



EESTI MAAÜLIKOOL

Veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituut

Jaanika Torp

**HAPPELISTE MARINAADIDE MÕJU
SEALIHA KVALITEEDINÄITAJATELE**

**THE EFFECT OF ACIDIC MARINADES TO THE QUALITY
PARAMETERS OF PORK**

Magistritöö

Liha- ja piimatehnoloogia õppekava (455)

Juhendajad: Kristiina Veri, *MSc*

Aarne Põldvere, *PhD*

Alo Tänavots, pm-dr

Tartu 2016

HAPPELISTE MARINAADIDE MÕJU SEALIHA KVALITEEDINÄITAJATELE

Lühikokkuvõte

Märksõnad: SEALIHA, HAPPELISED MARINAADID, VÄRVUS, pH, ELEKTRIJUHTIVUS, TEKSTUURIANALÜÜS

Magistritöö eesmärkideks oli happelise keskkonnaga marinaadide ja marineerimisaja mõju uurimine liha kvaliteediparameetritele ja tehnoloogilistele näitajatele. Katsematerjalina kasutati nelja jahutatud searümba selja pikimat lihast (*Longissimus thoracis*).

Uurimustulemustena selgus, et toore marineeritud liha massikadu oli väikseim keefirimarinaadiga töödeldud lihal (1,35%) ning kõrgeim lihal, mida marineeriti õunaäädikamarinaadiga (8,70%). Kuumtöödeldud proovidest kaotas marineerimisperioodil kõige vähem oma massist sinepi-meemarinaadiga töödeldud liha (29,84–31,14%), kõrgeimad tulemused olid valge veiniäädikamarinaadiga marineeritud lihal (39,23–43,51%).

7. marineerimispäeval jäid liha pH-väärtused sinepi-mee- (5,31) ja keefirimarinaadiga (5,42) töödeldud lihal algse näiduga (5,39) sarnasele tasemele ($p > 0,05$). Õunaäädika- ja valge veiniäädikamarinaadidega töödeldud lihas toimus märgatav pH langus pärast 3. marineerimispäeva ($p < 0,05$).

Võrreldes toore lihaga muutsid õunaäädika- ja valge veiniäädikamarinaadid liha heledamaks, sinepi-meemarinaad tumedamaks ning keefirimarinaad ei avaldanud olulist mõju liha värvusele.

Happeliste marinaadidega töödeldud **toore** sealiha elektrijuhtivus jäi 9,53–12,34 mS/cm vahemikku. Sealiha elektrijuhtivuse madalaim näitaja pärast marineerimist ja **kuumtöötlemist** oli keefirimarinaadiga marineeritud lihal (6,03 mS/cm) ning kõrgeim sinepi-meemarinaadiga töödeldud lihaproovil (9,50 mS/cm).

Kuumtöötlemata marineeritud sealiha lõikamiseks kulunud koguenergia keskmised väärtused olid 107,23–152,25 mJ vahemikus. Keefirimarinaadis laagerdunud kuumtöötlemata lihaproovide läbilõikamiseks kulus kõige vähem energiat (107,23 mJ).

Kuumtöödeldud marineeritud sealiha proovide läbilõikamiseks kulunud keskmised koguenergia väärtused olid 192,63–287,78 mJ vahemikus. Kõige vähem kulus energiat sinepi-meemarinaadiga töödeldud lihaproovide läbilõikamiseks (207,93 mJ) ning kõige rohkem õunaäädikamarinaadiga marineeritud liha (287,78 mJ) lõikamiseks.

Kokkuvõtteks osutus parimaks marinaadiks sinepi-meemarinaad, mis sobib nii tootjatele kui tarbijatele. Selle marinaadiga töödeldud küpsetatud lihal oli väikseim massikadu ning suurem elektrijuhtivus, mille põhjal võib öelda, et liha oli mahlasem ja tekstuurilt pehmem kui teised happeliste marinaadidega töödeldud lihaproovid. See marinaad andis termilisel töötlemisel lihale tumedaima tooni.

Magistritöö sisaldab: 94 lehekülge, 29 tabelit, 26 joonist, 93 kasutatud allikat.

THE EFFECT OF ACIDIC MARINADES TO THE QUALITY PARAMETERS OF PORK

Abstract

Keywords: PORK, ACIDIC MARINADES, COLOR, pH, ELECTROCONDUCTIVITY, TEXTURE ANALYSIS

The aim of this master's thesis was to investigate the influence of acidic marinades and the time of the marinating/ageing to the quality parameters of meat and technological value. The longest muscle of the back (*Longissimus thoracis*) of four cooled pork were used as a sample material.

The results of the study showed that the weight loss of raw marinated meat was the smallest for meat processed with kefir (1,35%) and the highest for the meat, which was marinated with apple vinegar (8,70%).

The smallest loss in mass in heat processed samples was for the meat processed with mustard-honey marinade (29,84–31,14%), the meat processed with white wine vinegar had the highest results (39,23–43,51%).

On the 7th day of marinating the pH values of mustard-honey marinade (5,31) and kefir marinade (5,42) remained on a similar level with the initial pH value (5,39) ($p > 0,05$). There was a considerable drop in the pH value of meat processed with apple vinegar and white wine vinegar after the 3rd marinating day ($p < 0,05$).

Apple vinegar and white wine vinegar marinades altered the colour of the meat lighter when compared to the raw meat, mustard-honey marinade made the meat darker and kefir marinade had no significant effect on the colour of the meat.

Raw meat which was marinated with acidic marinades had electroconductivity in the range of 9,53 to 12,34 mS/cm. The meat marinated with kefir marinade had the lowest electroconductivity value of pork after marinating and **heat processing** (6,03 mS/cm) and the highest was for meat sample processed with mustard-honey marinade (9,50 mS/cm).

The average values of the total energy consumed to cut not heated marinated pork were in the range of 107,23 to 152,25 mJ. The least energy to cut was spent on not cooked meat samples processed with kefir marinade (107,23 mJ).

The average energy spent to cut through the heat processed marinated pork samples was in the range of 192,63 to 287,78 mJ. The least energy was spent to cut meat samples processed with mustard-honey marinade (207,93 mJ), and the most energy to cut was spent for meat processed with apple vinegar marinade (287,78 mJ).

In conclusion the best marinade turned out to be mustard-honey marinade, which suits for the produces as well as for the consumer. The cooked meat processed with this marinade had the lowest loss in mass, the greatest electroconductivity, based on which it can be concluded that the meat was juicier and had a softer texture than other meat samples processed with acidic marinades. This marinade gave darker colour to the meat during thermic processing.

This work contains: 94 pages, 29 tabels, 26 figures, 93 literature references.

SISUKORD

SISSEJUHATUS	8
1. KIRJANDUSE ANALÜÜS	10
1.1. Liha iseloomustus ja kasutamine	10
1.1.1. Lihaskoe morfoloogiline ja keemiline koostis	10
1.1.2. Sidekoe morfoloogiline ja keemiline koostis	13
1.2. Liha veesidumisvõime	14
1.2.1. Veesidumisvõime keemilised alused	14
1.2.2. Müofibrillid ja veesidumisvõime	15
1.3. Liha kvaliteet	15
1.3.1. Liha tehnoloogiline kvaliteet	15
1.3.1.1. Õrnus ja tuimus	15
1.3.1.2. Värvus	16
1.3.1.3. pH	18
1.3.1.4. Veesidumisvõime	19
1.3.1.5. Liha pH ja veesidumisvõime seos	20
1.3.1.6. Kuumtöötlemiskadu	21
1.3.1.7. Elektrijuhtivus	21
1.3.1.8. Tekstuur	21
1.4. Marineerimine	22
1.4.1. Marineerimise eesmärk	23
1.4.2. Marinaadid	24
1.4.3. Marinaadi imendumise alused	25
1.5. Marinaadides kasutatavad olulisemad koostisosad	27
1.5.1. Keedusool	27
1.5.2. Vesi	29
1.5.3. Orgaanilised happed	29
1.5.4. Sinep	30
1.5.5. Õli	31
1.5.6. Äädikhape	32
1.5.6.1 Valge veiniäädikas	33
1.5.6.2 Õunaäädikas	33
1.5.7. Mesi	33
1.5.8. Keefir	34
1.5.9. Maitseainete segud	35
1.6. Marinaadide mõju liha tehnoloogilistele parameetritele	36
1.6.1. Marinaadide mõju liha pH-le	36
1.6.1.1. Sealiha marineerimine küüslaugu- ja sibulamahlaga	36
1.6.1.2. Sealiha marineerimine piimhappega	37
1.6.1.3. Sealiha marineerimine keedusoola, polüfosfaadi ja vesinikkarbonaadiga	37
1.6.1.4. Sealiha marineerimine kitosaani ja ingveri-sibula-küüslaugu vesilahusekstratiga	38
1.6.2. Marinaadide mõju liha värvusele	39
1.6.2.1. Sealiha marineerimine sibula- ja küüslaugumahlaga	39
1.6.2.2. Veiseliha marineerimine keedusoola, naatriumlaktaadi, laktoosi ja naatriumaskorbaadi lahusega	41
1.6.3. Marinaadide mõju liha kuumtöötlemiskaole	43
1.6.3.1. Sealiha marineerimine keedusoola, polüfosfaadi ja vesinikkarbonaadiga	43
1.6.3.2. Veiseliha marineerimine tsitrusemarinaadiga	43

1.6.4. Marinaadide mõju liha tekstuuriparameetritele	44
1.6.4.1. Metssea- ja hirveliha marineerimine punase veini, keefiri, sidrunimala ja toor-ananassimahlaga	44
1.6.4.2. Veiseliha marineerimine piim- ja sidrunhappega	45
2. MATERJAL JA METOODIKA	46
2.1. Materjal	46
2.1.1. Liha	46
2.1.2. Marinaadide koostisosad	46
2.2. Metoodika	47
2.2.1. Lihaproovide ettevalmistamine	47
2.2.2. Marinaadide ettevalmistamine	50
2.2.2.1. Sinepi-meemarinaad	50
2.2.2.2. Õunaäädikamarinaad	50
2.2.2.3. Valge veiniäädikamarinaad	51
2.2.2.4. Keefirimarinaad	51
2.2.3. Marineerimise protsess	51
2.2.4. Liha ja marinaadi pH-väärtuse määramine	52
2.2.5. Liha elektrijuhtivuse määramine	52
2.2.6. Liha värvuse määramine	53
2.2.7. Massikao/massikasvu määramine marineerimisjärgselt	55
2.2.8. Kuumtöötlemine	55
2.2.9. Massikao määramine kuumtöötlemisjärgselt	55
2.2.10. Tekstuuriparameetrite määramine	56
2.2.11. Andmete statistiline analüüs	58
3. TULEMUSED JA ARUTELU	60
3.1. Massikadu	60
3.2. pH-väärtus	61
3.3. Värvus	63
3.4. Elektrijuhtivus	72
3.5. Tekstuuriparameetrid	73
4. JÄRELDUSED JA ETTEPANEKUD	78
5. KOKKUVÕTE	79
6. KASUTATUD KIRJANDUS	83

SISSEJUHATUS

Inimene on tarbinud liha toiduks juba sajandeid. Esialgselt kuulus toidulauale metsloomade ja -lindude liha, hiljem lisandus sinna ka kodustatud loomade ja lindude liha. Järjepideva liha tarbimisega seoses on esile kerkinud vajadus leida efektiivsemaid säilitus- ja töötlemisviise. Seda on toetanud ka tarbija teadlikkuse tõus, mistõttu soovitakse saada ohutut, tervislikku, maitsvat ja pikema säilivusajaga toodet.

Üheks sagedamini kasutatavaks värske liha töötlemisviisiks on marineerimine, mis võimaldab liha maitsestada, sidekude pehmeneda ja toote säilivusaega pikendada. (Yusop jt 2011) Siinkohal on oluline teada ja tunda erineva koostisega marinaadide mõju liha tehnoloogilistele parameetritele.

Marineeritud ja maitsestatud liha on populaarne ja armastatud toode, mida suvehooajal pakutakse laias valikus. Lisaks heale maitsele on tehnoloogilisest aspektist lähtudes aga oluline ka marinaadi ja selle koostisosade mõju liha kvaliteedinäitajatele.

Marineeritud liha kvaliteet on oluline nii tootja kui ka tarbija vaatenurgast lähtuvalt. Tarbija jaoks on olulised eelkõige toote isuäratav välimus, hea maitse, lõhn ja õrnus. Viimast on võimalik määrata nii sensoorsel analüüsil kui ka instrumentaalselt tekstuuriparameetrite kaudu. Tootja jaoks on olulised eelkõige liha tehnoloogilised parameetrid (pH, kaalukasv marineerimisel, kaalukadu küpsetamisel, elektrijuhtivus, struktuuriparameetrid), mis tagavad toote müüdavuse aga avaldavad mõju ka toote omahinnale.

Magistritöö eesmärkideks oli uurida happeliste marinaadide ja marineerimisaja mõju liha kvaliteediparameetritele ja tehnoloogilistele näitajatele.

Käesoleva magistritöö raames vaadeldi erineva koostisega happeliste marinaadide mõju sealiha kvaliteedinäitajatele. Uurimistöös kasutati erinevate orgaaniliste hapete ning õli baasil valmistatud marinaade. Eelkõige keskenduti sinepi, valge veiniäädika, õunaäädika ja keefiri kasutamisele marinaadides ning nende mõju uurimisele liha tehnoloogilistele parameetritele. Õunaäädika ja valge veiniäädika toime uurimine on oluline traditsioonilisele äädikhappele alternatiivi leidmiseks. Äädikhappele asendusvariantide pakkumine on osaliselt seotud ka seadusandlusest tulenevate nõuetega, mille kohaselt Euroopa Liidus on äädikhappe kasutamine lubatud vaid eriluba taotlenud liikmesriikides ja teatud tootegruppide korral. Toidus lubatud lisaainete kasutamise tingimused ja kord on sätestatud Euroopa

Parlamendi ja nõukogu määruses nr 1333/2008. Alates 25. juunist 2014 jõustus komisjoni määrus nr 601/2014, millega muudeti Euroopa Parlamendi ja nõukogu määruse nr 1333/2008 lisa II seoses liha- ja toidugruppidega ja teatavate lisaainete lubamisega lihavalmististes sh traditsioonilistes lihavalmististes.

Antud töö raames uuriti marineerimisprotsessi käigus liha ja marinaadi pH väärtuse muutumist, liha massi suurenemist või kadu, liha elektrijuhtivust ja värvust ning toore marineeritud ja kuumtöödeldud (küpsetatud) liha lõiketugevust.

Sooviksin tänada asjakohase nõu, abi ning aja eest enda töö juhendajaid, õppejõude – Kristiina Veri, Aarne Põldvere ja Alo Tänavots, kellel on asendamatu roll käesoleva töö koostamisel. Lisaks sooviksin tänada Tanel Kaarti, kes abistas andmetöötluse osas ning Leno Mätast, kes andis nõu ja abistas katsete teostamisel. Tänan ka Eesti Tõusigade Aretusühistut ja liikmesfarme lihaproovide hankimisele kaasa aitamise eest ja nende eest tasumisel. Lisaks sooviksin tänada antud töö retsensenti, Priit Dreimanni.

1. KIRJANDUSE ANALÜÜS

1.1. Liha iseloomustus ja kasutamine

Liha on Euroopa Parlamendi ja nõukogu määruse 853/2004 mõistes kodukabiloomade, kodulindude, jäneseliste, farmiulukite, looduslike suur- ja väikeulukite söödavad osad, sealhulgas veri.

