наглашавају значај опреме која се користи током сушења за очување квалитета сушених производа, те смањење утрошка енергије. Francoa et al. (2019) су утврдили да Refractance window™ током сушења говеђег меса и рибе обезбјеђује, у зависности од врсте меса, висок квалитет осушеног производа (смањење промјене боје и очување чврстоће).

Сувомеснати производи се конзумирају у цијелом свијету. Потрошачи захтијевају висок ниво безбједности ових производа, посебно када је у питању присуство плијесни и микотоксина које оне луче (Montanha et al. 2018). До контаминације плијеснима може доћи у свим фазама производње, складиштења и употребе, због чега је важно успоставити систем за идентификацију и смањење контаминације сувомеснатих производа плијеснима и угрожавања здравља потрошача од евентуално присутних микротоксина.

Саламурење је уобичајени поступак током прераде меса. Соли које се налазе у смјеси за саламурење имају вишеструко дјеловање на технолошка и сензорна својства меса и производа од меса (Antonić i sar. 2006c, d). Осим технолошког дјеловања, ове соли дјелују бактериостатски или бактерицидно, па тако доприносе укупном ефекту конзервације меса и производа од меса. Велики број истраживања је указао на могуће ризике употребе нитрита, нитрата, полифосфата и кухињске соли на здравље људи, због чега се проводе нова истравања током којих ће се наћи замјене за соли из саламуре, које ће имати добра технолошка својства, а неће штетно утицати на здравље. Више информација се може наћи у поглављу 11.

Током израде неких од производа од меса у индустријским условима, а посебно у домаћинствима користе се топлотни поступци печења и пржења. Пржење меса у великој количини масти се дуго користи. У подљедњим деценијама проведено је низ истраживања током којих је доказано штетно дјеловање једињења која настају оксидацијом масти код високих температура пржења. То је утицало на промјену приступа обради меса и смањењу кориштења пржења. Уведене су нове технологије пржења (на примјер, пржење под притиском, микроталасно пржење, пржење у вакууму и друго) (Pančaj et al. 2017). Истраживања у будућности треба да обезбиједје боље разумијевање механизма дјеловања алтернативних технологија на храну која се обрађује.

7.3. Нове технологије у преради меса

7.3.1. Јонизујуће зрачење

Зрачење спада међу најефикасније методе за уништење патогених микроорганизама који се преносе храном, односно најефикасније поступке за побољшање безбједности меса (Roberts 2014). Зрачење меса у циљу убијања

аутохтоне микрофлоре, а тиме и продужења рока трајања, познато је неколико деценија (Ahn et al. 2018). Током зрачења месо се не загријава, обрађени производ задржава интегритет и у производу не остају резидуе хемијских средстава. Такође, производи се могу третирати након завршног паковања, чиме се спречава накнадна контаминација током фаза складиштења, транспорта и кориштења производа.

Слободни радикали, настали у процесу зрачења меса, дјелују бактерицидно тако што оштећују дезоксиинуклеинске киселине (ДНК) присутних бактерија. Ефикасност инхибирања патогених микроорганизама који се преносе храном и бактерија које изазивају кварење производа од меса зависи од: дозе зрачења; природе и степена директне штете која настаје унутар ћелија; броја, природе и дуговјечности хемијских врста изазваних зрачењем; инхерентне способности ћелија да издрже нападе слободних радикала и способности ћелија за накнадно поправљање стања. На ефикасност зрачења утичу неки вањски услови (рН, температура и хемијски састав меса итд).

Негативне промјене сензорних својстава меса зрачене са високим дозама зрачења, могу се смањити комбинованим дјеловањем зрачења и других благих антимикробних третмана (хлађење, загријавање, додавање средстава за повећање киселости, додавање хемијских конзерванаса итд). На тај начин се утиче на ефикасност антимикробног дјеловања сваког од појединачних поступака и побољшање квалитета производа од меса. У литератури су приказани резултати већег броја истраживања утицаја додатка аскорбинске киселине (0,1%) и глуконо- δ -лактона (0,5%) на ефикасност γ -таласа (2 кГу) током зрачења мљевеног меса пакованог у вакууму (Farkas and Andrassy 1993). Ови аутори су утврдили да додаток аскорбинске киселине и глуконо- δ -лактона успорава раст *Enterobacteriaceae* у необрађеном месу (рок трајања до двије седмице на температури 0-2°C). Када је примијењена комбинована обрада меса (зрачење + додаци за повећање киселости), потпуно је спречен раст *Enterobacteriaceae* током чувања у фрижидеру (па чак и у случају повећања температуре до 10°C). Alahakoon et al. (2015) су утврдили да је третман пилећег меса груди са 2%-тним екстрактом добијеним из коре цитруса утицао на продужење рока трајања меса, које је након третмана са киселином зрачено са 2 кГу. За контролу раста укупног броја микроорганизама и колиформних бактерија у свињском месу током складиштења на 4°C током 14 дана, комбиновано кориштење органских киселина и зрачења показало се ефикаснијим од третмана само једним поступком. Помоћу технологије препрека (низак a_w , паковање у вакууму и зрачење), Kanatt et al. (2002) испитивали су стабилност зачињених сирових производа од меса оваца и меса пилића. Сушењем меса смањили су активност воде на 0,80, након чега су производе упаковали у вакуум и на крају третирали их гама зрачењем са 0 (контрола); 2,5; 5,0 и 10,0 кГу. Производи су чувани на 30°C: зачињено пилеће месо - шест мјесеци или кебаб од овчијег меса - девет мјесеци. У производима третираним са 10 кГу нису откривени живи микроорганизми, а производи су, и након девет мјесеци чувања, задржали прихватљив сензорни квалитет.

Иако је јонизујуће зрачење веома ефикасно у контроли патогених микро-организама, зрачење може утицати на убрзано трошење антиоксиданаса у месу, те негативно утицати на промјену боје, повећање производње испарљивих састојака и промјену сензорних својстава производа од меса. Додатну бригу код потрошача изазива присуство 2-алкилциклобутанона, бензена и метил бензена (толуена) у озраченим производима од меса, које настају у месу током зрачења (Ahn et al. 2018).

Током зрачења долази до промјене укуса и боје производа од меса. Производи добијају карактеристичан мирис, што значајно утиче на прихватљивост од стране потрошача. Смеђу/сиву боју у озраченом сировом месу од говеда потрошачи повезују са старим или нискоквалитетним месом, а неприхватљиви мирис и укус повезују са нежељеним хемијским реакцијама. Промјена текстуре меса до које долази током зрачења, повезана је са денатурацијом протеина и смањењем капацитета задржавања воде (Kanatt et al. 2015).

Да би се умањио или отклонио негативни утицај зрачења на сензорна својства меса, развијене су методе које могу спријечити те промјене. То има суштински значај за имплементацију технологије зрачења у индустрији прераде меса. Ове методе се заснивају на додавању одређених прехранбених адитива и измјени амбалаже и начина паковања меса и производа од меса. У сврху спречавања промјене сензорних својстава сировог меса током зрачења испитиван је утицај: антиоксиданаса (фенолна једињења и токофероли), који могу спријечити реакције оксидације и ранкетљивост масти; органских киселина (млијечна, лимунска и аскорбинска), које позитивно дјелују на очување боје меса; и антимикробних агенаса, који имају синергистичко дјеловање са зрачењем у инактивацији микроорганизама.

Амбалажа је важан фактор који утиче на боју озраченог меса, те врсту и количину испарљивих материја. Паковање меса у вакууму спречава оксидативне промјене и дјелује у правцу задржавања испарљивих састојака са сумпором у амбалажној врећици током складиштења, што умањује прихватљивост мириса озраченог меса (Nam et al. 2002). Паковање у вакууму инхибира оксидацију липида у месу током складиштења, међутим недостатак кисеоника негативно утиче на боју меса. Паковање меса у комбинацији са додатим антиоксидансима је ефикасан начин за смањење губитка испарљивих материја са сумпором, које су одговорне за настанак неприхватљивог мириса зраченог меса (Nam and Ahn 2003).

Већина објављених радова о примјени зрачења у технологији прераде меса, односи се на третман сировог меса. Зрачење меса у које су додати адитиви (саламурено месо) није дозвољено. Будућа истраживања о зрачењу меса треба усмјерити на његов утицај на сензорна својства. Мирис и боја су важни фактори на основу којих потрошачи оцјењују месо. Већина потрошача сматра да је у озраченом месу доминантан укус куваног меса, што чега га не прихватају. Ако потрошачи укус топлотно обрађеног озраченог меса код првог дегустирања оцијене као неприхватљив, у будућности они више неће жељети да га конзумирају.

7.3.2. Високи хидростатски притисак

Обрада високим хидростским притиском (ХХП) је постала технологија која има практичну примјену у прехранбеној индустрији. Притисци до 900 МПа довољни су за уништење многих микроорганизама који се налазе у храни (чак и на собној температури), без деградације витамина, ароматичних материја и пигмената носилаца боје производа (Patterson et al. 2007). Прва испитивања у овој области проведена су 1970-тих и 1980-тих година, док је ХХП први пут примјењен 1998. године у једној фабрици за прераду меса у Шпанији (Grèbol 2002). Том приликом је ХХП кориштен за пастеризацију меса током израде куване шунке. Комади овог производа (обрађени на 400 МПа у трајању 10 минута и паковани у вакууму) продају се у више дистрибутивних ланаца. Рок трајања шунке чуване у фрижидеру је 60 дана (Tonello 2011). Данас се ХХП користи у индустрији прераде меса широм свијета. Производи од меса током чије израде је кориштен ХХП доступни су у различитим дијеловима свијета (Buzrul 2018). На свјетско тржиште је 2013. године пласирана количина прехранбених производа обрађених са ХХП у вриједности од 3 милијарде долара, од чега 31% отпада на производе од меса, а 14% на производе од рибе и плодове мора (Koutchma 2014).

Примјена ХХП у индустрији прераде меса се може користити за инактивацију различитих врста микроорганизама, али без утицаја обраде на карактер и карактеристике производа од меса. Услови обраде (висина притиска, температура процеса и трајање ХХП обраде) прехранбених производа зависе од врсте микроорганизама, састава хране и других карактеристика производа (Ikeuchi 2011). Објављено је више радова о инактивацији *Listeria monocytogenes* у месу и производима од меса: третман нарезаних Иберијских и Серано шунки на 450 МПа током 10 минута значајно је смањио популацију *Listeria monocytogenes* (Morales et al. 2006); третман резане куване шунке са ХХП (600 МПа, 31°C, 6 минута) (Garriga et al. (2004) и други. Ефикасност третмана може се побољшати повећањем температуре током обраде. Температуре између 45°C и 60°C дозвољавају употребу нижег притиска и краће вријеме третмана за инактивацију патогена у месу и производима од меса у поређењу са обрадом на температури околине (Moerman 2005). Yuste et al. (2000) закључили су да ХХП третман (500 МПа, 65°C, 5 минута) може бити ефикасна замјена поступку топлотне пастеризације (80°C, 40 минута) током обраде куваних кобасица. Том приликом постиже се исти ефекат инактивације микроорганизама и спречавања њиховог раста током накнадног складиштења у расхлађеном стању. Употреба ниских температура (<15 °C) током ХХП третмана, такође, може бити ефикасан начин за побољшање инактивације микроорганизама. Chen et al. (2012) је утврдио да је *Listeria monocytogenes* био отпоран на притисак (500 МПа, 1 минут) код температура између 10°C и 30°C. Када су температуре снижене испод 10°C или су порасле изнад 30°C, дошло је до повећања осјетљивости *Listeria monocytogenes* на притисак.

Marcos et al. (2008b) и Ogihara et al. (2009) су утврдили синергистичко понашање ХХП и адитива са бактериостатским дјеловањем (бактериоцида). У циљу одлагања раста бактерија током складиштења и спречавања негативног утицаја на сензорни

квалитет производа од меса могу се користити органске киселине и њихове соли (на примјер, млијечна киселина и лактати). За повећање инактивације микроорганизама у месу и производима од меса, у комбинацији са ХХП, често се користе бактериоциди (Marcos et al. 2008b). Бактериоциди се могу или инкорпорирати у структуру производа или се месо може обрадити са бактериоцидима непосредно прије ХХП третмана. У подљедње вријеме антимикробна средства се користе током активног паковања (Jofré et al. 2008; Marcos et al. 2008a). Тренутно је нисин бактериоцин који се највише користи у ову сврху. Garriga et al. (2002) испитали су понашање неколико бактерија које се преносе храном током третирана са ХХП (400 МПа, 17°C, 10 минута) у модел системима са месом у које су додати различити бактериоциди, ентероциним А и В, сакацин К, педиоцин АсН и нисин. Највећу ефикасност је показао нисин, који је током хлађења меса дјеловао на спречавање раста *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* и *Leuconostoc carnosum*.

Употреба антимикробних средстава, као што је нисин, има синергистичко дјеловање са ХХП на инактивацију бактерија; међутим, антимикробни спектар већине природних конзерванса је ограничен на уску групу микроорганизама. Нисин и други бактериоциди су ефикасни само против неких грам-позитивних бактерија, али не и против грам-негативних бактерија. Осјетљиви слојеви бактерија могу развити отпорност ако су изложени сублеталним дозама антимикробног средства. Montiel et al. (2015) проучавали су ефекте додавања реутерина и лактопероксидазе на инактивацију патогених бактерија током ХХП третмана (450 МПа, 6°C, 5 минута) куване шунке. Утврдили су синергистичко антимикробно дјеловање против *Listeria monocytogenes*, *Salmonella enteritidis* Ентеритидис и *Escherichia coli* O157: H7 код температуре од 4°C и 10°C.

Ефикасност обраде меса са ХХП може се повећати вишеструким третирањем, што значи да се компресија и декомпресија меса понављају више пута (Vuzrul et al. 2009). Yuste et al. (1998) су примијенили вишеструки третман ХХП (350 или 450 МПа, 2°C, 3 импулса × 5 минута) на механички откоштено месо перади, што је показало је да је овај третман нешто бољи од једноструког третмана ХХП (350 или 450 МПа, 2°C, 15 минута) код инактивације психротрофних, али не и мезофилних бактерија. Примјена ХХП третмана са више циклуса умјесто ХХП третмана са једним циклусом је повољнија за инактивацију *Escherichia coli* O157: H7 у мљевеном говеђем месу (Morales et al. 2008) и *Salmomella Enteritidis* у филетима од меса пилећих груди (Morales et al. 2009).

Иако постоји довољно доказа да је вишеструки третман ХХП ефикасан начин инактивације микроорганизама, до сада није било његове комерцијалне примјене. Овај третман траје дуже и стога је скупљи од третмана ХХП са једним циклусом (Rivalain et al. 2012). Поред тога, неопходна је компликована опрема која може издржати брзину промјене компресије и декомпресије (Vuzrul 2015).

ХХП се може користити у комбинацији са других методама конзервисања меса. Yuste et al., (1998) су користили методу препрека, која је обухватила сљедеће третмене: ХХП третман (450 МПа, 2°C, 3 импулса × 5 минута), додавање нисина (200

ppm) и повећање киселости (pH 5,42) што је обезбијеђено додавањем глуконо-δ-лактона). Резултат третмана је било смањење броја психротрофних и мезофилних бактерија до нивоа испод 2 log₁₀ CFU/g у механички обрађеном месу перади које је складиштено 30 дана у хладном режиму.

ХХП, осим на присутне микроорганизме у месу, утиче на сензорна својства, састав и параметре квалитета меса и производа од меса (Vuzgul 2018). Када се примијени на месо прије *rigor mortis*-а, ХХП третман (100-200 МПа у трајању од неколико минута) може да побољша мекоћу меса (Ohmori et al. 1991). Након дужег излагања (20-30 минута) на високим температурама (40°C до 80°C), ХХП (150–200 МПа) утиче на смањење тврдоће *post rigor* меса (Sikes et al. 2010). У зависности од облика и састава производа, нивоа притиска и односа притисак/температура, ХХП различито утиче на текстуру производа од меса и задржавање воде. ХХП се може користити за побољшање везивања комадића меса у реструктурираном месу (Simonin et al. 2012).