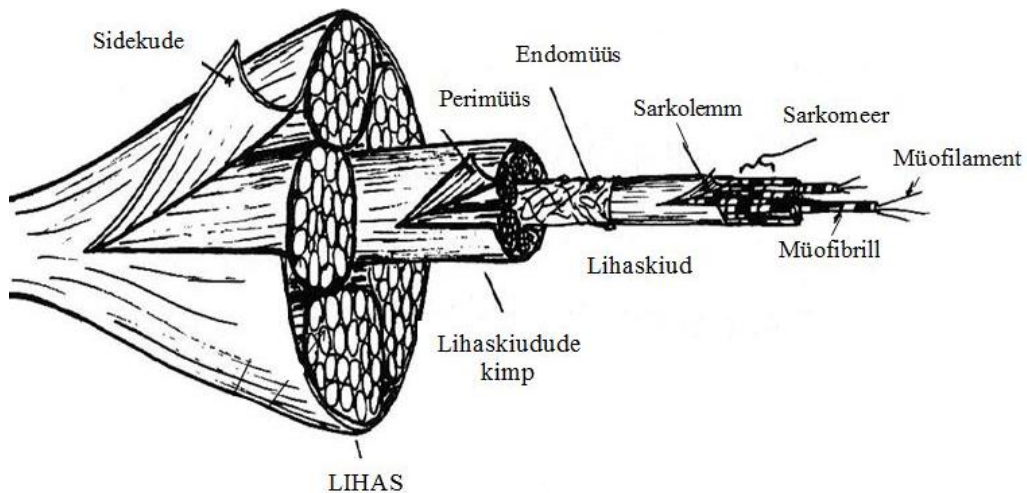
Liha koosneb peamiselt veest (72%), rasvadest (5%), valkudest (21%), mineraalainetest (1%) ja vähesel määral leidub selles ka süsivesikuid (Kauffman 2012), asendamatuid aminohappeid, vitamiine (B-rühma vitamiinid) ja mineraalaineid (tsink ja raud). Vähemal määral võib sealt leida oomega-3 rasvhappeid, linoolhapet, probiootilisi baktereid, prebiootikume ja antioksidante. (Khan jt 2011). Kõige väärtuslikumaks koostisosaks lihas on nii toiteväärtuse kui ka töötlemise seisukohast valgud. Valkude sisaldus on oluline nii liha kui tooraine, aga ka valmistoote väärtuslikkuse seisukohast. (Heinz, Hautzinger 2007)

Värske liha rikneb väga kergesti, eriti kui see on toatemperatuuril ning saastub patogeensete bakteritega, mis muudavad liha inimese jaoks söögikõlbmatuks. Liha on võimalik töödelda erinevate meetoditega, mille hulka kuuluvad soolamine, marineerimine, suitsutamine, vinnutamine, konserveerimine, sügavkülmutamine. Eelnimetatud töötlemisviiside kasutamine võimaldab pikendada ka toodete säilivusaega (Maailma toiduainete ... 2006)

1.1.1. Lihaskoe morfoloogiline ja keemiline koostis

Normaalsete elutingimustega ja toitumusega loomade rümbas on lihaskude põhiliseks koeks, moodustades olenevalt loomaliigist 35–65 % rümbamassist (Wenther 2011).

Lihaskude on ümbritsetud luule kinnituva sidekoelise kestaga, moodustades lihaskiudude kimpu, mis omakorda koosnevad lihaskiududest. Lihaskiud moodustavad 75–92% kogu lihase mahust. Nende vahel asuvad veresoone, närvide, sidekude, rasvkude ja rakuväline mahl. Iga lihaskiud on ümbritsetud rakumembraaniga (**sarkolemma**), selle sees paikneb omakorda **sarkoplasma** ja hulgaliselt filamente, mida nimetatakse **müofibrillideks** (joonis 1). Viimaste sees asuvad **müofilamendid** (aktiin ja müosiin). Lihaskiudude suurus ja diameeter sõltuvad erinevatest teguritest nagu näiteks looma vanus, sugu, liik ja tõug. (Heinz, Hautzinger 2007)



Joonis 1. Lihase ehitus (Rei 2004)

Loomse toidu väärtuslikkus on seotud ka selle valgusisaldusega. Ligikaudu 65% valkudest moodustavad lihaskoevalgud, 30% sidekoevalgud (kollageen, elastiin) ning 5% verevalgud. (Heinz, Hautzinger 2007)

Lihaskoevalgud klassifitseeritakse nelja suuremasse gruppi, millest suurima moodustavad müofibrillaarsed valgud. Need moodustavad 60% kõikidest lihasvalkudest, sarkoplasma valke on ligikaudu 29% ja sarkolemmi valke 6% (Kauffman 2012).

1. Müofibrilli valgud vastutavad kokkutõmbe mehhanismi eest lihases. Need moodustavad 70% lihaskiust, olles kõige väärtuslikumaks osaks kogu lihasrakus sisalduvast valgust. Müofibrilli valkudest umbes 43% moodustab müosiin ja 22% aktiin. (Kauffman 2012). Müofibrilli valgud on vees lahustumatud, kuid on võimelised lahustuma soolalahustes. (Heinz, Hautzinger 2007)

2. Sarkoplasma valgud on lihas esindatud peamiselt ensüümide (17%) ja müoglobiinina (1%). Näiteks ensüümi aldolaas on 1% toorest lihasest, 3% lihase lämmastikühenditest, 3% kõikidest valkudest ning 11% sarkoplasma valkudest. (Kauffman 2012) Müoglobiin vastutab toore liha punase värvuse tagamise ja säilitamise eest. Sellel valgul on õrn (pehme) struktuur, moodustades ligikaudu 30% lihaskiust ning on vees lahustuv. (Heinz, Hautzinger 2007)

3. Sarkolemmi valgud on põhiliselt sidekoe valgud nagu kollageen, elastiin ja retikuliin (Wenther 2011). See kujutab endast läbipaistvat kilet, mille paksus jääb alla ühe

mikromeetri ning koosneb sidekoelistest valkudest ja rasvast. Tegemist on suhteliselt elastse kilega, mistõttu on see võimeline vajadusel venima ja väänduma. (Rei 2004)

Tabel 1. Erinevate lihaliikide keskmine keemiline koostis (Heinz, Hautzinger 2007)

Lihaliik	Keemiline koostis, %			
	Vesi	Valk	Rasv	Tuhk
Veiseliha (tailiha)	75,0	22,3	1,8	1,2
Veiserümp	54,7	16,5	28,0	0,8
Sealiha (tailiha)	75,1	22,8	1,2	1,0
Searümp	41,1	11,2	47,0	0,6
Vasikaliha (tailiha)	76,4	21,3	0,8	1,2
Kanaliha	75,0	22,8	0,9	1,2
Ulukiliha	75,7	21,4	1,3	1,2
Veise rasvkude	4,0	1,5	94,0	0,1
Sea seljapekk	7,7	2,9	88,7	0,7

Tabelist 1 selgub, et liha veesisaldus varieerub suures ulatuses olenevalt selle liigist ja päritolust. Rasvasisaldus sea- ja veiseliha puhul on suurem kogu rümba ulatuses, kui ainult tailiha tükide puhul. Vaadeldes sealihast leiduva valgu osakaalu kogu rümba ulatuses ja ainult tailiha puhul on valgu protsent tailihast poole suurem, kui kogu rümba ulatuses vastavalt 22,8 ja 11,2%. (Heinz, Hautzinger 2007)

Lihast sisalduvad erinevad **vitamiinid**, millest olulisemad on B-rühma vitamiinid. Väherasvane sealiha on hindamatu B₁ vitamiini (tiamiin) allikas kuna selle sisaldus on 1 mg 100 grammi liha kohta. Lahjas veiselihas on tiamiinisaldus 1/10 võrra madalam kui sealihast. (Heinz, Hautzinger 2007)

Võrreldes taimse toiduga on liha väärtuslikuks B₁₂ vitamiini allikaks. Liha A-, D-, E-, K- ja C-vitamiinide sisaldus on suhteliselt madal, kuid neid leidub näiteks südames ja neerudes. Enamus lihas sisalduvad vitamiinid on suhteliselt vastupidavad ka töötlemisele. (Heinz, Hautzinger 2007)

Uurimuses, kus säilitati sea välisfileed ühe aasta jooksul –12 °C ja –24 °C juures ning pärast see küpsetati säilis B₁ vitamiin 90%, B₂ vitamiin samuti 90% ja B₆ vitamiin 80% ulatuses. Hakkliha, mida säilitati samade temperatuuride juures ühe aasta jooksul säilis B₁ vitamiini 80%, B₂ vitamiini 85% ja B₆ vitamiini 100% ulatuses. (FAO)

Tabelis 2 toodud andmete põhjal sisaldab sealihha märkimisväärselt rohkem B₁, B₂ ja B₆ vitamiini võrreldes veise- ja lambalihaga. Samas sisaldavad veise- ja lambaliha tunduvalt rohkem B₁₂ ja A vitamiini kui sealihha.

Tabel 2. Vitamiinide keskmine sisaldus kuumtöödeldud lihas ja maksas (Heinz, Hautzinger 2007)

Tooraine	Vitamiinide sisaldus, µg/100g					
	B ₁	B ₂	B ₆	B ₁₂	A	C
Lahja veiseliha	100	260	380	2,7	20	1
Lahja sealihha	700	360	420	0,8	10	1
Lahja lambaliha	105	280	150	2,6	45	1
Seamaks	260	2200	570	18,7	18000	24

Mineraalainetest leidub lihas kaltsiumi, fosforit, naatriumi, kaalium, magneesium, millede sisaldus on keskmiselt 0,1%. Lisaks eelnimetatutele sisaldub lihas ka vaske, rauda ja tsinki. Lihas sisalduv raud on inimorganismile oluline, sest selle peamiseks ülesandeks on organismis hapniku sidumine ja transport. Kuna raud ei ole taimetoitudest kergesti omastatav, on taimetoitlastel sageli erinevaid terviseprobleeme, mis on põhjustatud raua puudusest. (Heinz, Hautzinger 2007)

1.1.2. Sidekoe morfoloogiline ja keemiline koostis

Sidekude on kude, mis seob ja hoiab koos erinevaid kudesid. Sel on oluline mõju kuumtöödeldud liha tekstuurile ning maitsele. Sidekoe põhilisteks koostisosadeks on kollageen-, elastiin- ja retikuliinkiid. Kollageenikiud on tavaliselt lindi- ja elastiinikiud niidikujuvused, mis omakorda moodustavad käsnataolise struktuuri, mille vahel on koevedelik. Rakulisi elemente esineb sidekoes vähe, mille kõrval on sidekoes suhteliselt suurel hulgal rakuvälist substantsi, mis varieerub pehmest želeest tugeva fibrioosse massini. (Rei 2004)

Olenevalt sidekoes sisalduvate kudede suhtest eristatakse elastset, kohevat ning tihedat sidekude. Tiheda sidekoe moodustavad valdavalt kollageenikiud ja seda leidub kõõluste, sidemete ning naha koostises. Kohev sidekude sisaldab rohkem rakulisi elemente kui tihe sidekude ning see seob teisi kudesid ja lihaseid omavahel. Elastses sidekoes on ülekaalus elastiinikiud, mis kuuluvad valdavalt veresoonte koostisse. (Rei 2004)

Sidekoe põhikomponendid on vesi (57–73%), valgud (9–13%) ja rasvad (1–3 %). Selle keemiline koostis oleneb sellest, millises vahekorras on elastiini ja kollageenikiud. Kolla-

geenirikastes sidekoeliikides on vett rohkem, kui näiteks sidekoes, kus enamuse moodustab elastiin. Kollageeni ja elastiini omadused ning vahetõrge mõjutavad sidekoe omadusi, toiteväärtust ja tööstuslikku tähtsust. Liha toiteväärtus väheneb, kui lihastesisene sidekoesisaldus suureneb, mis on seotud otseselt kollageeni- ja elastiinikiudude hulgast. (Rei 2004)

1.2. Liha veesidumisvõime

Liha veesidumisvõime on liha omadus siduda ja hoida kinni töötlemise käigus sinna lisatud vett. See on oluline omadus värske liha puhul, mis mõjutab nii lõpptoota väljatulekut kui ka kvaliteeti (Huff-Lonergan 2010^a). Lihases sisalduva vee hulk võib väheneda töötlemise (lihalõikuse, kuumtöötlemise, peenestamise) käigus (Rei 2004).

Liha eraldab töötlemise ajal vett, sest seal leiduv vesi ei esine seotud kujul. Veekadu võib tekkida nii liha pinnalt aurumise teel kui ka tilkumiskaona või tekib liha termilisel töötlemisel. Kuid samas on ka protsesse, mille käigus võib liha vett siduda, nagu näiteks mõõduka keedusoolasisalduse ja happelises keskkonnas marineerimise puhul. (Rei 2004)

1.2.1. Veesidumisvõime keemilised alused

Vee molekulid on polaarsed, see tähendab, et neil on nii positiivselt (H^+) kui negatiivselt (OH^-) laetud pooled või poolused. Seega saab öelda, et see on dipool, mis tähendab kahte suuruselt võrdselt ja lähedistiku asetsevat erinimelise elektrilaenguga süsteemi. (Rei 2004)

Vesi on jagunenud lihas tugevusastmete järgi kolme gruppi: seotud, immobiliseeritud ehk nõrgalt seotud ning vaba vesi.

1. Seotud vesi erineb tavalisest veest madalama külmumispunkti ja kõrgema keemispunkti tõttu. Tehnoloogiliste protsesside ajal ei toimu seotud veega tavaliselt muutusi.
2. Nõrgalt seotud vee molekulid paiknevad lihas kihtidena ümber seal asuvate laetud osakeste. Seega nõrgemini on seotud need kihid, mis on laetud osakesest kaugemal. Teatud tingimustel võib immobiliseeritud vesi muutuda vabaks veeks, näitena saab välja tuua PSE-liha. Tehnoloogilisest aspektist annab nõrgalt seotud vesi lihale ja sellest valmistatud toodetele omase mahlakuse.

3. Vaba vesi on lihas väga nõrgalt seotud või sidumata, see tuleneb suhteliselt suurest kaugusest laetud valguosakeste ning veemolekulide vahel. Töötlemise käigus eraldub tavaliselt vaba vesi. (Huff-Lonergan, Lonergan 2005)

1.2.2. Müofibrillid ja veesidumisvõime

Lihasrakus on vesi müofibrillide sees, vahel ning ka müofibrillide ja rakumembraani (sarkolemma) vahel. Lisaks leidub vett ka lihaskiudude vahel ning lihaskimpude (lihaskiudude grupid) vahel. Lihas sisalduvast veest umbes 85% asub müofibrillides, aktiini (peente) ja müosiini (jämedate) filamentide vahel. (Huff-Lonergan 2010^b; Huff-Lonergan, Lonergan 2005) Lihaskiu vee sidumine või eraldumine sellest on seotud otseselt müofibrillide mahu ja laiusega. Eelpoolnimetatud kaks tegurit sõltuvad ainult vähesel määral lihaskiu pikkusest. Vee eraldumine ja sidumine sõltub filamentide vahelisest kaugusest. Kui filamentide omavaheline kaugus suureneb, toimub lihases vee sidumine ning kui kaugus väheneb, tõrjutakse vett lihast välja. (Huff-Lonergan, Lonergan 2005)

1.3. Liha kvaliteet

Mõistet liha kvaliteet on keeruline defineerida. Selle määravad peamiste koostisosade (rasv-, side-, lihaskude) omavaheline suhe lihas. Vähem olulised ei ole siinkohal liha sensoorsed parameetrid nagu välimus, lõhn, õrnus, mahlasus, tekstuur ja maitse. (FAO 2014)

1.3.1. Liha tehnoloogiline kvaliteet

1.3.1.1. Õrnus ja tuimus

Tarbijate jaoks on liha õrnus ja tuimus üks olulisemaid parameetreid selle kvaliteedi hindamisel (Brewer 2010). Liha õrnus ja selle suurendamine on üks probleem, mis vajaks teaduspõhist lähenemist ja sobiliku lahenduse leidmist, kuna tegemist on ka tööstuse jaoks olulise teemaga. (Hanzelková jt 2011).