Постоји довољно доказа да ХХП третман меса и производа од меса може да изазове оксидацију липида, што утиче на погоршања укуса (ужеглост), промјену боје, губитак нутритивне вриједности и промјену текстурних и функционалних својстава, као и денатурацију протеина (Buckow et al. 2013). Притисци између 300 МПа и 600 МПа су критични за индукцију реакција оксидације липида у свјежем месу (Vajovic et al. 2012). Пресована шунка третирана ХХП је била подложнија оксидацији липида од нетретиране шунке, док сушена шунка, третирана притиском од 600 МПа није била угрожена оксидативним промјенама (Clariana et al. 2011). Додавање природних антиоксиданаса (на примјер, екстракт рузмарина) у месо и производе од меса може помоћи код смањења утицаја ХХП обраде на оксидацију липида. Оксидација липида се такође може контролисати употребом хелата који везују металне јоне (на примјер, цитрати или ЕДТА) (Ikeuchi 2011). На крају, могући ефекти појачане оксидације липида на квалитет производа од меса ХХП третираних током складиштења, могу бити контролисани или путем одговарајућих ХХП третмана (нивои притиска и вријеме обраде), начина паковања (одсуство кисеоника у паковању) или употребом природних антиоксиданаса (Buckow et al. 2013).

Примјена притиска изнад 200 МПа у трајању од неколико минута (чак и на ниским температурама) драстично утиче на изглед црвеног меса (Tintchev et al. 2010). ХХП може изазвати драстичне промјене у боји свјежег меса и на тај начин утицати на продају свјежег меса обрађеног ХХП-ом. Боја сувомеснатих производа је мање зависна од притиска током третмана него боја свјежег меса (Rubio et al. 2007). Интензитет промјене боје изазване ХХП-ом зависи од садржаја миоглобина. Промјене су много израженије у свјежем црвеном месу него у бијелом месу и сувомеснатим производима. Нежељене промјене могу бити смањене оптимизацијом параметара обраде помоћу ХХП, као што су притисак, вријеме, температура, очвршћавање, уклањање кисеоника и повећање pH вриједности.

ХХП може изазовати различите промјене у структури миофибриларних и саркоплазматских протеина меса. Те промјене зависе од величине

притисака/температура и трајања обраде (Busckow et al. 2013). Један од значајних ефеката ХХП на месо су промјене у комплексу актин-миозин.

Иако је примјена ХХП стварност у прехранбеној индустрији, још увијек постоје многи потрошачи који нису свјесни значаја ове технологије. Прихватање производа од меса третираних ХХП зависи од промјене боје, текстуре, ароме и укуса изазване обрадом меса. Због видљивих промјена сензорних својстава сирови производи су мање прихватљиви од нетретираних производа. Топлотно обрађени и сушени производи од меса под притиском се мање мијењају, због чега су боље прихваћени од потрошача, упркос неким промјенама у профилима ароме и укуса (Simonin et al. 2012).

Комерцијално примијењени притисци између 400 МПа и 600 МПа са временом обраде од три до седам минута на собној температури, доводе до инактивације већине вегетативних патогених микроорганизама и микроорганизама који изазивају кварења хране. Резултат тога јесте побољшање безбједности и продужење рока употребе производа од меса (Вајовић et al. 2012). Примјена технологије препрека може допринијети интензивнијој практичној примјени ХХП технологије. Она омогућава постизање истих ефеката код примјене нижег притиска и блажих услова обраде. Озбиљан проблем за проширење кориштења ХХП технологије у производњи представљају високи инвестициони трошкови у опрему и недостатак опреме за континуирану производњу.

7.3.3. Хидродинамички притисак

Приликом куповине свјежег меса, потрошачи траже безбједне производе високог нивоа квалитета. Мекоћа је једно од најважнијих својстава квалитета свјежег меса. Многи фактори утичу на мекоћу меса, због чега произвођачи тешко могу да гарантују одговарајући квалитет меса. Подљедњих година учињени су велики напори у развоју алтернативних поступака за побољшање мекоће меса.

Обрада меса помоћу хидродинамичког притиска (ХДП) је релативно нова технологија, чије дјеловање је потврђено током истраживања и сада је потребно да се она инплементира у индустријским условима. У будућности ХДП ће се користити у индустрији прераде меса гдје даје могућност за производњу безбједног меса, високог квалитета (Volumar et al. 2013). ХДП се заснива на примјени таласа високог притиска (до једног GPa) у трајању неколико дијелова милисекунде. Генерисање ударног таласа је тренутно. Параметри који описују таласе односе се на интензитет (ниво) притиска и начин промјене притиска у времену (вријеме пораста). Ударни талас се шири брзином већом од брзине звука. Он се брзо преноси кроз течност - воду (Yang 2011). Пошто је садржај воде у месу око 75%, то се таласи брзо преносе кроз месо. На мјестима на којима постоји разлика звучних импеданси, долази до преноса енергије, што ствара механички стрес и утиче на нарушавање структуре мишића. Резултат тога је тренутно

омекшање меса (Volumar 2018). Међутим, дуготрајан третман може утицати на убрзано старење меса (Volumar et al. 2013).

Методe које се користе у индустрији прераде меса у сврху повећања мекоће меса дијеле се на: биолошке, хемијске и механичке. Механички поступци за побољшање мекоће меса заснивају се на нарушавању структуре мишића механичким силама. Најједноставнији поступци механичке обраде су сјецкање и мљевање меса. Међутим, то може представљати ризик од микробиолошке контаминације. Као нова метода за повећање мекоће препоручена је примјена високог притиска. Високи притисак узрокује дисоцијацију миофибриларних протеина (Sun and Holley 2010). ХДП је поступак механичке обраде меса, који утиче на побољшање мекоће различитих врста меса у распону од 10% до 70%.

Структурне промјене меса се заснивају на дјеловању високог притиска на ћелијске мембране и биополимере, на примјер протеине. На овај начин долази до промјене миофибриларних протеина и њиховог функционалног дјеловања. То може довести до различитих примјена у храни, као што су стварање нове текстуре и побољшање везивања воде (Volumar et al. 2016). Chan et al. (2011) су показали да притисци од 50-100 МПа повећавају капацитет везивања воде код меса ниског рН (блиједо, меко и водњикаво, БМВ или PSE квалитет меса) и формирање гела бољих својстава. Flynn et al. (2014) утврдили су да ХПП (150 МПа) повећава стабилност емулзије и смањује губитак током топлотне обраде хране.

Третман ХДП-ом има одређени ефекат код деконтаминације меса. Иако, деконтаминација микроорганизама у месу помоћу ХДП није потпуно истражена, она заслужује даљу научну пажњу.

Високи трошкови и амбалажа за паковање меса у којој се оно може обрадити ХДП представљају главну препреку за индустријску примјену ове алтернативне методе обраде хране. Тренутно не постоји амбалажа која може да издржи интензитет ударних таласа који се стварају током третмана ХДП-ом.

Технологија ударног таласа може се лако интегрисати у постојећу опрему у клаоници. Најкорисније би било када би се опрема поставила и користила током искоштавања трупова (након *rigor mortis*) или код пријема меса у погону за прераду. Даљи развој ХДП технологије ићи ће у правцу боље интеракције опреме за стварање ударних таласа и паковања производа, што може смањити уддио оштећених паковања.

Технологија ХДП или технологија ударних таласа представља јефтину и неинвазивну обраду меса без негативног утицаја на микробиолошку и хемијску стабилност (губитак масе, боја и укус). Међутим, комерцијална примјена ове технологије још није доступна због недостатка одговарајућих материјала за паковање, као и због потребе за ефикасним процесом испоруке ударних таласа у комерцијалном окружењу. Уколико се то постигне, ХДП би омогућио постизање значајног побољшања мекоће меса, уз врло кратко вријеме обраде и ниске трошкове обраде.

7.3.4. Ултразвук

Под ултразвуком се подразумијевају звучни таласи фреквенције изнад прага осјетљивости чула слуха код људи. С обзиром на фреквенцију ултразвук је подијељен у три подручја: област 20–100 kHz, област 100 kHz – 2 MHz и област фреквенције изнад 1 MHz (Ojha et al. 2018).