Liha õrnust määravad erinevad mehhaanilised parameetrid (tugevus, sidusus, elastsus), mida on võimalik ka instrumentaalselt mõõta. Need mõõtmise tulemused pole aga otseselt inimesele üle kantavad, kuna sensoorselt on nende omaduste tajumine veidi erinev oleneb paljudest teguritest. Inimene on tootes võimeline tajuma ka selle teralisust, kiulisust

ning selle mahlasust või rasvasust. Tapajärgse perioodi alguses mõjutab liha õrnust näiteks lihaskoe olukord (surmakangestus). (Brewer 2010)

Õrnus on üks olulisemaid tegureid, mis mõjutab liha nautimist. Liha õrnust defineeritakse kui jõudu, mida läheb tarvis, et lihatükki (läbi) hammustada ja närida (Tornberg 1996). Õrnusel on kaks erinevat faasi: esmane ja püsiv õrnus. Esmane õrnus näitab jõudu, kui tehakse esimene lõige lihatükki ning püsivat õrnust seletatakse arväärtuse kaudu, mis näitab, mitu korda peab lihatükki lõikama, et see täielikult puruneks. Liha õrnust mõjutavad järgmised neli peamist tegurit, mis on mõjutatud omakorda järgnevatest protsessidest. (Maddock 2012)

- **Valgud.** Valke, mis võimaldavad „elaval“ lihasel tööd teha, kutsutakse kontraktiivvalkudeks. Kontraktiivvalkude integreeruvus lihas on õrnuse peamine mõjutaja. Lihavalgud lagunevad ajapikku surmajärgse (postmortalise) laagerdumise käigus, enamasti kalpaiinideks nimetatud lihasensüümide tõttu. Valkude lagunemine on põhjus, miks liha laagerdumise ajal toimub selle pehmenemine.
- **Sarkomeeri pikkus.** Lihavalgud on võimelised töötama üksteisest eraldi, et kokku tõmbuda ja lõdvestuda. Kui lihased on kokku tõmbunud, on neil lühem sarkomeeripikkus ja liha on sitkem, see on põhjustatud surmajärgse kangestuse tekimisest.
- **Sidekude.** Sidekoe kogus ja tüüp on väga olulised liha õrnuse seisukohast. Suured sidekoe kogused muudavad liha sitkemaks. Ka loomade vananedes muutub sidekude sitkemaks kollageenifibrillide omavahelise seostumise tõttu.
- **Liha koostis.** Rasva, vee ja valkude kogus lihas mõjutab õrnust. Ehkki alati pole see tegur oluline, kuid suurem kogus lihastesisest rasva on üldiselt seotud suurema õrnusega. (Maddock, 2012)

1.3.1.2. Värvus

Värvus on liha organoleptiline omadus, mis mõjutab esmase faktorina tarbija valikut. See toimib tugeva selekteeriva filtrina, kuna jõuab tarbijani enne teisi omadusi, nagu lõhn, maitse või tekstuur. (Castigliego jt, 2012)

Liha värvus võib erineda suurtes piirides ning seda mõjutavad paljud faktorid, mida on kirjanduses käsitletud suhteliselt põhjalikult (Boles, Pegg 2001).

Lihale annavad värvuse põhiliselt kaks valku – hemoglobiin, mis on verevärvnik ja müoglobiin, mis on lihavärvnik. Suuremas osas määrab hästi veretustatud liha värvuse kuni 90% ulatuses müoglobiinisisaldus. (Rei 2004)

Hemoglobiin on punastes verelibledes sisalduv hapnikku siduv valk. See valk transpordib kopsudest hapniku erinevatesse organitesse ja lihaste kapillaaridesse. Müoglobiin on vees lahustuv valk, mis talletab lihas hapnikku aeroobse metabolismi ajal. See valk on punase värvusega ning transpordib veres olevat hapnikku lihaskiudude mitokondritesse. (Claudia Girth-Diamba jt 2007)

Müoglobiin koosneb valgulisest osast ja mittevalgulisest porfüriinitsüklist, mille keskmeks on raua aatom. Raua aatomil on tähtis roll liha värvusel kujunemisel, kus määravaks teguriks on raua ja seda ümbritsevate ainete vahel toimuv oksüdatsiooniprotsess. Liha värvus on seda tumedam, mida vanem on loom, kuna müoglobiini hulk lihas suureneb looma vanusega. (Boles, Pegg 2001)

Liha värvuse intensiivsus sõltub müoglobiini kontsentratsioonist. Müoglobiin võib esineda lihas kolmes vormis – oksümüoglobiin, redutseeritud müoglobiin ja metmüoglobiin. Redutseeritud müoglobiini puhul ei ole müoglobiini molekul seotud hapnikuga ega oksüdeerunud ja seetõttu on liha värvus violetne. Kui müoglobiin puutub kokku hapnikuga toimub oksüdeerumine ning tekib oksümüoglobiin, mille tulemusena värvub liha punaseks. Oksüdatsiooniprotsessi jätkudes on tulemuseks metmüoglobiin ning liha värvus muutub pruuniks. (Püssa 2014)

Kirjanduses tuuakse palju erinevaid liha värvust mõjutavaid tegureid. Olulisemad nendest on looma geneetika, sugu, vanus, söödaratsioon, sesoonsus (aastaajad), tapaeelne stress, liha mikrobioloogiline tase, töötlemis- ja pakkimisviis, säilitamise aeg ja temperatuur. Paljud välised tegurid võivad mõjutada liha surmajärgset pH langemise kiirust ning ulatust, valkude denaturatsiooni kulgu lihase muutumisel lihaks, antioksidantide kontsentratsiooni lihas ja biokeemiliste vaheühendite esinemist selle värvuse moodustumisel. Lisaks võib tuua veel mõningaid olulisi tegureid, mis võivad mõjutada liha värvust, nagu näiteks lihaste tüüp, lihaskiudude koosseis, veesidumisvõime, mikroobide osakaal. (AMSA 2012)

1.3.1.3. pH

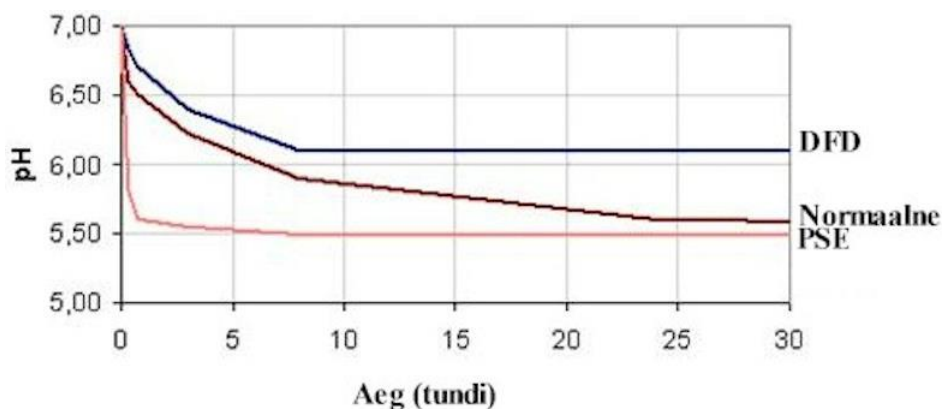
Liha pH-väärtuse määramine on tööstuslikes tingimustes üks lihtsamaid ja kiiremaid liha kvaliteedi hindamise meetodeid. Tapajärgne pH-väärtuse langemine lihas ning selle lõplik kujunemine mõjutavad oluliselt liha kvaliteeti. (Tänavots, Põldvere 2014^a) Liha pH-väärtusel on suur mõju nii liha värvusele, mahlasusele, veesidumisvõimele, maitsele, õrnusele ja mikrobioloogilistele näitajatele (Young jt 2012).

Pärast looma tapmist on lihaskude lõtv ja pehme, seejärel algab surmakangestus ning lihased hakkavad kokku tõmbuma ja muutuma jäigemaks. Kõige suurem lihaste kokkutõmbumine, kuni 30%, toimub +37 °C juures ning minimaalne lühenemine +15 °C juures. (Greaser, Guo 2012)

Siinjuures on täita oma roll ka pH-väärtusel, kuna surmakangestuse ajal see langeb, mis omakorda mõjutab veesidumisvõime vähenemist. Sellest tuleneva filamentide negatiivse laengu alanemine põhjustab nende omavahelise tõmbumise ning vee osakaalu vähenemise lihas. (Huff-Lonergan, Lonergan 2005)

Surmakangestus tekib anaeroobse glükogenolüüsi tõttu, mille käigus lõhustatakse glükogeeni, mille tõttu katkeb lihases hapnikuringlus. Enamus glükogeenist laguneb tapajärgselt 24 tunni jooksul. Protsess lõpeb ATP (adenosiintrifosfaat) täieliku lagunemisega ja piimhappe lihastesse kogunemisega, mille tulemusena langeb ka lihaste pH-väärtus. (Huff-Lonergan 2010^b)

Elusa looma liha pH-väärtus on ligikaudu 7, mis aga langeb tapajärgsel perioodil, 24 tunni jooksul, normaalse kvaliteediga liha puhul 5,4–5,7 juurde (joonis 2). (Soosaar, Rei 1996; Miller 2007)



Joonis 2. Liha pH-väärtuse muutus tapajärgsel perioodil normaalse, PSE kui DFD liha puhul. (Tänavots, Pöldvere 2014^a)

Kui lihases sisaldub vähe glükogeeni, siis pH väärtuse olulist muutumist (happelisemaks) ei toimu ning tulemuseks on DFD-liha tekkimine. Selline liha on tume, tuim ja kuiv, selle pH väärtus jääb 5,8 juurde ning see on kõrge veesidumisvõimega. Pikaajaliselt stressis looma liha pH väärtus tapajärgsel perioodil on vahemikus 6,5–6,8, mis põhjustab DFD-liha tekkimise. (Adzitey, Nurul 2011)

Samas esineb ka olukordi, kus pH väärtus langeb väga kiiresti alla 5,3 ning selle tulemuseks on PSE-liha (hele, pehme ja vesine) tekkimine. Suurte lihamahlakadude tõttu on PSE-lihast valmistatud tooted tuimad ja maitsetud. (Greaser, Guo 2012) Eelpool kirjeldatud olukordade näitel võime öelda, et pH-väärtusel on suur mõju erinevatele liha kvaliteedi näitajatele nagu värvus, maitse, veesidumisvõime, õrnus ja selle säilivusaeg. (Tänavots, Pöldvere 2014^a)

1.3.1.4. Veesidumisvõime

Veesidumisvõime on oluline kvaliteedinäitaja nii tehnoloogilisest, majanduslikust kui ka sensorsest aspektist lähtuvalt. See määrab suures osas ka liha selliseid sensorseid omadusi nagu mahlasus, õrnus, tekstuur, tuimus, toore liha värvus, väljatulek ning massikadu. Lihaskoes olevast veest asub ligikaudu 80% läbimõõdult laiade ja kitsaste müofilamentide vahelises osas. (Törnberg 2005)

Liha kvaliteedi tehnoloogilisest aspektist lähtudes on oluline lihas sisalduva vee kogus ning see, kuidas on vesi seotud ja kuidas on vesi jaotunud erinevates lihase piirkondades. Ühe lihase, näiteks selja pikima lihase (*Longissimus thoraci*) ühest otsast lõigatud tükk

võib olla pehme ja vesine, seevastu sama lihase keskelt lõigatud tükk võib olla kõva ja kuiv. (Tänavots, Põldvere 2014^b)

Valkude denaturatsioon vähendab nende võimet siduda vett, mistõttu väheneb ka liha veesidumisvõime. Vastupidiselt, kui lihas on kõrge lihasesisene rasvasisaldus, suureneb ka liha veesidumisvõime, sest kirjanduse andmetel omab rasv vett siduvat võimet. Veesidumisvõime ja pH-väärtuse vahel on samuti leitud seoseid. Kui liha pH-väärtus jääb 5,0 ja 5,5 vahele, on veesidumisvõime kõige madalam. Liha pH väärtus väljaspool eelnimetatud vahemikku on näidanud veesidumisvõime paranemist. (Tänavots, Põldvere 2014^b)

Veesidumisvõime on tugevas seoses liha mahlakusega, mis on üks olulisemaid liha sensoorseid omadusi. Kirjanduse andmetel hindavad tarbijad sealihaga puhul mahlakust isegi rohkem kui lõhna ja õrnust. Samas tuuakse välja, et veiseliha puhul eelistavad tarbijad õrna tekstuuriga liha. Vastavalt eeltoodule sõltub veesidumisvõime marmorsusest, mis avaldub liha termilisel töötlemisel. Kui töödeldavas tükkis on vähe lihasesisest rasva, muutub lihatükk kuivaks ja tuimaks, kõrge marmorsusega lihatükk jääb aga pärast termilist töötlemist mahlaseks. (Joo jt 2013)

1.3.1.5. Liha pH ja veesidumisvõime seos

Tapajärgselt toimuvad lihas erinevad biokeemilised muutused, mis avaldavad olulist mõju selle õrnusele ja maitsele. Tapajärgsel perioodil toimub liha pH väärtuse muutumine, mis seisneb eelkõige selle langemises (happelisemaks). Seda põhjustab sinna kogunenud piimhape. (Brewer 2010)

Liha pH-väärtusel on oluline mõju nii liha värvusele, mahlasusele, veesidumisvõimele, maitsele, õrnusele ja mikrobioloogilistele näitajatele (Young jt 2012). pH-väärtus on kiiresti muutuv näitaja, mis on erinev sama rümba erinevates lihastes. See näitaja võib erineda ka sama lihase, näiteks *Longissimus thoracis*, eri piirkondades. Liha pH-väärtus on sageli ka üheks tehnoloogiliseks näitajaks, mille järgi otsustatakse liha kasutamise viisi. (Rei 2004)

Seega ka DFD-lihast tooted jäävad väga kuiva tekstuuriga ning lihaste kimbud on selgelt eristatavad. (Huff-Lonergan 2010^a) DFD-liha on oma suure veesidumisvõime ja selle suhteliselt kõrge (aluseline) pH-väärtusega soodne keskkond bakterite kasvuks, seetõttu on DFD-lihast valmistatud toodetel lühem säilivusaeg. DFD-liha tekkimine on iseloomulik eelkõige veiseliha (Miller 2007)

1.3.1.6. Kuumtöötlemiskadu

Liha tehnoloogilise kvaliteedi tagab tavaliselt kombinatsioon, mis koosneb maitsest, õrnusest, lõhnast ning mahlakusest. Kuumtöötlemiskadu on tehnoloogilise kvaliteedi näitaja, millest oleneb liha mahlasus ja õrnus. Seda mõjutavateks teguriteks on toor- materjali kvaliteet, kuumtöötlemise tingimused ning liha sisetemperatuur termilise töötlemise lõpul. Kuumtöötlemiskaol on samuti väga suur majanduslik tähtsus nii lihatööstustele kui ka toidustuse sektoris tegelevatele ettevõtetele. (Aaslyng jt 2003)

Selle suurenedes väheneb väljatulek ja liha jääb pärast termilist töötlemist kuivaks. Kuumtöötlemise käigus eraldub lihast vett ning selles lahustunud aineid, mistõttu väheneb liha mahlasus ja veesisaldus. Eralduva vee arvelt suureneb lihas aga valgu- ning rasvasisaldus. (Aaslyng jt 2003)