Обрада ултразвуком је иновативна технологија која се примјењује на различите начине. Већ неколико деценија код оцјене трупа меса на линији обраде користе се високофреквентни и дијагностички ултразвук (Pathak et al. 2011). У преради меса ултразвук је до сада кориштен за дезинфекцију површина, размекшавање меса, те током процеса саламурења, смрзавања, одмрзавања кувања и сјечење меса (Alarcon-Rojo et al. 2015).

Ултразвук ствара физичке (микромеханичке) и хемијске ефекте, који узрокују промјене у структури ћелија. Бактерицидни ефекат ултразвука заснива се на интрацелуларној кавитацији, која може изазвати повећање температуре, стварање слободних радикала, промјену ћелијских мембрана и оштећење ДНК, што доводи до инактивације микроорганизама (Alarcon-Rojo et al. 2015; Turantaş et al. 2015). Проведена су бројна истраживања о могућности инактивације различитих патогених микроорганизама и микроорганизама који изазивају кварење хране (*Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella spp.* и *Bacillus sp.*). Piyasena et al. (2003) су детаљно приказали утицај ултразвука на микроорганизме у производима од меса. Комбиновано дјеловање ултразвука са другим нетермичким методама даје боље резултате током инактивације микроорганизама. Ултразвук у комбинацији са додатом млијечном киселином може бити погодан начин за деконтаминацију коже заклане перади (Ojha et al. 2018).

Третман меса ултразвуком повећава мекоћу меса и побољшава сензорна својства. Ово дјеловање ултразвука се заснива на више механизма: физички поремећај мишићног ткива (смицање мишићног ткива) због повећања притисака и температуре; интензивни процеси протеолизе усљед ослобађања катепсина из лизосома и/или Ca^{2+} из интрацелуларних резервоара; активирање калпаина помоћу Ca^{2+} (Turantaş et al. 2015). Dolatowski and Twarda (2004) су утврдили да обрада меса ултразвуком (45 kHz, 2 V/cm² или 25 kHz, 2 /cm²) током *rigor mortis* утиче на побољшање текстуре и повећања способности везивања воде у мишићима. Ултразвук у комбинацији са другим методама ефикасно дјелује на побољшање поступка маринирања, повећања мекоће и промјену функционалних својстава производа од меса и меса перади (Turantaş et al. 2015).

Познато је да ултразвук ниске фреквенције (20–100 kHz) утиче на побољшање процеса преноса масе, укључујући сушење меса. Ултразвук омогућава бржу и уједначену дифузију раствора соли у месу. Главна покретачка сила за повећање дифузије соли је звучна кавитација (Ojha et al. 2018). McDonnell et al (2014) су обрадом меса ултразвуком убрзали процес сушења свињске шунке (са

концентрацијом NaCl од 2,25%) на 2 сата, у односу на контролни узорак за чије сушење је било потребно око 4 сата.

7.3.5. Пулсирајуће електрично поље

Обрада хране са пулсирајућим електричним пољем високог интензитета (ПЕФ) је једна од нових нетермичких технологија, која ефикасно утиче на инактивацију микроорганизама, смањење активности ензима и одрживост прехранбених производа, без значајног утицаја на сензорна и нутритивна својства (Barba et al. 2015). Током обраде користе се кратки импулси (често <1 s) електричног поља високог интензитета (обично $20\text{--}80$ kV/cm⁻¹) чија се фреквенција креће до 1000 Hz. Без обзира да ли се ради о шаржном или континуалном систему, приликом обраде храна се смјешта између двије електроде у (Mosqueda-Melgar et al. 2008). Ова технологија се показала ефикаснијом током обраде течних у односу на чврсте прехранбене производе.

Постоји неколико концепата за примјену ПЕФ у меду и производима од меса, који се фокусирају на повећање пермеабилности ћелијских мембрана услед чега долази до инактивације микроорганизама и поремећаја ћелијске структуре. То утиче на убрзавање преноса масе код поступака екстракције, сушења и лиофилизације. Третман ПЕФ-ом може утицати на побољшање мекоће и других параметара квалитета меса (Faridnia et al. 2015; Suwandy et al. 2015). Испитиван је утицај комбиноване обраде ПЕФ-ом и смрзавања/одмрзавања меса говеда (Faridnia et al. 2015) и меса јагњади (Ma et al. 2016), те комбинованог дјеловања ПЕФ + ПМП (пулсирајуће електрично + пулсирајуће магнетно поље) (Mok et al. 2017) на квалитет пилећег меса.

7.3.6. Технологија хладне плазме

Технологија хладне плазме (ТХП) у преради хране може се користити на различите начине (на примјер, дезинфекција површина хране, укључујући црвемо месо, месо перади, свјеже и сушене производе) (Fernandez et al. 2013; Ziuzina et al. 2014). Ова технологија се успјешно примјењује за површинску деконтаминацију амбалажног материјала (Ojha et al. 2018).

Деконтаминацијом свјежег свињског меса помоћу микроталасне плазме (2.45 GHz, 1.2 kV) могуће је смањити микробиолошко оптерећење у распону $2\text{--}3$ log CFU/g током складиштења на 5°C током 20 дана са неким промјенама у боји (Fröhling et al. 2012). Хладна плазма у комбинацији са радио фреквенцијом показала је значајно смањење од $3\text{--}4$ log CFU/g у *Staphylococcus aureus* на површини говећег меса након 10 минута третмана (Kim et al. 2014). Хладна плазма се може користити за третман претходно упакованог меса и производа. Иако има позитивно дјеловање на инактивацију микроорганизама, неки високо реактивни молекулски

облици у хладној плазми могу изазвати оксидацију масти у сировом свињском или говеђем месу (Jayasena et al. 2015), те утицати на промјену боје и мириса меса.

Примјена технологије хладне плазме може побољшати безбједност меса и повећати рок трајања производа од меса. С обзиром на убрзање процеса оксидације масти и пигмената у месу, потребно је провести нова истраживања, како би се утврдила одрживост комерцијалне примјене ТХП-а за деконтаминацију површине производа од меса.

7.3.7. Пулсирајућа свјетлост и пулсирајућа ултраљубичаста свјетлост

Технологије које се заснивају на примјени пулсирајуће свјетлости (ПЛ) и пулсирајуће ултраљубичасте свјетлости (П-УВ) су нашле примјену у преради меса, јер могу побољшати безбједност меса и готових производа од меса. Оне су посебно интересантне за деконтаминацију производа од меса и површина у контакту са месом. Једна од кључних предности технологија које се заснивају на свјетлости је да се могу лако примијенити на производној линији послје топлотне обраде. Ојћа et al. (2018) наводе примјер кориштења пулсирајуће свјетлости током паковања куване шунке. Након топлотне обраде кувана шунка се реже у шните, када може доћи до контаминације, те је прије паковања неопходно поново извршити стерилизацију.

Примјена УВ-Ц свјетлости је кориштена за побољшање микробиолошке безбједности пилећег меса (Sommers et al. 2017), резане ферментисане саламе (Rajkovic et al. 2017) и готових сувомеснатих производа (Ganan et al. 2013). Rajkovic et al. (2010) су провели анализу сензорног квалитета различитих врста меса и производа од меса третираних технологијама на бази свјетлости, укључујући пулсирајућу свјетлост и пулсирајућу ултравиолентнију свјетлост и закључили да сензорни квалитет у великој мјери зависи од врсте меса, врсте производа од меса и примијењене дозе током третмана. Третмани су имали мањи утицај на сензорна својства сувомеснатих производа у односу на куване производе, док је најмањи утицај третмана био на ферментисаним производима од меса.

7.4. Паковање меса

Паковање меса и производа од меса спречава накнадну контаминацију и осигурава продужење одрживости. За паковање сировог црвеног меса традиционално се користи пластична амбалажа пропустљива за кисеоник (позитиван учинак на боју меса), док паковање у амбалажи са модификованом атмосфером или у вакууму има бољи утицај на продужење рока трајања. У подљедње вријеме највише се користи амбалажа израђена од пластичних полимера. Употреба биолошких материјала и њихова уградња у композитну

амбалажу све више привлачи пажњу месне индустрије (McMillin 2017). Осим добрих својстава биоразградивости, ови материјали се могу рециклирати (Crews 2016). Јестиве фолије и премази рјешавају многе захтјеве везане за безбједност производа и заштиту животне средине, због чега ће се све више користити.

У овом тренутку за паковање меса недовољно се користи активна и паметна амбалажа иако она пружа нове могућности за спречавање оксидативних промјена у месу (Gómez-Estaca et al 2014) и помаже код инактивације микроорганизама и ензима (Chen et al. 2012).

Напредак у нанотехнологији, вјероватно ће у будућности бити искориштен код израде амбалажних материјала за паковање меса.

Паметно паковање, које садржи различите сензоре, пружа информације о процесу производње и промјенама које настају током складиштења и употребе, односно мјерење количине насталих гасова, промјене температуре и времена (Yam i sur. 2005).

За паковање меса и производа од меса у будућности ће се користи лакши материјали, који посједују способност спречавања проласка гасова и воде, односно материјали побољшаних флексибилних својстава. Амбалажа ће омогућити интерактивно повезивање и интелигентно контролисање пропусљивости гасова и воде кроз поре (Reynolds 2012). Употреба биоразградиве амбалаже у наредним годинама ће бити ограничена због цијене самог материјала, док ће флексибилна амбалажа на бази пластике, вјероватно доминирати и у наредним годинама. Иновације у области развоја амбалажних материјала ићи ће у правцу развоја филмова, који утичу на продужење рока трајања меса и у правцу употребе наљепница, које указују на свјежину производа и у правцу развоја фолија, које ће омогућити обраду производа без претходног одмрзавања (McMillin 2017). Инвестиције у опрему за паковање биће усмјерене на аутоматизацију процеса, на рјешавање брзине паковања и других специфичних захтјева, које намећу прописи о безбједности производа (PMMI 2016).

У паковану храну ће се уграђивати чипови помоћу којих ће се моћи пренијети поруке од произвођача ка потрошачима. Информације ће се моћи читати помоћу мобилних телефона (Fang et al. 2017). Примјена сензора и електронике омогућиће детекцију испарљивих спојева, мјерење рН, киселости, утврђивање присуства амина насталих током разградње протеина и других производа метаболизма микроорганизама (Brody 2014; Horita et al. 2018). Интерактивни сензори, након детекције присутних једињења, омогућиће пренос информација, које ће бити доступне прерађивачима, трговцима и потрошачима. Постоје бројни резултати истраживања о уградњи етеричних уља и других материја биљног материјала у амбалажу (Ribeiro-Santos et al. 2017). Ови материјали могу имати антимикубно, антиоксидативно или неко друго корисно дјеловање.

Развој и употреба амбалаже и нових амбалажних материјала ће се наставити. То ће омогућити повећање безбједности, квалитета и практичности током употребе сировог меса и производа од меса.

7.5. Завршна разматрања и препоруке за будућност

Месо и производи од меса су основна намирница путем чије конзумације се људски организам снабдијева есенцијалним протеинима, минералним материјама и витаминима. Са друге стране, месо је намирница која је подложна утицају различитих агенаса из окружења. То захтијева велику пажњу током његове производње, прераде, складиштења и употребе.

Принципи неких поступака конзервисања меса (димљење, сушење, сољење) познати су више хиљада година. Савремене технологије саламурења, димљења и сушења, користећи нову опрему, заснивају се на познатим принципима. Захтјеви везани за безбједност и квалитет производа утичу и утицаће и у наредним деценијама на развој опреме и побољшање хигијенских услова у производњи. То ће омогућити даљи развој поменутих традиционалних поступака, те технологија хлађења и смрзавања. У наредним годинама очекује се примјена поступака хлађења који ће се заснивати на принципима магнетног поља, ултразвука, високог притиска, микроталаса, радио таласа, пулсирајућег електричног поља итд. Осим класичних поступака топлотне обраде за обраду меса у будућности се може очекивати примјена и сљедећих технологија: радио фреквентно загријавање, микроталасно загријавање и омско загријавање.

И остале класичне технологије конзервисања ће доживјети промјене. Да би се отклонило негативно дјеловање неких састојака дима, током димљења производа од меса у употреби ће доминирати екстракт дима и други препарати добијени пречишћавањем дима. Саламурење меса, какво је данас познато, у наредним деценијама ће бити промијењено, прије свега десиће се промјене у саставу соли. Нитрити ће врло брзо бити замијењени другим средствима, која могу обезбиједити формирање одговарајуће боје и која имају бактериостатско дјеловање на *Clostridium botulinum*. Истраживања иду у правцу замјене или смањења количине кухињске соли која се додаје у производе од меса. Природне материје са антиоксидативним и антибактеријским дјеловањем добиће значајнију улогу у преради меса.

Од нових технологија, које ће наредних година постати незаобилазне у пракси, најзначајније мјесто ће имати технологија високог притиска, технологија пулсирајућег електричног поља, технологија пулсирајуће свјетлости, технологије ултразвука, јонизујуће зрачење итд. Примјену ових технологија диктирају захтјеви за побољшање безбједности сировог меса и производа од меса, захтјеви за очување нутритивних и сензорних својстава и захтјеви за продужење рока употребе производа.

Литература

Ahn UD, Lee EJ and Mendonca A (2018) Meat Decontamination by Irradiation. In: Toldrá F and Nollet MLL (eds) *Advanced Technologies for Meat Processing*, second edition. CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton, pp 197-225

- Alahakoon AU, Jayasena DD, Jung S, Kim SH, Kim HJ and Jo C (2015) Effect of electron beam irradiation and high-pressure treatment combined with citrus peel extract on seasoned chicken breast meat. *Journal of Food Processing and Preservation* 39: 2332–2339
- Alarcon-Rojo A, Janacua H, Rodriguez J, Paniwnyk L and Mason T (2015) Power ultrasound in meat processing. *Meat Science* 107: 86–93
- Alvseike O, Prieto M, Torkveen K, Ruud C and Nesbakken T (2018) Meat inspection and hygiene in a Meat Factory Celle - An alternative concept. *Food Control* 90: 32-39
- Antonić B, Grujić, Radovanović R, Baltić M i Grujić R (2006a) Uticaj primjene različitih količina kuhinjske soli tokom procesa soljenja na senzorna svojstva kvaliteta svinjske pršute. *Tehnologija mesa* 47 (3-4); 110-114
- Antonić B, Radovanović R, Grujić R i Baltić M (2006b) Promjene mase i odabranih linearnih mjera tokom procesa proizvodnje svinjske pršute. *Tehnologija mesa* 47 (3-4): 131-138
- Antonić B, Radovanović R, Grujić R i Tomić N (2006c) Prinos mesa namijenjenog proizvodnji svinjske pršute. *Tehnologija mesa* 47 (3-4): 104-109
- Antonić B, Radovanović R, Grujić R i Baltić M (2006d) Dinamika difuzije soli tokom procesa proizvodnje svinjske pršute. *Tehnologija mesa* 47 (5-6): 194-199
- Arvanitoyannis et al. (2012) Osmotic Dehydration: Theory, Methodologies, and Applications in Fish, Seafood, and Meat Products. In: Bhat R, Alias AK and Paliyath G (eds) *Progress in Food Preservation*, First Edition. John Wiley & Sons, Ltd., 161-189
- Aykin E and Erbaş M (2018) Drying kinetics, adsorption isotherms and quality characteristics of vacuum-dried beef slices with different salt contents. *Meat Science* 145:114-120
- Babić J, Cantalejo JM i Grujić R (2007) Uticaj trajanja primarnog sušenja na 0°C pri postupku liofilizacije primijenjene na pilećem mesu. *Zbornik radova Tehnološkog fakulteta Leskovac* 16: 126-133
- Bajovic B, Bolumar T and Heinz V (2012) Quality considerations with high pressure processing of fresh and value added meat products. *Meat Science* 92: 280–289
- Barba JF, Parniakov O, Pereira AS, Wiktor A, Grimi N, Boussetta N, Saraiva AJ, Raso J, Martin-Belloso O, Witrowa-Rajchert D, Lebovka N, Vorobiev E (2015) Current applications and new opportunities for the use of pulsed electric fields in food science and industry. *Food Research International* 77: 773–798
- Bernaert N, Van Droogenbroeck B, Van Pamel E and De Ruyck H (2018) Innovative refractance window drying technology to keep nutrient value during processing. *Trends in Food Science & Technology* 84: 22-24
- Bolumar T and Toepfl S (2018) Hydrodynamic Pressure Processing to Improve Meat Quality and Safety. In: Toldrá F and Nollet MLL (eds) *Advanced Technologies for Meat Processing*, second edition. CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton, pp 259-294
- Bolumar T, Middendorf D, Toepfl S and Heinz V (2016) Structural changes in foods caused by high-pressure processing. In: Balasubramaniam VM, Barbosa-