Kuumtöötlemisel tekkiva veekao üheks põhjuseks võib olla kuumtöötlemise temperatuurist põhjustatud valkude denaturatsioon. Selle protsessi ajal muutub valkude struktuur, mis omakorda põhjustab liha veesidumisvõime vähenemist. Kuumtöötlemisel tekkiva vedelikukao hulka saab mõjutada töötlemise aja ja temperatuuriga. Kasutades kuumtöötlemiseks madalamat temperatuuri ning pikemat aega liha küpsemiseks, on kaod väiksemad ning liha mahlasem, vastupidiselt toimivad kõrged temperatuurid ja lühem aeg. (Aaslyng jt 2003)

1.3.1.7. Elektrijuhtivus

Liha elektrijuhtivus on tehnoloogiline näitaja, mis näitab lihaskoe rakustruktuuride kahjustatuse astet. Liha elektrijuhtivus ja veesidumisvõime on omavahel tihedalt seotud. Kui liha struktuur on kahjustatud, on selle elektrijuhtivus kõrge kuid veesiduvus madal. Elektrijuhtivus on seda kõrgem, mida rohkem on lihas vaba vett. Näiteks PSE-liha puhul on elektrijuhtivus kõrge ($> 8,0$ mS), sest rakustruktuur on tugevalt kahjustunud. DFD-lihal, mis on kuiva konsistentsiga, on elektrijuhtivus madal ($< 2,0$ mS). Normaalse, hea kvaliteediga liha puhul jääb elektrijuhtivus eeltoodud näitajate vahelepeale. (Tänavots, Põldvere 2014^c)

1.3.1.8. Tekstuur

Liha tekstuuriparameetrid sõltuvad tooraine või katsematerjali omadustest, mis omakorda on mõjutatud erinevatest parameetritest nagu näiteks looma tapaeelne vanus, liha koostis, liha laagerdumisaeg jt. (Brewer 2010)

Liha õrnuse suurenemine ja eesmärgipärase lõpptulemuse saavutamine (laagerdamine) on keeruline protsess, mille tulemus sõltub erinevatest teguritest, näiteks suurt mõju lõpptulemusele avaldab lihase ehitus. Paralleelselt asetsevad lihaskiu kimbud muudavad lihaskoe purunemiskindlamaks ja seetõttu nõuavad suuremat lõikejõu rakendamist selle purustamiseks. Lihastesisene rasv muudab tapajärgsete protsesside kiirust ning ulatust, mõjutades kaudsel ka liha õrnust. Liha tekstuuri mõjutavad kõige tugevamalt sidekoe osakaal, lihaskiud ja lihaskoe valgud, lihases olev vesi ning lihasesisene rasv. (Juárez jt 2012)

1.4. Marineerimine

Marineerimine on meetod liha pehmendamiseks ja maitsestamiseks. Nimetatud töötlemisviisi on lihatööstustes kasutatud juba aastakümneid. Koduses majapidamises ja tootlustusasutustes on marineerimist kui liha pehmendavat ja säilivusaega pikendavat töötlemisviisi kasutatud veel pikemat aega ja ka lihatööstustes on antud töötlemistehnoloogiat kasutatud juba aastakümneid. (Yusop jt 2011)

Kirjandusest võime leida marineerimise kohta mitmeid erinevaid definitsioone, seetõttu on ühtset sõnastust keeruline välja tuua. Sõna “marineerima” tuleb tõenäoliselt ladina keelsest sõnast ‘*marinus*’, mis on ülekantud itaalia, hispaania ja prantsuse keeltesse ja üldiselt viitab see soolvees leotamisele või kastmisele (Björkroth 2005).

Sõna marineerima viitab mereveele, mida kasutati toidu säilitamiseks enne jahutusruumide, säilitusruumide ja külmkappide kasutusele võtmist. Traditsiooniliselt tähendab marineerimine liha hoidmist tavaliselt 1-24 tunni jooksul lahuses, mis sisaldab soola ja happeid ning sellesse on lisatud veel suhkrut, vürtse või õlisid. Tõenäoliselt on marineerimine liha töötlemise edasiarendatud protsess, mis on alguse saanud soolamisest, kui toiduainete säilivusaega pikendavast võimalusest. Juba kaugetel aegadel kasutasid viikingid ja teised meremehed soolamist, et säilitada oma toiduvarusid ning vältida nälga pikkadel merereisidel. (Yusop jt 2011)

Eestis kehtiva seadusandluse kohaselt kuulub marineeritud liha lihavalmististe hulka. Euroopa Parlamendi ja nõukogu määruse 853/2004 mõistes on **lihavalmistis** värske liha, sealhulgas osakesteks tükeldatud liha, millele on lisatud toiduaineid, maitseaineid või lisaaineid või mida on töödeldud viisil, millest ei piisa liha sisemiste lihaskiudude struktuuri muutmiseks ja seega värske liha omaduste kaotamiseks

1.4.1. Marineerimise eesmärk

Marineerimine on tuntud traditsioonilise meetodina liha kvaliteedi parandamiseks, liha õrnuse suurendamiseks ja maitse parandamiseks (Woods, Church 1999). Sidekoerikka liha marineerimise eesmärgiks on eelkõige selle pehmendamine ja seeläbi tuimuse vähendamine. (Maailma toiduainete ... 2006)

Marineerimise peamised eesmärgid on järgmised:

- ✓ liha pehmendamine eeldusel, et sidekoerikka liha marineerimise aeg on piisavalt pikk;
- ✓ anda lihale erinevaid maitsenüansse;
- ✓ mõnede lihaliikide (küüliku-, ulukiliha jne) puhul mahendada lihaliigile iseloomulikku spetsiifilist maitset;
- ✓ pikendada liha säilivusaega.

Marineerimist kui tehnoloogilist protsessi kasutatakse erinevate lihaliikide puhul. Eelkõige seisneb siin erinevus marineerimise eesmärgis. Sidekoerikkama liha korral on peamiseks eesmärgiks eelkõige liha õrnuse suurendamine läbi sidekoe pehmendamise, millele lisandub ka erinevate maitsenüansside andmine. Sidekoevaesema liha puhul on peamiseks eesmärgiks eelkõige liha maitsestamine. (Maailma toiduainete ... 2006)

Broileriliha marineerimine tööstuses on populaarne ja sagedast kasutamist leidnud tehnoloogiline võte, mis on edukalt kasutatav ka munevate kanade liha ja rümpade korral ning kalkuni- ja pardiliha juures (Yusop jt 2011). Samuti on nimetatud töötlemisviis laiemat kasutust leidnud nii veise kui sealiha puhul. Viimase kümnendi jooksul on tehnoloogilise uuendusena hakatud tööstuses kasutama marinaadi sissepritsimist lihasse (Xiong 2005).

Lihatööstustes kasutatakse erinevaid marineerimismeetodeid (marinaadiga töötlemise viise) nagu näiteks marinaadi sissepritsimine toorainesse, tooraine masseerimine või tumbleerimine, et kiirendada marinaadi imendumist lihasse. Igal marineerimismeetodil on oma positiivsed ja negatiivsed aspektid, seetõttu on oluline valida õige meetod, et saavutada püstitatud eesmärk. Siinkohal määravad valikul rolli nii tööstuse enda võimekus ja võimalused kui ka tarbija soovid. (Barbanti, Pasquini 2005)

1.4.2. Marinaadid

Marinaadide ja marineerimise kui protsessi olemus on aastate jooksul muutunud. Eelkõige on see alguse saanud soovist pikendada liha säilivusaega, kuid sama olulised on siinjuures ka liha pehmendamine, maitsestamine ja kvaliteedi parandamine. (Yusop jt 2011).

Yusop, jt (2011) defineerivad marineerimist, kui liha hoidmist (säilitamist) äädikhappe baasil valmistatud või õli sisaldavas lahuses (marinaadis). Samas võib see sisaldada nii äädikhapet kui õli kombineerituna vürtsidega, et parandada toote maitset, pikendada säilivusaega ja/või maskeerida kõrvalmaitseid.

Traditsiooniliselt on marinaad liha ja teiste toiduainete marineerimiseks kasutatav maitseainete, lisandite ja vedelike segu. Sidekoerikka liha puhul kasutatakse marineerimiseks happelisi marinaade, mille koostisesse võib lisada veini, õlut, rabarberi-, õuna-, sõstra-, sidruni-, apelsini-, laimi-, greibi- või ananassimahla; äädikhapet, jogurtit, piimapulbrit, petti, keefiri, purustatud tomateid jne. Happeid sisaldavate marinaadide kasutamisel saavutatakse lisaks liha pehmusele ka kergelt hapukas maitse (olenevalt lisatava aine kogusest). Samas ei tohi nende ainete, eriti äädikhappe kasutamisega liiale minna. Liigne äädikhappe ning ka teiste happeliste komponentide sisaldus marinaadis muudavad liha tuumaks ning kuivaks. (Maailma toiduainete ... 2006)

Sidekoevaese liha puhul on põhieesmärgiks maitsestada seda nii pinnalt kui ka seestpoolt, kasutades happe-, õli-, kuiv- ja kergeid marinaade. Happelised marinaadid on enamasti valmistatud toidu- või veiniäädikast, hapust veinist või hapumast mahlast, näiteks sidrunimahlast. Kerged marinaadid on tavaliselt valmistatud vee ja vähesese toiduõli baasil. Laialdasemalt on levinud õli- ja happelised marinaadid. (Maailma toiduainete ... 2006).

Marinaadide maitsestamiseks kasutatakse erinevaid pipraid, nelki, kadakamarju, ingverit, küüslauku, sibulat, porrusibulat, mädarõigast, paprikat, maitserohelist (tüümiani, punet, rosmariini, majoraani) jne. (Tepper jt 2013)

Enamuse marinaadide funktsionaalsus sõltub otseselt lahuses olevatest koostisosadest. Seega mõjutavad need otseselt saagikust ja üldist marineeritud toote kvaliteeti. Marinaadi koostisaineid võib liigitada kahte kategooriasse nende funktsionaalsusest tulenevalt. Esiimeses kategoorias on need koostisosad, mis mõjutavad veesiduvust või tekstuuriomadusi ja paneb liha vett siduma ioonilise tegevuse ja pH muutuse kaudu. Sellesse kategooriasse

kuuluvad koostisosad nagu vesi, sool, fosfaadid, orgaanilised happed, hüdrokolloidid, valgusolaadid ja ensüümid. Teise kategooria moodustavad need koostisosad, mis mõjuvad tarbijale meelepäraselt ning muudavad näiteks marineeritud liha söömise kvaliteeti. Nendeks koostisaineteks on näiteks maitsetaimed, vürtsid, maitseekstraktid ja magustajad. (Yusop jt 2011)

Marinaadi kogus lisatava tooraine kohta on 8–15% tooraine kogusest. Liha ei tohiks marinaadis ujuda, vaid peab ühtlaselt katma kõiki lihatükke. Olenevalt säilitamistemperatuurist, lihaliigist ja kasutatavast marinaaditüübist peaks marineerimisaeg ulatuma kahest tunnist kuni mõne päevani. (Tobreluts jt 2004)

1.4.3. Marinaadi imendumise alused

Värske jahutatud liha sisaldab keskmiselt 75% vett. Liha töötlemisel tekivad kaod, mis väljenduvad lihas sisalduva vee väljavalgumises, näiteks tilkumiskadu (säilitamise ajal), kuumtöötlemisekadu (termilisel töötlemisel) jne. Õigete tehnoloogiliste võtete kasutamine liha töötlemise ajal ja lihatoodete valmistamisel võimaldab kadusid vähendada. (Alvarado, McKee 2007)

Marineerimine on liha töötlemisviis, mis hõlmab erinevaid lihas toimuvaid protsesse. Marineerimisel toimuvate muutuste tõttu võivad lihast mahlad eralduda, mis omakorda tekitab sitke ja vintske konsistentsiga toote. Lihamahlade väljaimbumine marineerimise tulemuseks on lisaks muudele teguritele ka marinaadi koostisest. Marinaadi imendumise mehhanismi ja liha veesidumisvõime keskmeks on valgud ja liha struktuuriüksused, mis seovad ja aitavad kinni hoida vett. (Yusop jt 2011)

Oluline on teada, et marinaadis sisalduv sool mõjutab müofibrillseid valke nagu aktiini, müosiini ja aktomüosiini (Alvarado, McKee, 2007). Liha on võimeline marineerimisel vett siduma keedusoola juuresolekul ja happelises keskkonnas. Seetõttu toimub ka marinaadi imbumine lihasse ehk massi juurdekasv marineerimise kui protsessi käigus. Sarkoplasmaatilised valgud lahustuvad seevastu vees või madala ioonsusega lahuses, mistõttu on neil halb veesidumisvõime ja nad mängivad väikest rolli liha valkude funktsionaalsuses. (Yusop jt 2011)

Fosfaadivabas marinaadis on sool peamine koostisosa, mille mõjul toimub lihaskiu lahustumine. Keedusoola kasutamine masseerimisel või segamisel aitab lihaskiude lõhkuda,

mistõttu need hakkavad lagunema ja müofibrillaarsed valgud ekstraheeruvad, kusjuures enamuse muutustest toimuvad lihatükkide pinnal. (Yusop jt 2010)

Üle 80% lihas sisalduvast veest asub müofibrillides, peente (aktiini) ja jämedate (müosiini) filamentide vahel. Ainult umbes viiendik müofilamentide mahust on täidetud filamentide endiga, enamuse mahust on täidetud vedela lahusega, milles filamentid paiknevad. Seega enamuse elusas lihases sisalduvast veest on müofibrilli sees aktiini- ja müofilamentide vahel. (Huff-Lonergan, Lonergan, 2005)

Lihase veesidumine toimub, kui müofilamentide vaheline kaugus suureneb. Kui filamentide vaheline kaugus väheneb, siis tõrjutakse lihast vesi välja. (Rei 1999)

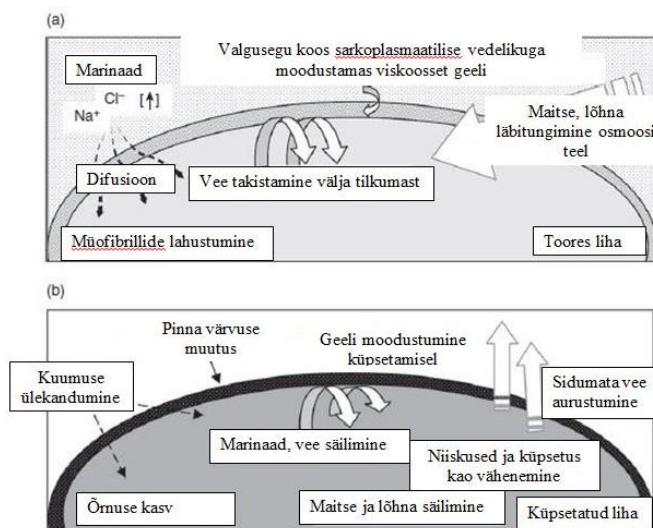
Seotava vee kogust mõjutab liha pH, valmimisaste, keedusoolasisaldus, keemiline koostis jt. näitajad. Liha minimaalne veesidumisvõime on tema isoelektrilise täpi juures (pH 5,2–5,6). (Rei 2004)

Keedusoolaga lisatakse lihale negatiivse laenguga kloriidioone ja positiivse laenguga naatriumioone. Kuna kloriidioonid on aktiivsemad kui naatriumioonid, siis liigub liha isoelektriline punkt väiksema pH poole (happelises suunas), sest negatiivsed kloriidioonid neutraliseerivad liha positiivselt laetud gruppe. (Yusop jt 2011)