- Canovas G and Lelieveld H (eds) *High Pressure Processing of Food—Principles, Technology and Applications*. Springer-Verlag, New York, pp. 509–537
- Bolumar T, Enneking M, Toepfl S and Heinz V (2013) New developments in shockwave technology intended for meat tenderization: Opportunities and challenges. A review. *Meat Science* 95(4): 931–939
- Brody AL (2014) Signaling food spoilage. *Food Technology* 68(7): 73–75
- Brown SJ and Domanski PA (2014) Review of alternative cooling technologies. *Applied Thermal Engineering* 64: 252–262
- Buckow R, Sikes A and Tume R (2013) Effect of high pressure on physicochemical properties of meat. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 53: 770–786
- Buzrul S (2018) *Advances in High Hydrostatic Pressure for Meat and Meat Processing*. In: Toldrá F and Nollet MLL (eds) *Advanced Technologies for Meat Processing*, second edition. CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton, pp 227–257
- Buzrul S (2015) Multi-pulsed high hydrostatic pressure treatment of foods. *Foods* 4: 173–183
- Buzrul S, Alpas H, Largeteau A and Demazeau G (2009) Efficiency of pulse pressure treatment for inactivation of *Escherichia coli* and *Listeria innocua* in whole milk. *European Food Research and Technology* 229: 127–131
- Castell-Palou Á and Simal S (2011) Heat pump drying kinetics of a pressed type cheese. *LWT - Food Science and Technology* 44: 489–494
- Chan JTY, Omana DA and Betti M (2011) Application of high pressure processing to improve the functional properties of pale, soft, and exudative (PSE)-like turkey meat. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 12: 216–225
- Chen JH, Ren Y, Seow J, Liu T, Bang WS and Yuk HG (2012) Intervention technologies for ensuring microbiological safety of meat: Current and future trends. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 11: 119–132
- Clariana M, Guerrero L, Sárraga C and Garcia-Regueiro JA (2011) Effects of high pressure application (400 and 900 MPa) and refrigerated storage time on the oxidative stability of sliced skin vacuum packed dry-cured ham. *Meat Science* 90: 323–329
- Cleland DJ, Cleland AC and Earle RL (1987) Prediction of freezing and thawing times for multidimensional shapes by simple formulae. I. Regular shapes. *International Journal of Refrigeration* 10: 156–164
- Crews J (2016) Product improvement. The role of packaging in meat and poultry quality is evolving. *Meat & poultry* 8: 70, 72–73
- Dermesonluoglu E, Katsaros G, Tsevdou M, Giannakourou M and Taoukis P (2015) Kinetic study of quality indices and shelf life modeling of frozen spinach under dynamic conditions of the cold chain. *Journal of Food Engineering* 148: 13–23
- Dolatowski ZJ and Twarda J (2004) Einfluss von Ultraschall auf das Wasserbindungsvermögen von Rindfleisch. *Fleischwirtschaft* 84(12): 95–99
- Fang Z, Zhao Y, Warner RD and Johnson SK (2017) Active and intelligent packaging in meat industry. *Trends in Food Science & Technology* 61: 60–71
- Faridnia F, Ma QL, Bremer PJ, Burritt DJ, Hamid N and Oey I (2015) Effect of freezing as pre-treatment prior to pulsed electric field processing on quality traits of beef muscles. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 29: 31–40

-
- Farkas J (2006) Irradiation for better foods. *Trends in Food Science & Technology* 17: 148–152
- Farkas J and Andrassy E (1993) Interaction of ionizing radiation and acidulants on the growth of the microflora of a vacuum-packaged chilled meat. *International Journal of Food Microbiology* 19: 145–152
- Fernandez A, Noriega E and Thompson A (2013) Inactivation of *Salmonella enterica* serovar Typhimurium on fresh produce by cold atmospheric gas plasma technology. *Food Microbiology* 33(1): 24–29
- Flynn C, Cruz-Romero MC, Troy D, Mullen AM and Kerry JP (2014) The application of high-pressure treatment in the reduction of salt levels in reduced-phosphate breakfast sausage. *Meat Science* 96: 1266–1274
- Francoa S, Jaquesa A, Pintoa M, Fardellaa M, Valenciaa P, Núñeza H, Ramíreza C and Simpsona R (2019) Dehydration of salmon (Atlantic salmon), beef, and apple (Granny Smith) using Refractance window™: Effect on diffusion behavior, texture, and color changes. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 52: 8–16
- Fröhling A, Durek J, Schnabel U, Ehlbeck J, Bolling J and Schlüter O (2012) Indirect plasma treatment of fresh pork: Decontamination efficiency and effects on quality attributes. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 16: 381–390
- Ganan M, Hierro E, Hospital XF, Barroso E and Fernández M (2013) Use of pulsed light to increase the safety of ready-to-eat cured meat products. *Food Control* 32(2): 512–517
- Garriga M, Grèbol N, Aymerich MT, Monfort JM and Hugas M (2004) Microbial inactivation after high-pressure processing at 600 MPa in commercial meat products over its shelf life. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 5: 451–457
- Garriga M, Aymerich MT, Costa S, Monfort JM and Hugas M (2002) Bactericidal synergism through bacteriocins and high pressure in a meat model system during storage. *Food Microbiology* 19: 509–518
- Giannakourou CM and Dermesonlouoglou FF (2018) Advances in refrigeration and freezing technologies. In: Mohan CO, Carvajal-Millan E, Ravishankar CN, Haghi AK (eds) *Food process engineering and quality assurance*. Apple Academic Press Inc., Oakville/ Waretown, pp 110-177
- Giannakourou M and Giannou V (2015) Chilling and freezing In: Varzakas T and Tzia CT (eds) *Handbook of Food Processing Food Preservation*. CRC Press, Taylor & Francis Group. p. 319
- Gómez-Estaca J, López-de-Carballo C, Hernández-Muñoz P, Catalá R and Gravara R (2014) Advances in antioxidant active food packaging. *Trends in Food Science & Technology* 20: 42–51
- Grèbol N (2002) Commercial use of high hydrostatic pressure in sliced cooked ham in Spain. In: Hayashi R (ed) *Trends in High Pressure Bioscience and Biotechnology, Progress in Biotechnology*, vol. 19. Elsevier Science, Amsterdam, pp 385–388