Keedusoola lisamise tulemusena suureneb liha negatiivsete ionide osakaal, mis põhjustab valkude tõukumise ja nende vahelise ruumi suurenemise. See võimaldab marinaadil sarkolemmi läbida. Viimase tulemusena toimub lihaskiudude paisumine ja sarkoplasmaatiliste valkude lahustumine. Sellest tulenevalt moodustub vees lahustuv valgusegu koos sarkoplasmaatilise vedelikuga, mistõttu suureneb valgus kontsentratsioon ja veesidumisvõime. See aitab kaasa viskoosse geeli tekkimisele toote pinnale, mis vähendab lihas oleva marinaadi või vee eraldumist (joonis 3a), olles oluline just säilitusperioodil. Suurenenud valgus kontsentratsioon tõstab teatud juhtudel osmootset rõhku liha sees, põhjustades marinaadi/vee imendumist pigem liha sisse. Liha mass võib antud protsessi tulemusena suureneda 6–10%. Liha massi suurenemist mõjutavad mitmed erinevad tegurid, nagu näiteks töötlemistingimused, lõplik marinaadisisaldus (%) tootes jne. (Yusop jt 2011)

Marinaadi imendumist ja selle kinnihoidmisvõimet püütakse säilitada ka küpsetamise ajal. Paraku on aga denatureeritud valgus võime vett kinni hoida tavaliselt väiksem, sest selles on valkude vahel vähem ruumi vee sidumiseks (joonis 3b). Kõrge kontsentratsiooniga valgus

võrgud geelistuvad kuumutamise ajal, moodustades geelimaatriksit, mis seob vett. Eeltoodu aitab kaasa marinaadi püsimisele lihas isegi siis, kui toode kaotab jätkuvalt osa vedelikku marinaadi kuumtöötlemise tulemusena. Geelmaatriksid käituvad ka tõkkena otsese kuumuse eest küpsetamise ajal, mille tulemusena jääb toode õrnem, maitavam ja mahlasem. (Yusop jt 2011)



Joonis 3. Marinaadi mõju toorele lihale (a), kuumtöötlemise mõju marineeritud lihale (b) (Yusop jt 2011)

Piisava lihaskiu lahustumiseta on sarkoplastilise vedeliku kontsentratsioon madal, sest marinaad käitub lahustina. See omakorda põhjustab valkude agregeerumist ja settimist vabastades vett. Sellest tulenevalt on lihaskiu lahustumine marineerimis-mehhanismis väga oluline kuna valgu kontsentratsioon suureneb sarkoplasmaatilises vedelikus ja sellest tulenevalt põhjustab kuumutamine geeli moodustumise. (Yusop jt 2011)

1.5. Marinaadides kasutatavad olulisemad koostisosad

1.5.1. Keedusool

Kõige levinumad ja olulisemad marinaadi koostisained on sool ja aluselised fosfaadid. Need koostisosad parandavad liha struktuuri tõstes liha pH-d, ioonilist aktiivsust, niiskussaldust ja õrnust, sidudes valke ja lagundades aktomüosiini. Üldiselt kasutatakse keedusoola parandamiseks liha maitset ja õrnust. Täheldati, et naatriumkloriid (NaCl) suurendab li-

hasvalkude lahustuvust, mis omakorda parandab näiteks linnuliha veesidumisvõimet. (Yusop jt 2011)

Soola kogus, mis marinaadile lisatakse, määratakse lõpptoote maitseomaduste järgi kuna liiga palju soola muudab maitse ebameeldivaks avaldades mõju ka teistele organoleptilistele ja tehnoloogilistele näitajatele (Alvarado, McKee 2007). Valmis lihatoodete soolasisaldus on tavaliselt 1,5–2,0%, et lihasvalgud laguneks ja lahustuks, millest tulenevalt kasutatakse traditsiooniliselt 4–10% soolakontsentratsiooniga marinaade. (Yusop jt 2011)

Liha on võimeline siduma valgu koguse koha 3–4 kordse koguse vett, mida mõjutavad mitmed erinevad tegurid. Olulisemad nendest on näiteks liha pH, valmimisaste, soolasisaldus ja keemiline koostis. Liha minimaalne veesidumisvõime on selle isoelektrilise täpi juures, milleks on pH 5,2–5,6. (Rei 2004)

Keedusoolaga lisatakse lihale negatiivse laenguga kloriidioone ja positiivse laenguga naatriumioone. Kloriidioonid on aktiivsemad kui naatriumioonid, seetõttu alaneb liha elektriline punkt madalama pH ehk happelisema suunas, kuna negatiivsed kloriidioonid neutraliseerivad liha positiivselt laetud ioone. Summaarne null-laeng tekib madalama pH juures. Lihale 2% keedusoola lisamine alandab liha isoelektrilise täpi pH 4,4-ni. Isoelektrilisest täpist kõrgemal suureneb kiiresti negatiivne laeng, sest lisaks värskes lihas leidunud negatiivsetele ionidele on neis ka keedusoolaga lisatud negatiivseid ioone. Selle tulemuseks on valkude tõukumine, müofibrillide vahelise ruumi suurenemine ja liha veesidumisvõime paranemine. Liha veesidumisvõime paranemisega suureneb toote kuumtöötlemiskao vähenemine ja seeläbi toote väljatuleku ning mahlasuse paranemine. Uuringud on tõestanud, et liha veesidumisvõime on maksimaalne 2,5%-lise keedusoola-sisalduse lisamisel. Sellest suurem või väiksem keedusoola kontsentratsiooni korral liha veesidumisvõime väheneb. Kui lisatava keedusoola kogus on suur, siis lihas moodustunud keedusoolalahuse kontsentratsioon on kõrge ja lihast imetakse vesi välja. (Rei 2004)

Liha marineerimise üheks eesmärgiks on selle pehmendamine, milleks on võimalik kasutada ka madalaid soolakontsentratsioone. Sool ja selle kasutamine suurendab lihaskiudude veesiduvusvõimet ja seeläbi parandab liha mahlasust ja õrnust. Liha õrnust on võimalik parandada ka lüofiliseeritud liha puhul, kui hoida seda nõrgas soolalahuses. Liha õrnemaks muutmisel kasutatakse sageli naatriumkloriidi-, naatriumbikarbonaadi- ja naatriumfosfaadi- või kaaliumfosfaadisoolasid. Õrnust on võimalik saavutada ka pH-väärtuse sihipärase

reguleerimisega, kui liha pH-d vähendades või suurendades tõuseb hüdratsioon ja sellega koos ka õrnus. Näiteks töödeldes veiseliha kontsentreeritud äädikalahusega 48 tunni jook-sul suureneb liha õrnus ja mahlasus. (Desai 2000)

Soolal on iseloomulikud ioonilised omadused, mille tõttu laenguga osakeste arv suureneb. Sellest tulenevalt volditakse lahti või avatakse osaliselt ruum valgu molekulide vahel, et vett siduvad molekuli osad oleksid saadaval. See sunnib marinaade sarkolemmi läbima, mis omakorda põhjustab lihaskiudude paisumist ja hilisemat lihasvalkude eraldumist ning lahustumist. Seetõttu moodustab vees lahustuv valgusegu koos sarkoplasmaatilise vedeli-kuga suurenenud valgukontsentratsiooni, kus valgud seovad vett. See aitab kaasa ka vis-koosse katte tekkimisele toote pinnale, mis hoiab ära lihas oleva marinaadi/vee väljaimbu-mise ka säilitusperioodil. (Yusop jt 2011)

1.5.2. Vesi

Teiseks oluliseks marinaadi koostisosaks on vesi. Seda lisatakse marinaadidesse, et kom-penseerida eeldatavat massikadu, mis tekib kuumtöötlemise tulemusena. Seega võimaldab vee lisamine parandada toote mahlasust ja väljatulekut (Xiong 2005). Vesi, mida sageli kutsutakse “universaalseks lahustiks”, toimib marinaadis ka soola, fosfaatide, suhkru ja vesilahustuvate maitse- ja värvikomponentide edasikandja ja levitajana. Vett lisatakse tava-liselt 10–20% liha massi kohta ning sellel on suur osatähtsus lihasvalkude eraldamisel ja küpsetatud toote tekstuuri kujundamisel. Kõrge kontsentratsiooniga sarkoplasmilise vede-liku moodustumisel tekib kuumutamise ajal liha pinnale geel. Seetõttu jäävad niiskus ja soovitud maitse lihasse, mis tagab mahlasema, maitseküllasema ja õrnema toote. Ilma lisatud veeta oleks väga keeruline saavutada marinaadi koostisosade ühtlast jaotumist lihas, sealhulgas tööstuslike marinaadide korral, kus viimane pritsitakse või tumbleeritakse lihas-se. (Yusop jt 2011)

1.5.3. Orgaanilised happed

Orgaaniliste hapete kasutamine marinaadides on pikaaegne traditsioon ja neid on kasutatud palju aastaid. Tegemist on kulinaarias ja toiduainetööstuses kasutatava töötlusmeetodiga, et parandada toote maitset ja õrnust enne selle kuumtöötlemist. Traditsiooniliselt sisaldab happemarinaad äädikat, veini, õlut, puuviljamahla, ananassi, petti, tsitruselahla, salsat või jogurtit. Happelistel marinaadidel on mitmeid funktsioone, sealhulgas füüsiliste struktuuri-

de nõrgendamine liha pundumise tõttu, intensiivsem valgu hüdrolüüsumine katepsiinide abil ja küpsetamise ajal tõhusam kollageeni muundumine želatiiniks madala pH-taseme tõttu. Eelnevates uuringutes on enam tähelepanu pööratud happeliste marinaadide võimele muuta suure sidekoesisaldusega liha õrnemaks. Peamiseks uurimisobjektiks on nendes olnud veiseliha. Uurimistöodes on leitud, et kanaliha marineerimisel happelises keskkonnas (pH 3,8–4,2), esineb ulatuslikum marinaadi imendumine. Sellest madalama pH väärtusega marinaadi (3,0–3,8) korral on täheldatud marinaadi väiksemat lihasse imendumist. (Yusop jt 2010)

Yusop jt (2010) leidsid, et marinaadi imendumine lihasse madalal pH tasemel (happelisem), sõltub rohkem pH-väärtusest kui marineerimise ajast. Marinaadid peavad läbima lihas füüsilisi barjääre, näiteks sarkolemmat ja aktomüosiini ristsidemeid, et levida lihakiududesse ja müofibrillimaatriksisse. (Yusop jt 2011)

1.5.4. Sinep

Sinep on üks vanimaid maitseaineid, mille kohta on ülestähendusi säilinud, näiteks Sanskriti ürikutes umbes 3000 e.m.a ja see oli ka üks esimesi kultuurtaimede liike. Algselt oli sinep maitseaine, mida tunti sinepina ja see sõna tulenes ladinakeelsest sõnast *mustum*. *Must* – viinamarjade või teiste puuviljade pressitud mahl, mida segati jahvatatud sinepiseemnetega ja mis moodustas maitseaine, mida kasutasid eelkõige roomlased. Roomlaste armastus sinepi vastu levis üle Euroopa ning see sai populaarseks liha ja kala maitseainena. Peale kasutuse maitseainena avastati üsna vara ka selle meditsiiniline omadus, mida Pythagoras mainis 530. aastal e.m.a skorpionihammustuste vastase ravimina. Väideti ka, et sinepit kasutati toidu maitsestamiseks varjamaks selle riknenud maitset. (Thomas jt 2012)

Sinepist esineb tänapäeval üle kogu maailma lugematul hulgal variatsioone, millest igaüks peegeldab päritolumaale iseloomulikke toitumisharjumusi. Enamasti kasutatakse maitseainetena kolme tüüpi sinepiseemneid: kahvatukollane või valge sinep (*Sinapsis alba* sün. *Brassica hirta* Moench või *Brassica alba*), pruun või idamaine sinep (*Brassica juncea*) ja must või tumepruun sinep (*Brassica nigra*). (Thomas jt 2012)

Glükosinolaadid on ühendid, mis sisaldavad väävlit, naturaalsel kujul leidub neid ainult taimedes. Glükosinolaate leidub kõikides ristõieliste sugukonda kuuluvates taimedes. Leming jt (2004) väidavad, et mädarõika, sinepi, erinevate kapsaste, kaalikate, rapsi ning

rüpsi kibe-mõrkjas maitse tuleneb just glükosinaatide sisaldusest. 1831 aastal isoleeriti sinepi seemnetest sinibiin, mis oli esimene glükosinolaat. (Leming jt 2004) Valge või kollane sinep (*S. alba*) sisaldab glükosinolaati sinibiin. (Thomas jt 2012)

Glükosiid on orgaaniline liitühend, mille vähemalt üheks komponendiks on monosahhariidi jääk ning milles teised komponendid seostuvad omavahel glükosiidsidemete abil. Glükosiid on vees lahustuv mõru maitsega aine ja paljud nendest ühenditest on mürgised kuid on ka neid, mida kasutatakse ravimites. (Väike entsüklopeedia ... 2001; EKI)

Sinepiseemneid kasutatakse põhiliselt vorstide, marineeritud liha ja kala, kurkide ja aedviljahoidiste maitsestamiseks. Sinepiseemned on rikkad mitmesuguste fenoolsete ühendite poolest, seetõttu kasutatakse neid lihatööstustes kui looduslike antioksüdantide allikana, et parandada liha kvaliteeti ja pikendada säilivust. Sinepiseemned sisaldavad mitmeid antioksüdantseid ühendeid, mis võivad olulist rolli mängida inimeste tervise seisukohalt. Sinepis sisalduvad glükosinolaadid on tuntud ka kui vähivastase toimega ained. Sinepiseemned sisaldavad 28–32% ulatuses rasvhappeid ning nendest on umbes 11% ulatuses oomega-3 rasvhappeid. (Karwowska, Dolatowski 2013)

Sinepile iseloomulik teravus avaldub kokkupuutes veega. Sinepipulbrile lisatav vesi vabastab teravamaitselise sinepiõli kogu kanguse. Kuumutamisel on sinepile hoopis vastupidine mõju, muutes seda mahedamaks. (Vürtsileksikon 2003)

Sinepit on kasutatud ka ravimina külmetushaiguste, seedehäirete, liigesevalu, nahaprobleemide ning kaelakanguse korral. Kasutust on leidnud ka sinepiplaastrid, mis aitavad parandada naha verevarustust, neid kasutatakse ka reuma, rinnakelmepõletiku ja bronhiidi korral. (Vürtsileksikon 2003)

1.5.5. Õli

Raps (*brassica napus*) on õlitaim, mis suudab kasvada põhjamaistes tingimustes. Rapsiseemneist on võimalik saada 36–50% õli, lisaks toiduõlile kasutatakse seda ka tööstuses diislikütuse, värvide ning määrdainete valmistamiseks. Rapsiõli saadakse tema seemnetest külmpressimise, kuumpressimise või ekstraheerimise tulemusena. Tänu selle õli neutraalsele maitsele on sellel mitmekülgsed kasutusvõimalused. Rapsiõli sobib nii friteerimiseks, praadimiseks, salatitesse kui ka küpsetamiseks. Rapsiõli on madala küllastunud rasvhapete sisaldusega (7%), selle koostises leidub ka oomega-3 rasvhappeid, mis on kasulikud näi-

teks südame- ja veresoonkonnale. Külmpressitud õlis leidub hulgaliselt E-vitamiini, lisaks sisaldub seal veel teisi rasvas lahustuvaid vitamiine nagu A, K, D ja Q vitamiinid (Lin jt 2013; NRC 1998)

Õli lisamine marinaadidesse muudab marineeritava sea-, veise-, linnu- või ulukiliha pehmemaks. (Maailma toiduainete ... 2006)

1.5.6. Äädikhape

Äädikhape oli üks esimesi happeid, mida õpiti tundma ja erinevatel viisidel kasutama. Antiikajal oli äädika algmaterjaliks põhiliselt viinamarjavein, harvemini õuna- või pirnimahl. Äädikat kasutati juba sel ajal toitude maitsestaja ja hapendajana, jookide pruulimisel ning ravimisel. (Kokassaar 1998)

Äädikat kasutatakse nii liha, linnuliha ja ulukilihamarinaadides pehmendamaks liha tekstuuri. Seda kasutatakse toiduainete säilivusaja pikendamiseks, toidule mõrumagusa maitse- nūansi lisamiseks ning kahjulike bakterite arengu pidurdamiseks (Maailma toiduainete ... 2006). Äädika kasutamine võimaldab muuta marineerimiskeskkonna mõõdukalt happeliseks ($\text{pH} < 4,5$), pärssides seeläbi mikroobide elutegevust või mõjudes hävitavalt. Äädikhape ehk etaanhape on terava lõhnaga, värvusetu ning hapu maitsega aine, mis suudab veega seguneda igas vahekorras. Äädikaks nimetatakse 3–6%-list äädikhappe vesilahust. (Kokassaar 1998)

Äädika valmimine toimub äädikhappebakterite (enamasti *Acetobacter* perekond) elutegevuse tulemusena, kes on võimelised edukalt paljunema ja arenema edukalt madala alkoholisisaldusega vedelikes. Äädikhappebaktereid leidub looduses laialdaselt, nii õhus kui enamike marjade ja puuviljade pinnal, sellepärast algab äädikhappeline käärimine kiiresti ja iseseisvalt. Õhuhapniku juuresolekul oksüdeerivad äädikhappebakterid erinevaid alkohole orgaanilisteks hapeteks. Biokeemia seisukohalt ei ole tegemist tõelise käärimisega, sest protsess toimub hapniku osalusel. Kodusel viisil valmistatava äädika tooraineks sobib lahjendatud õunavein või käärinud õunamahl. Nii on ka Eestis kõige enam kasutatav õuna-äädikas. (Kokassaar 1998) Äädika peamiseks koostisosaks on vesi, mida on ligikaudu 95%. Äädikas ei sisalda rasvu, valke ega vitamiine, vähesel määral võib leida sealt süsivesikuid. Pastöriseerimata kujul sisaldab äädikas minimaalses koguses mineraalaineid ning kaaliumit ja fosforit. (Maailma toiduainete ... 2006)

1.5.6.1 Valge veiniäädikas

Valge veiniäädikas on laagerdatud ja filtreeritud toode, mis on saadud valge veini segu kääritamisel äädikhappebakterite abil. Valge veiniäädikas on selge, õrnalt kuldse varjundiga või peaaegu värvusetu. Maitset on see tuntavalt hapu ja lõhn meenutab veini, millest see on tehtud. Valget veiniäädikat kasutatakse marinaadides ja kastmetes nende maitsete tugevdamiseks. Veiniäädika hapukas ja pikantne maitse vähendab toidule soola lisamise vajadust. Seda äädikat kasutatakse ka maasikate ja meloni magususe esiletõstmiseks. (Vinegar Institute, The. 2016)

1.5.6.2 Õunaäädikas

Õunaäädikat ehk õunasiidriäädikat valmistatakse õunavirdest või õunasiidrist. Esmalt purustatakse õunad ning pressitakse mahl. Seejärel lisatakse mahlale baktereid ja pärm, et algaks käärimisprotsess, mille käigus muudetakse suhkrud alkoholiks. Järgnevas etapis muudavad bakterid alkoholi äädikaks. Värvuselt on õunaäädikas kuldpruun. Naturaalsel kujul õunaäädikas sisaldab kasulikke mineraalaineid, ensüüme, aminohappeid ja põletikuvastast õunhapet. (Raudnask 2015)

Seda äädikat kasutatakse näiteks marinaadides, salatikastmetes, toiduainete säilitamiseks. On leitud, et õunaäädikas aitab veresuhkru taset madalamaks muuta ning seda on soovitatud ka abivahendina pärmseene ravi puhul ja organismi üldtugevdava ainenä. Populaarselt peetakse õunaäädikat ka heaks kaalulangetamise abivahendiks, sest väidetavalt pikendab õunaäädikas täiskõhutunnet pärast söömist. Samas ei tohi äädikat tarbida liiga suurtes kogustes. (Raudnask 2015)

1.5.7. Mesi

Mesi on mesilaste poolt taimedelt kogutud nektarist magus toiduaine (Honey processing 2006). See koosneb peamiselt suhkrutest – glükoosist ja fruktoosist ning kolmandaks põhiliseks koostis komponendiks on vesi. Lisaks sisaldab mesi veel erinevaid suhkruid, happeid, valke ning mineraalaineid. Temas on üle 70% erinevaid suhkruid ning kõigest alla 20% vett. Ensüümid satuvad mee sisse mesilaste poolt läbi mitmete mee valmistamise protsesside. Mee sensoorsed omadused nagu värvus, maitse ja lõhn on otseselt mõjutatud taimedest, mille pealt mesilased mee toorainet korjavad. (Honey 2005)

Meel on antimikroobsed omadused, mis pärsivad paljude mikroorganismide kasvu ja püsivust. Mikroobid, mida on leitud meest, on kas pärmid või spoore moodustavad bakterid. Samuti ei ole mee koostisest leitud haigust tekitavate spoore moodustavate bakterite vegetatiivseid vorme, kuid need võivad mee sisse sattuda ristsaastumise teel. (Honey 2005)

Tabelis 3 toodud andmete põhjal sisaldab mesi B grupi vitamiine ja C vitamiini, mineraalainetest sisaldab mesi tähelepanu väärses koguses kaaliumi (50 mg 100 g kohta). Mesi sisaldab suures koguses erinevaid süsivesikuid, mille osakaal on üle 82 grammi 100 grammi mee kohta.

Tabel 3. Mee koostis (Honey 2005)

Näitaja	Keskmine sisaldus 100 g kohta	Näitaja	Keskmine sisaldus 100 g kohta
Vesi	17,1 g	Mineraalained	
Süsivesikuid kokku sh.	82,4 g	Kaltsium	4,8 mg
Fruktoos	38,5 g		
Glükoos	31,0 g		
Maltoos	7,2 g		
Vitamiinid		Raud	0,25 mg
Tiamiin (B ₁)	< 0,01 mg	Tsink	0,15 mg
Riboflaviin (B ₂)	< 0,3 mg	Kaalium	50,0 mg
Niatsiin (B ₃)	< 0,3 mg	Fosfor	5,0 mg
Pantoteenhape (B ₅)	< 0,25 mg	Magneesium	2,0 mg
Vitamiin C	0,5 mg	Seleen	0,01 mg
		Vask	0,05 mg
		Kroom	0,02 mg
		Mangaan	0,15 mg
		Tuhk	0,2 g

1.5.8. Keefir

Keefir on kääritatud piimatoode, millel on hapukas maitse ning kreemjas konsistents, sisaldades vähesel määral gaasi ning alkoholi (1–2%). Keefir pärineb Balkanilt, Ida-Euroopast ning Kaukasuselt. Seda valmistatakse täis- või osaliselt kooritud piimast, millele lisatakse külm-kuivatatud keefiri starterkultuure ja keefiriseene graanuleid. Poolpehmed keefiriseene graanulid sarnanevad jogurti starterkultuuridele, kusjuures nende värvus varieerub valgest kollakas-valgeni ning välimuselt on nad želatiinitaolised ja erineva suurusga (0,3–3,5 cm diameeter). (Prado jt 2015) Need koosnevad erinevate mikroobide se-

gust, nagu piimhappebakterid, pärmseened, mõnel juhul ka äädikhappebakterid, mis kõik on omavahel seotud polüsahhariidsesse maatriksisse. (Laikoja jt 2012)

Keefiriseente mikrobioloogilise koosluse hulka kuuluvad piimhappebakterid, pärmseened, mõnikord ka äädikhappebakterid. (Prado jt 2015)

1.5.9. Maitseainete segud

Maitseaineid kasutatakse liha ja teiste toiduainete maitsestamiseks ja neile maitseüansside andmiseks. Maitseainete hulgas, mida kasutatakse lihatoodetes, on peale soola veel erinevad vürtsid (tavaliselt seemned) ja maitsetaimed, näiteks apteegitilli seemned, paprika, köömned, muskaat, pune, raudrohi, nelk, küüslaugupulber, rosmariin, salvei, petersell ning valge, must ja punane pipar. Maitseaineid kasutatakse erinevates toiduainetööstuste harudes. Lihatoodetes kasutatakse erinevaid maitseaineid nii üksikult kui segudena. Maitseainete kasutamine sõltub tootest ja ka tarbimistraditsioonist (erinevad riigid, regioonid, kultuurid). Näiteks Itaalia toorvorsti maitsestatakse punase pipraga, et anda sellele vürtsikas maitse ning Hiina talvevorsti maitsestatakse sojakastmega andmaks umami maitset. Vürtside ja maitsetaimede ekstrakte kasutatakse, nagu ka vedelsuitsu, paljude töödeldud lihade maitsestamiseks. (Xiong 2012)

Uuringud on näidanud, et paljudel vürtsidel ja maitsetaimedel on antioksidatiivne ja mikroobide elutegevust pärssiv toime, mis tuleneb fenoolsetest komponentidest. Kong jt (2010) võrdlesid 13 erineva vürtsiekstrakti antioksidatiivset toimet. Selgus, et nelk, rosmariin ja kaneelikoor, millel on ka suurim fenoolide sisaldus, takistasid värsket sealihat sailitamisel oluliselt lipiidide oksüdatsiooni. Rosmariini ja lagritsa ekstraktid takistasid ka *Listeria monocytogenes*'ise arenemist värskes sealihas ja küpsetatud singis (Zhang jt 2009) ning lihapallides (Fernandez-López jt 2005). Nelgiõli peamine koostisaine eugenool oli efektiivne *L. monocytogenes*'i elutegevuse pärssija veiseliha lõikudes. Riknemist põhjustavad mikroobid, eriti Gram-positiivsed liigid, on tundlikud vürtside ja maitsetaimede ekstraktide toimele. Seega võib maitsetaimede ja vürtside ekstrakte kasutada alternatiivina sünteetilistele antioksidantidele kuna neil on samaväärne või suurem efektiivsus lipiidide oksüdatsiooni ja ka mikroobide kasvu takistamisel lihas ja lihatoodetes. (Xiong 2012)

1.6. Marinaadide mõju liha tehnoloogilistele parameetritele

Marineerimise kui protsessi eesmärgiks on liha sensorsete omaduste muutmine. Liha marineerimiseks on kolm peamist meetodit – marinaadis säilitamine, marinaadi sissepritsimine, liha tsentrifuugimine koos marinaadiseguga. Marinaadide puhul võib välja tuua kolm peamist marinaaditüüpi, milleks on aluselised, happelised ja õlimarinaadid. Aluselised marinaadid koosnevad soolast ja fosfaatide segust, happelised marinaadid koosnevad peamiselt orgaanilistest hapetest ja sooladest ning õlimarinaadid valmistatakse õli baasil ning selle koostisse võivad kuuluda veel ka näiteks sool, suhkrud, äädikas, tsitrushapped ning teised komponendid. (Vlahova-Vangelova, Dragoev 2014)

Uurimus on näidanud, et naatriumtripolüfosfaatide lisamine marinaadile suurendab liha veesidumisvõimet. Naatrium- ja naatriumvesinikkarbonaat on positiivse toimega marinaadi koostisosad, mis vähendavad liha tilkumiskadu ning parandavad toote väljatulekut. Tsitrushapete lisamine marinaadi aitab parandada veiseliha veesidumisvõimet ning pehmemdab liha. Piimhapet kasutatakse lihatööstustes marinaadide mikroobide elutegevust pärssiva koostisosana (Hinkel 2010).

1.6.1. Marinaadide mõju liha pH-le

1.6.1.1. Sealiha marineerimine küüslaugu- ja sibulamahlaga

2009. aastal läbiviidud uurimuses on leitud, et sealiha marineerimine 3 ja 6%-lise sibulamahla ning 3 ja 6%-lise küüslaugumahla marinaadiga avaldab märgatavat mõju liha pH-le. Tabelis 4 on toodud sibula- ja küüslaugumarinaadide mõju sea poolkilelihase pH-väärtusele +4 °C juures 1, 3 ja 7 säilituspäeval. Kontrollproovi (marinaadita liha) pH oli antud katses happelisem, kui marinaadiga töödeldud lihaproovide pH-väärtused. Küüslaugumahlaga marineeritud lihaproovide pH-väärtused aga aluselisemad kui sibulamahlaga marineeritud lihal ($p < 0,05$). (Kim jt 2009)

Tabel 4. Sea poolkilelihase pH-väärtused küüslaugu- ja sibulamahlaga marineerimisel ja +4 °C juures säilitamisel (keskmine ± standardviga) (Kim jt 2009)

Töötlemisviis	Säilitamise päevad		
	1	3	7
Kontrollproov (marinaadita liha)	5,82 ± 0,01	5,68 ± 0,01	5,69 ± 0,01
Küüslaugumarinaad 3%	5,97 ± 0,01	5,83 ± 0,02	5,86 ± 0,02
Küüslaugumarinaad 6%	6,03 ± 0,03	5,85 ± 0,04	5,82 ± 0,03
Sibulamarinaad 3%	5,85 ± 0,04	5,71 ± 0,04	5,76 ± 0,01
Sibulamarinaad 6%	5,94 ± 0,02	5,77 ± 0,01	5,81 ± 0,07

1.6.1.2. Sealiha marineerimine piimhappega

Grajales-Lagunes jt (2012) uurisid 1 ja 3% piimhappe toimet sealihale, kus liha marineeriti vastavalt üks ja kolm minutit ning seejärel säilitati proove +4 °C juures seitse päeva. Kolme minuti jooksul piimhappelahuses hoitud lihal olulisi muutusi ei tuvastatud ($p > 0,05$) ning muutusi ei tuvastatud ka peale seitsmepäevast marineerimisperioodi (tabel 5).