- Grujić R, Vujadinović D, Tomović V and Vukić M (2015) Influence of temperature and heat treatment procedure on the change of technological properties of meat". *Hrana u zdravlju i bolesti* 4 (1): 71-80
- Grujić R, Vujadinović D, Tadić G and Tomović V (2012) One dimensional model of temperature prediction in center of pork meat sample during heat treatment. In: *Proceedings of 6th Central European Congress on Food, CEFood2012*, Novi Sad, pp 719-725
- Grujić R, Sando D, Vujadinović D i Novaković B (2010) Novi prehrambeni proizvodi od konzervisanog mesa puža, *Proceedings „21st Scientific-expert conference of agriculture and food industry*, Neum, pp 765-774
- Grujić R, Miletić I i Stanković I (2007) Nauka o ishrani čovjeka – Konzervisanje namirnica, *Prehrambeni aditivi, Podjela namirnica, Deklarisanje namirnica*. Tehnološki fakultet Univerziteta u Banjoj Luci, pp 1-18
- Grujić R and Marjanovic Dj (2002) The Influence of freezing conditions on the structure and physical-chemical characteristics of frozen beef meat, *2th Congreso Espanol de ingenieria de alimentos*, Lleida
- Grujić R, Stanić S, Čegar N i Šolaja M (1998) Promjene u mesu izazvane toplotnom obradom. *Glasnik hemičara i tehnologa RS* 40: 23-28
- Grujić R i Komić J (1997) Analiza uticaja različitih tehnoloških postupaka na fizička svojstva toplotno obrađenog mesa brojlera. *Tehnologija mesa* 37 (5): 206-210
- Grujić R i Vasiljević T (1996) Smrzavanje mesa u asimetričnim uslovima prenosa toplote. *Tehnologija mesa* 37_(3-4): 133-136
- Grujić R, Petrović Lj, Pikula B and 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, Petrović L, Đaković Z i Jagodar L (1990) Metoda za određivanje vremena smrzavanja mesa goveda. *Tehnologija mesa* 31 (3): 93-96
- Grujić R, Petrović L i Đaković Z (1989) Promjene toplotno-fizičkih svojstava u toku smrzavanja goveđeg mesa. *Tehnologija mesa* 30 (4): 130-134
- Grujić R and Grujić S (1988) Uticaj limunske kiseline i sorbitola na pH usitnjenog ćurećeg mesa. *Tehnologija mesa* 29: 49-51
- Horita N, Rafaela C, Baptista C, Caturla YRM, Lorenzo JM, Barba JF and Sant'Ana AS (2018) Combining reformulation, active packaging and non-thermal post-packaging decontamination technologies to increase the microbiological quality and safety of cooked ready-to-eat meat products. *Trends in Food Science & Technology* 72: 45–61
- Ikeuchi Y (2011) Recent advances in the application of high pressure technology to processed meat products. In: Kerry JP and Kerry JF (eds) *Processed Meats—Improving Safety, Nutrition and Quality*. Woodhead Publishing, Cambridge, pp 590–609
- Jayasena DD, Kim HJ, Yong HI Park S, Kim K, Choe W, Jo C (2015) Flexible thin-layer dielectric barrier discharge plasma treatment of pork butt and beef loin: Effects on pathogen inactivation and meat-quality attributes. *Food Microbiology* 46: 51–57

- Jofré A, Aymerich T and Garriga M (2008) Assessment of the effectiveness of antimicrobial packaging combined with high pressure to control *Salmonella* spp. in cooked ham. *Food Control* 19: 634–638
- Kanatt SR, Chander R and Sharma A (2015) Effect of radiation processing on the quality of chilled meat products. *Meat Science* 69: 269–275
- Kanatt SR, Chawla SP, Chander R and Bongirwar DR (2002) Shelf-stable and safe intermediate-moisture meat products using hurdle technology. *Journal of Food Protection* 65: 1628–1631
- Kim J-S, Lee E-J, Choi EH and Kim Y-J (2014) Inactivation of *Staphylococcus aureus* on the beef jerky by radio-frequency atmospheric pressure plasma discharge treatment. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 22: 124–130
- Kocabiyik H (2012) Biological Materials and Food-Drying Innovations. In: Bhat R, Alias KA and Paliyath G (eds) *Progress in Food Preservation*, First Edition. John Wiley & Sons, Ltd, pp 131-142
- Komić J i Grujić R (1997) Analiza međusobnog djelovanja nekih fizičkih svojstava u toku toplotne obrade mesa brojlara. *Tehnologiji mesa* 37(5): 211-215
- Koutchma T (2014) *Adapting High Hydrostatic Pressure (HPP) for Food Processing Operations*. Burlington. Elsevier, NY
- Li D, Zhu Z and Sun D-W (2018) Effects of freezing on cell structure of fresh cellular food materials: A review. *Trends in Food Science & Technology* 75: 46–55
- Ma Q, Hamid N, Oey I, Kantono K, Faridnia F, Yoo M, Farouk M (2016) Effect of chilled and freezing pre-treatments prior to pulsed electric field processing on volatile profile and sensory attributes of cooked lamb meats. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 37(Part C): 359–374
- Marcos B, Aymerich T, Monfort JM and Garriga M (2008a) High-pressure processing and antimicrobial biodegradable packaging to control *Listeria monocytogenes* during storage of cooked ham. *Food Microbiology* 25: 177–182
- Marcos B, Jofré A, Aymerich T, Monfort JM and Garriga M (2008b) Combined effect of natural antimicrobials and high pressure processing to prevent *Listeria monocytogenes* growth after a cold-chain break during storage of cooked ham. *Food Control* 19: 76–81
- McDonnell CK, Lyng JG, Arimi JM and Allen P (2014) The acceleration of pork curing by power ultrasound: A pilot-scale production. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 26: 191–198
- McMillin WK (2017) Advancements in meat packaging. *Meat Science* 132: 153–162
- Moerman F (2005) High hydrostatic pressure inactivation of vegetative microorganisms, aerobic and anaerobic spores in pork Marengo, a low-acidic particulate food product. *Meat Science* 69: 225–232
- Mok JH, Her J-Y, Kang T, Hoptowit R and Jun S (2017) Effects of pulsed electric field (PEF) and oscillating magnetic field (OMF) combination technology on the extension of supercooling for chicken breasts. *Journal of Food Engineering* 196: 27–35
- Montanha FP, Anater A, Burchard FJ, Luciano BF, Meca G, Manyes L and Pimpão TC (2018) Mycotoxins in dry-cured meats: A review. *Food and Chemical Toxicology* 111: 494–502

- Montiel R, Martín-Cabrejas I and Medina M (2015) Reuterin, lactoperoxidase, lactoferrin and high hydrostatic pressure on the inactivation of food-borne pathogens in cooked ham. *Food Control* 51: 122–128
- Morales P, Calzada J, Rodríguez B, de Paz M and Nuñez M (2009) Inactivation of *Salmonella* Enteritidis in chicken breast fillets by single-cycle and multiple-cycle high pressure treatments. *Foodborne Pathogens and Diseases* 6: 577–581
- Morales P, Calzada J, Ávila M and Nuñez M (2008) Inactivation of *Escherichia coli* O157: H7 in ground beef by single-cycle and multiple-cycle high-pressure treatments. *Journal of Food Protection* 71: 811–815
- Morales P, Calzada J and Nuñez M (2006) Effect of high-pressure treatment on the survival of *Listeria monocytogenes* Scott A in sliced vacuum-packaged Iberian and Serrano cured hams. *Journal of Food Protection* 69: 2539–2543
- Mosqueda-Melgar J, Elez-Martinez P, Raybaudi-Massilia RM and Martin-Belloso O (2008) Effects of pulsed electric fields on pathogenic microorganisms of major concern in fluid foods: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 48(8): 747–759
- Nam KC and Ahn DU (2003) Use of double-packaging and antioxidant combinations to improve color, lipid oxidation, and volatiles of irradiated raw and cooked turkey breast patties. *Poultry Science* 82(5): 850–857
- Nam KC, Du M, Jo C and Ahn DU (2002) Quality characteristics of vacuum-packaged, irradiated normal, PSE, and DFD Pork. *Innovative Food Science and Emerging Technology* 3(1): 73–79
- Ogihara H, Yatuzuka M, Horie N, Furukawa S and Yamasaki M (2009) Synergistic effect of high-hydrostatic-pressure treatment and food additives on the inactivation of *Salmonella enteritidis*. *Food Control* 20: 963–966
- Ohmori T, Shigehisa T, Taji S and Hayashi R (1991) Effect of high pressure on the protease activities in meat. *Agricultural and Biological Chemistry* 55: 357–361
- Ojha KS, Kerry PJ and Tiwari KB (2018) Emerging Technologies for the Meat Processing Industry. In Toldrá F and Nollet MLL (eds) *Advanced Technologies for Meat Processing*, second edition. CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton, pp 297-317
- Osaili MT (2012) Developments in the Thermal Processing of Food. In: Bhat R, Alias AK and Paliyath G (eds) *Progress in Food Preservation*, First Edition. John Wiley & Sons, Ltd. pp 211-230
- Pankaj KS and Keener MK (2017) A review and research trends in alternate frying technologies. *Current Opinion in Food Science* 16: 74–79
- Parker R (2003) *Introduction to Food Science*. Delmar and Thomson Learning, Australia, USA, Canada
- Pathak V, Singh V and Sanjay Y (2011) Ultrasound as a modern tool for carcass evaluation and meat processing: A review. *International Journal of Meat Science* 1(2): 83–92
- Patterson MF, Linton M and Doona CJ (2007) Introduction to high pressure processing of foods. In: Doona CJ and Feeherry FE (eds) *High Pressure Processing of Foods*. IFT Press/Blackwell Publishing, Ames, IA, pp. 1–14