Tabel 5. Liha pH väärtus piimhappega marineerimisel ja säilitamisel 7 päeva jooksul (Grajales-Lagunes jt 2012)

Piimhappe kontsentratsioon (%)	Liha pH enne töötlemist piimhappega	pH kohe pärast piimhappega töötlemist	Säilitamisperiood päevades						
			1	2	3	4	5	6	7
1	6,11	4,96	5,92	5,93	6,05	5,74	5,78	5,86	5,89
2	5,78	4,43	5,49	5,71	5,42	5,44	5,52	5,55	5,59
3	5,99	4,88	5,60	5,63	5,73	5,72	5,73	5,73	5,71

1.6.1.3. Sealiha marineerimine keedusoola, polüfosfaadi ja vesinikkarbonaadiga

Sheard ja Tali (2004) kasutasid sealiha marineerimiseks keedusoola, polüfosfaate ning vesinikkarbonaate ning uurisid viimaste mõju liha pH-väärtusele. Sealiha marineeriti erinevate marinaadisegudega või üksikmarinaadis – keedusoola, naatriumtripolüfosfaadi ning naatriumvesinikkarbonaadi lahustes (tabel 6). Kasutades marineerimiseks naatriumtripolüfosfaadi või naatriumvesinikkarbonaadi lahust muutus ($p < 0,05$) liha pH-väärtus aluseliseks. Kui liha marineeriti ainult keedusoola lahusega, muutus pH-väärtus happeliseks, kuid mitte oluliselt ($p > 0,05$). (Sheard, Tali 2004)

Tabel 6. Marinaadide ning sealiha pH-väärtused enne ja pärast töötlemist erinevatel kontsentratsioonidel (Sheard, Tali 2004)

Töötlusviis	Marinaadi pH	Liha pH enne marinaadi sissepritsimist	Liha pH pärast marinaadi sissepritsimist
Kontrollproov	-	5,45	5,45
Keedusool 5%	7,22	5,45	5,36
Naatriumtripolüfosfaat 5%	8,93	5,42	5,75
Naatriumvesinikkarbonaad 3%	7,98	5,40	5,91
Keedusool 5% + naatriumtripolüfosfaat 5%	8,17	5,44	5,77
Keedusool 5% + Naatriumvesinikkarbonaad 3%	7,63	5,40	5,91
Naatriumtripolüfosfaat 5% + naatriumvesinikkarbonaad 3%	8,24	5,40	5,97
Keedusool 5% + naatriumtripolüfosfaat 5% + naatriumvesinikkarbonaad 3%	7,75	5,45	5,94

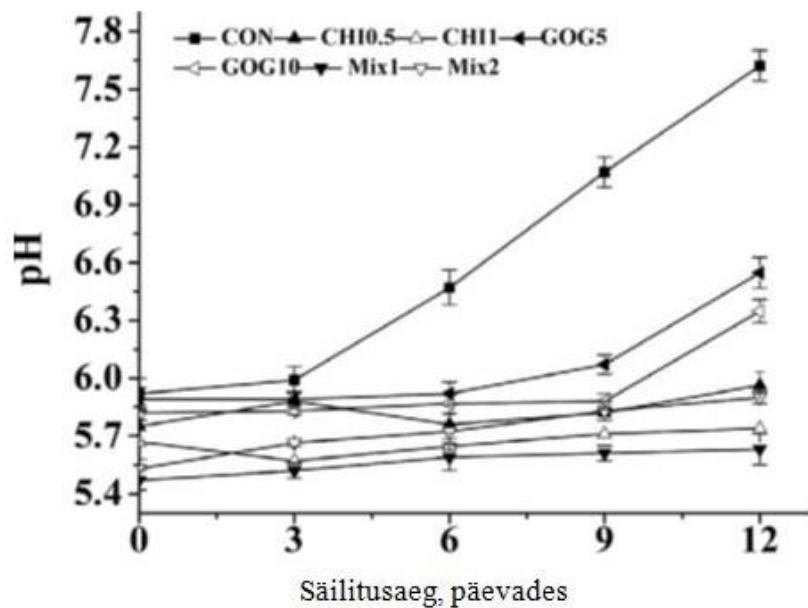
1.6.1.4. Sealiha marineerimine kitosaani ja ingveri-sibula-küüslaugu vesilahusekstratiga

Kitosaan on kitiini levinuim keemiline teisend, kuid selle ehituses puudub atsetüüljääk ning võrreldes kitiiniga on kitosaan vees lahustuv. Kitosaani sünteesivad mitmed seened, kuid seda on võimalik saada ka kunstlikul teel. Selleks peab kitiini kuumutama tugevalt leeliselises keskkonnas. Kitosaan on inimese organismis seedimatu, kuid seda kasutatakse toiduainetes stabilisaatorite ja paksendajatena. Seda kasutatakse peale toiduainetööstuse veel mitmetes tööstusvaldkondades nagu kosmeetikatööstus, liimi- ja tekstiilitööstus, heitvete puhastusainena. (Kokassar 1999)

Cao jt (2013) on uurinud kitosaani ja ingveri-sibula-küüslaugu vesilahuse ekstarkti mõju marineeritud liha pH-väärtusele. Marineerimisejärgselt hautati liha ja säilitati 12 päeva jooksul +4 °C juures.

Tulemused näitasid, et marineeritud sealiha säilitamisel 12 päeva jooksul +4 °C juures muutus selle pH-väärtus aluselisemaks (joonis 4). Marineerimine, mis teostati 10%-lise ingverist, sibulast ja küüslaugust valmistatud vesilahusekstrakti ning 1% kitosaani seguga (Mix1) andis kõige lähedamad tulemused oodatavale pH-väärtusele, (5,6 juurde) võrreldes kontrollprooviga (lõplik pH 7,62). Olulisi muutusi ei tuvastatud ($p > 0,05$) lihaproovidel, mida töödeldi 5%-lise ingverist, sibulast ja küüslaugust valmistatud vesilahusekstrakti ning

0,5% kitosaani seguga (Mix2) ja 0,5% kitosaani, 1% jää-äädikhappe ning destilleeritud vee marinaadiga (CHI0,5). Nende kahe lihaproovi pH-väärtused jäid 5,8 juurde. Marinaad, mis koosnes kitosaanist, jää-äädikhapest ja destilleeritud veest aitas liha pH-väärtust hoida võimalikult stabiilsena võrreldes marinaadiga, mis koosnes ingveri, sibula ja küüslaugu vesilahusekstraktist, kuna proovide pH ei muutunud nii ulatuslikult. Happelisema pH-väärtuse korral on bakterite areng lihas aeglasem, seega võib antud tulemuste põhjal öelda, et antud töös kasutatud marinaadidel oli bakterite kasvu pärssiv toime. (Cao jt 2013)



Joonis 4. Hautatud sealiha pH väärtuste muutus +4 °C juures olenevalt säilitusajast. (CON – kontrollproov; CHI0,5 – 0,5% kitosaani, 1% jää-äädikhape, destilleeritud vesi; CHI1 – 1% kitosaan, jää-äädikhape, destilleeritud vesi; GOG5 –5% vesilahusekstrakt ingverist, sibulast ja küüslaugust; GOG10 –10% vesilahusekstrakt ingverist, sibulast ja küüslaugust; Mix1 - GOG10+CHI1; Mix2 - GOG5+CHI0,5). (Cao jt 2013)

1.6.2. Marinaadide mõju liha värvusele

Tarbija hindab liha kvaliteedinäitajatest esimesena värvust. Seega määrab liha värvus suurema osa toote kaubanduslikust väärtusest. (Tänavots, Põldvere 2014e)

1.6.2.1. Sealiha marineerimine sibula- ja küüslaugumahlaga

Kim jt (2009) marineerisid sealiha nelja erineva marinaadiga, 3 ja 6%-lise sibulamahla ning 3 ja 6%-lise küüslaugumahla marinaadiga. Kõikide marineeritud lihaproovide heledus

ning punakas ja kollakas värvus muutus katse käigus oluliselt (tabel 7). Kontrollproovidel saadi oluliselt suuremad näitajad heledusel ja kollakal värvusel ($p < 0,05$). 6%-lise sibulamariinaadiga marineeritud lihal, oli kõige väiksemad heleduse ja kollaka värvuse väärtused ($p < 0,05$). Samuti leiti, et 6%-lises küüslaugu ja sibulamahla marinaadis vähenesid oluliselt heleduse ja kollaka värvuse väärtused võrreldes 3%-lise marinaadiga töötlemisel ($p < 0,05$). Liha punaka värvuse osas ei täheldatud märkimisväärsed muutusi ($p > 0,05$). (Kim jt 2009)

Säilitusajal varieerusid marineeritud liha visuaalsed näitajad järgmiselt:

- Heledus 45,52–41,38 nm
- Punakas värvus 6,74–5,64 nm
- Kollakas värvus 5,77–4,90 nm

Tabel 7. Küüslaugu- või sibulamahla marineeritud sealiha värvuse muutumine säilitamisel +4 °C juures (Kim jt 2009) (keskmine ± standardviga)

Näitaja, nm	Marinaadi lahused	Säilitamise päevad		
		1	3	7
Heledus	Kontrollproov	44,90 ± 0,54	45,13 ± 0,09	45,52 ± 0,04
	Küüslauk 3%	43,27 ± 0,15	43,58 ± 0,12	45,10 ± 0,07
	Küüslauk 6%	42,64 ± 0,40	42,44 ± 0,06	43,00 ± 0,06
	Sibul 3%	42,21 ± 0,76	42,52 ± 0,12	43,01 ± 0,17
	Sibul 6%	41,38 ± 0,12	42,12 ± 0,08	42,84 ± 0,08
Punakas värvus	Kontrollproov	5,79 ± 0,05	6,25 ± 0,13	6,57 ± 0,10
	Küüslauk 3%	5,64 ± 0,21	6,46 ± 0,22	6,74 ± 0,10
	Küüslauk 6%	5,70 ± 0,02	6,36 ± 0,42	6,71 ± 0,18
	Sibul 3%	5,66 ± 0,22	6,34 ± 0,01	6,65 ± 0,19
	Sibul 6%	5,74 ± 0,02	6,30 ± 0,06	6,65 ± 0,11
Kollakas värvus	Kontrollproov	5,10 ± 0,02	5,52 ± 0,04	5,77 ± 0,06
	Küüslauk 3%	5,02 ± 0,06	5,10 ± 0,02	5,63 ± 0,19
	Küüslauk 6%	5,08 ± 0,05	5,13 ± 0,21	5,37 ± 0,11
	Sibul 3%	5,06 ± 0,03	5,23 ± 0,11	5,37 ± 0,04
	Sibul 6%	4,90 ± 0,02	5,18 ± 0,12	5,15 ± 0,11

Sealiha marineerimisel 3 ja 6%-lise küüslaugu- või sibulamahla marinaadiga avaldas liha heledusele suuremat mõju 6%-line sibulamahla marinaad. Selle marinaadiga töödeldud liha heleduse näitaja oli 43,01 ± 0,17 nm, kontrollproovil 45,52 ± 0,04 nm. Samuti avaldas 6%-line sibulamahla marinaad mõju liha kollakale värvusele (5,15 ± 0,11 nm), kuid võrreldes kontrollprooviga (5,77 ± 0,06 nm) ei olnud see muutus märkimisväärne.

Sealiha marineerimine 3 ja 6%-lise küüslaugu- või sibulamahla marinaadiga, ei avaldanud märkimisväärset mõju liha punakale värvusele. Kõige vähem mõjutas sealiha värvust 3%-line küüslaugumahla marinaad.

1.6.2.2. Veiseliha marineerimine keedusoola, naatriumlaktaadi, laktoosi ja naatriumaskorbaadi lahusega

Liha värvuse hindamiseks on Pérez-Juan jt (2012) oma uurimistöös kasutanud poolkõõluslihast (*semitendinosus*) ja poolkilelihast (*semimembranosus*). (Pérez-Juan jt. 2012) Poolkõõluslihas on üks tugevamaid lihaseid, mis moodustab tagaosa välistüki kontuuri. Poolkilelihas paikneb rümba mediaalsel ehk keskjoone pool paikneval pinnal poolkõõluslihase ja õrnlihase vahel. (Nahkur 2004)

Pérez-Juan jt (2012) marineerisid veiseliha sissepritsimismeetodil soolveega, mille koostises oli 5,6% keedusoola, 4% naatriumlaktaati, 5% laktoosi ja 0,5% naatriumaskorbaati. Tulemused näitasid, et marineeritud poolkõõluslihase (*m. semitendinosus*) küpsetamine mikrolainetega erinevatel võimsustel ja temperatuuridel ei avaldanud mõju värvusele ($p > 0,05$) (tabel 8). Vastupidiselt poolkõõluslihasele mõjutasid kõrgemad töötlemis-temperatuurid ja marineerimine poolkilelihase (*m. semimembranosus*) värvust ($p < 0,05$). Küpsetades poolkilelihast +80 °C juures, oli liha värvuselt tumedam ($47,86 \pm 0,28$ nm) võrreldes +60 °C töödeldud lihaga ($p < 0,05$), mis viitab suuremale müoglobiini denaturatsioonile lihas. (Pérez-Juan jt 2012)

Tabel 8. Võimsuse, temperatuuri ja marineerimise mõju küpsetatud veiseliha värvusele (heledusele), nanomeetrites (Pérez-Juan jt 2012) (keskmine $\pm$ standardviga)

Mõjutegur	Töötlusviis	Heledus, nm			
		Poolkõõluslihas		Poolkilelihas	
		Pindmine	Seesmine	Pindmine	Seesmine
Võimsus	182 W	55,54 $\pm$ 0,63	53,00 $\pm$ 0,61	46,01 $\pm$ 0,49	47,74 $\pm$ 0,28
	654 W	53,92 $\pm$ 0,63	52,83 $\pm$ 0,61	48,65 $\pm$ 0,49	47,12 $\pm$ 0,28
Temperatuur	+60 °C	54,42 $\pm$ 0,63	53,80 $\pm$ 0,62	44,96 $\pm$ 0,49	47,01 $\pm$ 0,28
	+80 °C	55,04 $\pm$ 0,63	52,03 $\pm$ 0,62	49,70 $\pm$ 0,49	47,86 $\pm$ 0,28
Marineerimine	Marineeritud	54,93 $\pm$ 0,63	53,29 $\pm$ 0,61	49,20 $\pm$ 0,51	47,87 $\pm$ 0,30
	Kontrollproov	54,53 $\pm$ 0,63	52,54 $\pm$ 0,61	45,46 $\pm$ 0,51	46,99 $\pm$ 0,30

Autorid leidsid, et mikrolaineahju võimsus ja marinaadi koostis ei mõjuta oluliselt ($p > 0,05$) poolkõõluslihase punakat värvust (tabel 9), küll aga mõjutab seda usutavalt töötlemise temperatuur ($p < 0,05$). Poolkilelihase punakas värvus oli intensiivsem ($p < 0,05$)

pärast mikrolaineahjus küpsetamist, kui seda teostati madalama võimsuse ja temperatuuriga ning liha ei olnud eelnevalt marinaadiga töödeldud. (Pérez-Juan jt 2012)

Tabel 9. Võimsuse, temperatuuri ja marineerimise mõju küpsetatud veiseliha punakale värvusele (Pérez-Juan jt 2012) (keskmine $\pm$ standardviga)

Mõjutegur	Töötlusviis	Punakas värvus, nm			
		Poolkõõluslihas		Poolkilelihas	
		Pindmine	Seesmine	Pindmine	Seesmine
Võimsus	182 W	8,49 $\pm$ 0,30	7,25 $\pm$ 0,14	11,22 $\pm$ 0,32	8,36 $\pm$ 0,26
	654 W	8,70 $\pm$ 0,30	7,58 $\pm$ 0,14	10,05 $\pm$ 0,32	7,69 $\pm$ 0,26
Temperatuur	+60 °C	9,23 $\pm$ 0,30	7,77 $\pm$ 0,14	12,30 $\pm$ 0,32	8,87 $\pm$ 0,26
	+80 °C	7,96 $\pm$ 0,30	7,06 $\pm$ 0,14	8,97 $\pm$ 0,32	7,18 $\pm$ 0,26
Marineerimine	Marineeritud	8,21 $\pm$ 0,30	7,25 $\pm$ 0,14	9,90 $\pm$ 0,34	7,14 $\pm$ 0,27
	Kontrollproov	8,98 $\pm$ 0,30	7,58 $\pm$ 0,14	11,38 $\pm$ 0,34	8,91 $\pm$ 0,27

Pérez-Juan jt (2012) uurimuse tulemus näitas, et temperatuuril oli märkimisväärne mõju liha kollakale värvusele. +60 °C juures küpsetatud lihal avaldus kollakas värvus tugevamiini kui +80 °C juures töödeldud lihal ($p < 0,05$). Marineeritud liha kollakas värvus oli madalama intensiivsusega kui kontrollproovil ($p < 0,05$) (tabel 10).