- Pellegrini N and Fogliano V (2017) Cooking, industrial processing and caloric density of foods. *Current Opinion in Food Science* 14: 98–102
- Petrovic Lj, Grujic R and Petrovic 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
- Pham QT (2014) Refrigeration in food preservation and processing. In: Bhattacharya S (ed) *Conventional and Advanced Food Processing Technologies*, pp 357-386
- Pham QT (1987) Calculation of bound water in frozen food. *Journal of Food Science* 52: 210–212
- Piyasena P, Mohareb E and McKellar R (2003) Inactivation of microbes using ultrasound: A review. *International Journal of Food Microbiology* 87(3): 207–216
- PMMI (2016) Food packaging trends and advances report. Reston, VA, USA: The Association for Packaging and Processing Technologies. Retrieve from <http://www.pmmi.org/files/ResearchandTrends/Industry/Food-Packaging-Trends-ES.pdf>
- Rajkovic A, Tomasevic I, De Meulenaer B and Devlieghere F (2017) The effect of pulsed UV light on *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella Typhimurium*, *Staphylococcus aureus*, and staphylococcal enterotoxin A on sliced fermented salami and its chemical quality. *Food Control* 73(Part B): 829–837
- Rajkovic A, Tomasevic I, Smigic N, Uyttendaele M, Radovanovic R and Devlieghere F (2010) Pulsed UV light as an intervention strategy against *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli* O157:H7 on the surface of a meat slicing knife. *Journal of Food Engineering* 100(3): 446–451
- Rekanović S, Grujić R i Hodžić E (2017) Hemijska i senzorna svojstva dimljene junetine kod izmjenjenog načina toplotne obrade. Zbornik V međunarodni kongres "Inženjerstvo, ekologija i materijali u procesnoj industriji", pp 466 -476
- Reynolds PT (2012) Trends to keep an eye on. *Packaging World* 19(11): 7
- Ribeiro-Santos R, Andrade M, de Melo NR and Sanches-Silva A (2017) Use of essential oils in active food packaging: Recent advances and future trends. *Trends in Food Science & Technology* 61: 132–140
- Rivalain N, Roquain J, Boiron JM, Maurel J-P, Largeteau A, Ivanovic Z, Demazeau G (2012) High hydrostatic pressure treatment for the inactivation of *Staphylococcus aureus* in human blood plasma. *New Biotechnology* 29: 409–414
- Roberts FB (2014) Food irradiation is safe: Half a century of studies. *Radiation Physics and Chemistry* 105(12): 78–82
- Rubio B, Martínez B, García-Cachán MD, Rovira J and Jaime I (2007) Effect of high-pressure preservation on the quality of dry cured beef "Cecina de Leon." *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 8: 102–110
- Savanović D, Grujić R, Rakita S, Torbica A and Božičković R (2017a) 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 and Rakita S (2017b) Effect of scanning rate on melting and crystallization DSC profiles of cooked pork meat. In: *Processing V*

- International Congress Engineering, Environment and Materials in Processing Industry, pp 551 -564
- Savanović D, Grujić R, Mandić S. i Savanović J. (2017c) Uticaj smrzavanja na kvalitet prehrambenih proizvoda. Zbornik radova V međunarodni kongres "Inženjerstvo, ekologija i materijali u procesnoj industriji", pp. 565 -582
- Sikes A, Tornberg E and Tume R (2010) A proposed mechanism of tenderising post-rigor beef using high pressure-heat treatment. *Meat Science* 84: 390–399
- Simonin H, Durantou F and de Lamballerie M (2012) New insights into the high-pressure processing of meat and meat products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 11: 285–306
- Sommers C, Sheen S, Scullen OJ and Mackay W (2017) Inactivation of *Staphylococcus saprophyticus* in chicken meat and purge using thermal processing, high pressure processing, gamma radiation, and ultraviolet light (254 nm). *Food Control* 75: 78–82
- Spyrou A, Maher AL, Martin AL, Macdonald AD and Garrard A (2019) Meat outside the freezer: Drying, smoking, salting and sealing meat in fat at an Epipalaeolithic megasite in eastern Jordan. *Journal of Anthropological Archaeology* 54: 84–101
- Sun XD and Holley RA (2010) High hydrostatic pressure effects on the texture of meat and meat products. *Journal of Food Science* 75(1): R17–R22
- Suwandy V, Carne A, van de Ven R, Bekhit AE-DA and Hopkins DL (2015) Effect of pulsed electric field on the proteolysis of cold boned beef M. *Longissimus lumborum* and M. *Semimembranosus*. *Meat Science* 100: 222–226
- Tintchev F, Wackerbarth H, Kuhlmann U Toepfl S, Knorr D, Hildebrandt P, Heinz V. (2010) Molecular effects of highpressure processing on food studied by resonance Raman. *Annals of New York Academy of Science* 1189: 34–42
- Tomovic V, Vujadinovic D, Grujic R, Jokanovic M and Kevresan S (2014) Effect of end-point internal temperature on mineral contents of boiled pork loin. *Journal of Food Processing and Preservation* 39 (6): 1854-1858
- Tonello C (2011) Case studies on high-pressure processing of foods. In: Zhang HQ, Barbosa-Cánovas GV, Balasubramaniam VM, Dunne CP, Farkas DF and Yuan JTC (eds) *Nonthermal Processing Technologies for Food*. Wiley-Blackwell, Chichester, pp 36–50
- Turantaş F, Kılıç GB and Kılıç B (2015) Ultrasound in the meat industry: General applications and decontamination efficiency. *International Journal of Food Microbiology* 198: 59–69
- Vujadinović D, Grujić R, Tomović V and 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 and Jokanović M (2014b) Cook Loss as a Function of Meat Heat Treatment and Regime. *Quality of Life* 10 (3-4): 81-86
- Yam KL, Takhistov PT and Miltz J (2005) Intelligent packaging: Concepts and applications. *Journal of Food Science* 70(1): R1–R10
- Yang Y (2011) Plasma discharge in water and its application for industrial cooling water treatment. PhD dissertation, Drexel University, Philadelphia, PA

- Yuste J, Pla R, Capellas M, Ponce E and Mor-Mur M (2000) High-pressure processing applied to cooked sausages: Bacterial populations during chilled storage. *Journal of Food Protection* 63: 1093–1099
- Yuste J, Mor-Mur M, Capellas M, Guamis B and Pla R (1998) Microbiological quality of mechanically recovered poultry meat treated with high hydrostatic pressure and nisin. *Food Microbiology* 15: 407–414
- Ziuzina D, Patil S, Cullen PJ, Keener K and Bourke P (2014). Atmospheric cold plasma inactivation of *Escherichia coli*, *Salmonella enterica* serovar Typhimurium and *Listeria monocytogenes* inoculated on fresh produce. *Food Microbiology* 42: 109–116

Modern methods of preserving and packaging meat and meat products

Radoslav Grujić

Meat and meat products are foods that are used daily by the majority of the world's population. Considering these are the foods that are most susceptible to spoilage and pose a risk of transmission of various diseases, high standards and strict criteria for their production have been set. Some meat processing operations have been known for thousands of years and are the basis of modern preservation technologies. Consumers have called for stricter conditions in meat production, which has led to a number of studies aimed at improving existing technologies and developing and applying new technologies at all stages of the production and distribution of meat and meat products.

This chapter gives an overview of the changes that are expected in the coming years in the field of classical technologies (cooling, freezing, drying, smoking and brining) and the application of new processes (high pressure technology, pulsed electric field technology, pulsed light technology, ultrasonic technologies, ionizing radiation).

The development and usage of new packaging materials and new packaging methods for meat and meat products will be continued. A significant increase in the biopolymers and nanobiopolymers usage is expected as more eco-friendly materials. With the reduction in the price of packaging materials, active and smart packaging of meat products is expected in the coming years. This will allow for increased safety, quality and convenience while using raw meat and meat products.

Key words: Meat, Conservation, Packaging, Modern methods