Tabel 10. Võimsuse, temperatuuri ja marineerimise mõju küpsetatud veiseliha kollakale värvusele (Pérez-Juan jt 2012) (keskmine $\pm$ standardviga)

Mõjutegur	Töötlusviis	Kollakas värvus, nm			
		Poolkõõluslihas		Poolkilelihas	
		Pindmine	Seesmine	Pindmine	Seesmine
Võimsus	182 W	13,68 $\pm$ 0,28	12,60 $\pm$ 0,27	11,01 $\pm$ 0,34	10,20 $\pm$ 0,31
	654 W	12,88 $\pm$ 0,28	11,96 $\pm$ 0,27	11,24 $\pm$ 0,34	9,82 $\pm$ 0,31
Temperatuur	+60 °C	13,32 $\pm$ 0,28	13,08 $\pm$ 0,28	11,00 $\pm$ 0,34	10,54 $\pm$ 0,31
	+80 °C	13,24 $\pm$ 0,28	11,48 $\pm$ 0,28	11,25 $\pm$ 0,34	9,48 $\pm$ 0,31
Marineerimine	Marineeritud	12,94 $\pm$ 0,28	11,76 $\pm$ 0,27	11,07 $\pm$ 0,35	9,44 $\pm$ 0,33
	Kontrollproov	13,62 $\pm$ 0,28	12,80 $\pm$ 0,27	11,17 $\pm$ 0,35	10,58 $\pm$ 0,33

Kokkuvõtvalt võib öelda, et veise poolkilelihasele avaldas marinaad, mille koostises oli 5,6% keedusoola, 4% naatriumlaktaati, 5% laktoosi ja 0,5% naatriumaskorbaati, suuremat mõju võrreldes sama marinaadiga töödeldud poolkõõluslihasega. Seega oleneb marineerimise tulemus ka marineeritavast lihasest.

1.6.3. Marinaadide mõju liha kuumtöötlemiskaole

1.6.3.1. Sealihha marineerimine keedusoola, polüfosfaadi ja vesinikkarbonaadiga

Sheard ja Tali (2004) uurimus selgitas, et ainult keedusoola, polüfosfaadi või vesinikkarbonaadiga marineeritud sealihal oli keedukadu suurem ning saagis väiksem (tabel 11). Kui marineerimiseks kasutati eelnimetatud komponentide segusid, muutusid tulemused vastupidisteks ning saagise protsent tõusis. (Sheard, Tali 2004)

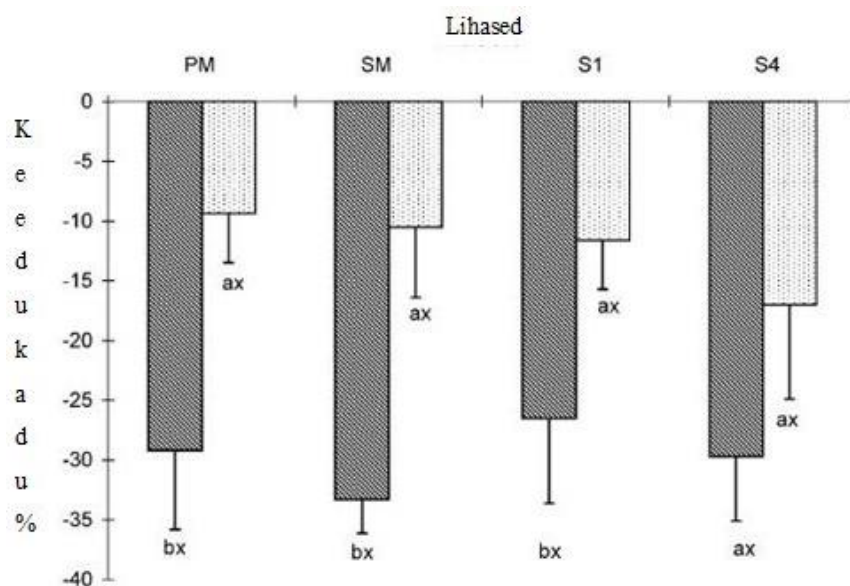
Tabel 11. Sealihha keedukadu ja väljatulek erinevate marinaadide kasutamisel (Sheard, Tali 2004)

Töötlusviis	Keedukadu, %	Väljatulek, %
Kontrollproov	29,5	69,7
Keedusool 5%	34,3	70,4
Naatriumtripolüfosfaat 5%	31,2	75,1
Naatriumvesinikkarbonaat 3%	30,0	74,5
Keedusool 5% + naatriumtripolüfosfaat 5%	24,7	84,3
Keedusool 5% + naatriumvesinikkarbonaat 3%	28,1	78,7
Naatriumtripolüfosfaat 5% + naatriumvesinikkarbonaat 3%	24,3	82,0
Keedusool 5% + naatriumtripolüfosfaat 5% + naatriumvesinikkarbonaat 3%	21,2	85,0

Sealihaproovidest avaldas keedukaole kõige suuremat mõju marinaadisegu, mis koosnes 5%-st keedusoolast, 5%-st polüfosfaadist ja 3%-st vesinikkarbonaadist. Saadud keedukadu (21,2%), oli võrreldes kontrollprooviga (29,5%) väiksem. Kõige rohkem avaldas mõju sealihha keedukaole 5%-lise keedusoola lahusega töötlemine, mille tulemusel oli keedukadu (34,3%) suurem võrreldes kontrollproovi tulemusega (29,5%). Keedukadu oli tunduvalt suurem, kui kasutati üksikmarinaadina 5% keedusoola, 5% naatriumtripolüfosfaati ja 3% naatriumvesinikkarbonaati. Nende marineerimisviisidega töödeldud liha proovide keedukaod olid vastavalt 34,3%, 31,2% ja 30,0%.

1.6.3.2. Veiseliha marineerimine tsitrusemarinaadiga

Liha keedukao vähendamise võimaluste uurimiseks marineerisid Burke ja Monahan (2003) veiseliha tsitrusmarinaadiga, mis koosnes 31%-st apelsinimahlast, 31%-st sidrunimahlast ja 38%-st destilleeritud veest. Tulemused näitasid, et lihal, mida marineeriti tsitrusmarinaadiga, vähenes keedukadu märgatavalt ($p < 0,05$) (joonis 5). (Burke, Monahan 2003)



Joonis 5. Veiseliha keedukadu marineeritud ja marineerimata lihal (Burke, Monahan 2003) (tumedad tulbad – marineerimata liha; heledad tulbad – tsitrusmarinaadiga marineeritud liha; lihased – veise erinevad esikoodi lihased)

Eelnevate andmete põhjal võib öelda, et tsitrusmarinaad, mis koosnes 31%-st apelsinimahlast, 31%-st sidrunimahlast ja 38%-st destilleeritud veest, avaldas veiseliha keedukaole kõige suuremat mõju, st keedukadu vähenes, ning katsetulemused jäid keskmiselt alla 20%.

1.6.4. Marinaadide mõju liha tekstuuriparameetritele

1.6.4.1. Metssea- ja hirveliha marineerimine punase veini, keefiri, sidrunimaha ja toor-ananassimahlaga

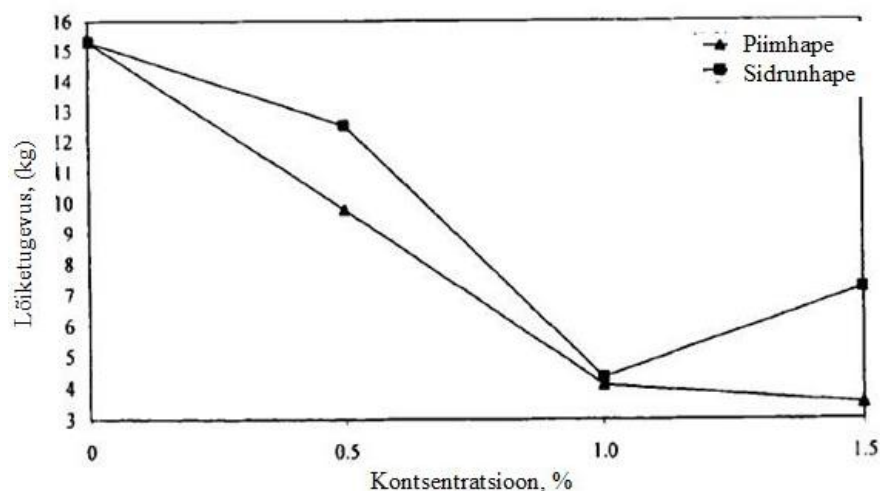
Żochowska-Kujawska jt (2012) marineerimiskatses kasutati uuritava toorainena metssea ja hirve välisfileed. Liha marineeriti kuiva punase veini, keefiri, sidrunimahla ja toore ananassimahlaga. Lihatükke kuumtöödeldi vesivannis +85 °C juures liha sisetemperatuurini +68 °C. Tulemused näitasid marineeritud lihal märkimisväärset tekstuuriparameetrite väärtuse alanemist ehk õrnuse suurenemist võrreldes prooviga, mida ei marineeritud. Kõige rohkem mõjutas liha õrnust ja selle suurenemist ananassimahl. Selles marinaadis säilitatud lihal oli pärast seitsmepäevast laagerdumist lõiketugevuse näitaja langenud 44–50%. Seitsmepäevase laagerdumisperioodi järel oli liha lõiketugevus vähenenud veinimarinaadis

marineerimisel 24–28% , sidrunimahlaga 30–36% ja keefiriga marineerimisel 35–41%. (Żochowska-Kujawska jt 2012)

Keefiris olev kaltsium käitub tõenäoliselt kalpaiini ensüümide surmajärgse aktivaatorina, vähendades metssea ja hirve selja pikima lihase lõikejõudu, seda on tähele pannud loomaliha puhul ka Lawrence jt (2003^a). Lawrence jt (2003^b) on leidnud, et mitmesuguste kaltsiumlahuste lihasse pritsimine parandab selle sensoorseid omadusi nagu õrnus ja mahlasus ning vähendab sidekoe osakaalu lihas. (Żochowska-Kujawska jt 2012)

1.6.4.2. Veiseliha marineerimine piim- ja sidrunhappega

Aktaş jt (2003) uurimuses kasutati algmaterjalina veise välisfileed, mida marineeriti 0,5%, 1,0% ja 1,5% piimhappelahusega ja samadel kontsentratsioonidel sidrunhappelahusega. Liha marineeriti 72 tunni jooksul +4 °C juures. Tulemused näitasid liha õrnuse suurenemist olukorras, kus marineerimiseks kasutati piimhapet. Liha, mida marineeriti 1,5% sidrunhappe lahusega, muutus marineerimisperioodi jooksul märgatavalt sitkemaks kui liha, mida marineeriti 1,5% piimhappe lahusega. Samas mõlemad 1%-lise kontsentratsiooniga lahused, näitasid praktiliselt ühesuguseid tulemusi veiseliha pehmenemisel (joonis 6).



Joonis 6. Hapete kontsentratsiooni mõju Warner Bratzler'i seadmega mõõdetud lõiketugevusele (Aktaş jt 2003)

2. MATERJAL JA METOODIKA

Töö eesmärgiks oli happelise keskkonnaga märgmarinaadide mõju uurimine sealihale, kasutades sinepi-mee-, õunaädika-, valge veiniädika- ja keefirimarinaadi. Määratavateks parameetriteks olid liha pH-väärtus, elektrijuhtivus, värvus, marineerimiskadu, kuumtöötlemisjärgne massikadu ja tekstuuri näitajad. Katsed teostati ajavahemikul oktoober kuni detsember 2015 Eesti Maaülikooli toiduteaduse ja toiduainete tehnoloogia osakonna lihalaboris.

2.1. Materjal

2.1.1. Liha

Katsematerjalina kasutati nelja jahutatud searümba selja pikimat lihast (*Longissimus thoracis*), mis saadi Eesti Tõusigade Aretusühistu liikmesfarmi tapapunktis tapetud sigade rümpadelt. Rümbad jahutati tapajärgselt külmkambris +4 °C juures 12 tundi. Katsematerjali koguse tagamiseks eraldati mõlema rümbapoole lihased, seega oli välisfileesid kokku kaheksa.

2.1.2. Marinaadide koostisosad

Uurimistöös marineeriti lihaproove sinepi-mee-, keefiri-, õunaädika ja veini äädikamarinaadis. Marinaadide komponendid osteti jaekaubandusest, milleks olid kange sinep (AS Põltsamaa Felix), rapsiõli (AS Scanola Baltic), õunaädikas 5% (AS JAPS M.V.M.), 6%-line valge veiniädikas (Vilux SN), keefir (Valio Eesti AS), keedusool, suhkur ja purustatud must pipar. Küüslauk, mugulsibul ja mesi pärinesid töö autori isiklikust talumajapidamisest.

Tabelis 12 on toodud välja töös kasutatud marinaadide keskmised pH-väärtused, neist kõige happelisem oli valge veiniädikamarinaad, mille pH oli 3,0.

Tabel 12. Marinaadide happesused

Määratav parameeter	Marinaadiliik			
	sinepi-mee	õunaädika	valge veiniädika	keefiri
pH	3,9	3,1	3,0	4,5

2.2. Metoodika

2.2.1. Lihaproovide ettevalmistamine

Magistritöös määrati toore (marineerimata), marineeritud ja kuumtöödeldud marineeritud liha tehnoloogilised näitajad ning struktuuriparameetrid. Liha analüüsiti enne marineerimist (0. päev), esimesel (1. päev), kolmandal (3. päev) ja seitsmendal päeval pärast marineerimist (7. päev). Kõikidel katsepäevadel määrati marineeritud, toore ja küpsetatud liha-proovide pH-väärtus, elektrijuhtivus, värvus, massikadu ning lõiketugevus. Termiliselt töödeldud lihal pH-väärtust ei määratud.

Proovideks kasutatav selja pikim lihas transporditi Eesti Maaülikooli toiduteaduse ja toiduainete tehnoloogia osakonna lihalaborisse ja säilitati analüüsieelselt külmkapis +4 °C juures. Sea jahutatud selja pikimalt lihaselt eemaldati side- ja rasvkude (joonis 7), lõigati risti lihaskiudu 25-ks 3 cm paksuseks tükiks. Kõikidel proovitükkidel määrati pH-väärtus, värvus, elektrijuhtivus ning registreeriti mass. Jahutatud sealiha keskmine pH oli 5,39, elektrijuhtivus 6,54 mS/cm, värvuse näitaja OPTO-Stariga määratuna 74,03 ja MinoltaChromameter CR 400-ga leitud heleduse (L) väärtus 53,40 nm (tabel 13).

Tabel 13. Jahutatud liha keskmised näitajad

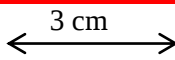
Tooraine	Määratavad parameetrid							
	pH-väärtus	Elektrijuhtivus, mS/cm	Värvus					
			OPTO-Star	MinoltaChromameter CR 400, nm				
				L	a	b	C	h
Jahutatud sealiha	5,39	6,54	74,03	53,40	6,50	5,04	8,37	36,94

Katselihade värvuskomponent „a“, mis näitab liha punakat värvust ning „b“, mis vastab liha kollakusele, on vastavalt 6,50 ja 5,04 nm. Värvuskomponentide „a“ ja „b“ järgi leitud liha valguse intensiivsuse („C“) ja valguse tooni („h“) väärtused on vastavalt 8,37 ja 36,94 nm.



Joonis 7. Side-ja rasvkoest puhastatud sea välisfilee (Autori erakogu)

Joonisel 8 on toodud välja katse skemaatiline tööplaan, mida kasutati kõigi nelja marinaadi puhul. Sea selja pikim lihas lõigati kolme sentimeetri paksusteks tükkideks ning iga tükk kaaluti eraldi ja arvestati tüki massi kohta välja marinaadi kogus, mida lisati igale tükile 20% selle kaalust.

Algmaterjal: Selja pikim lihas / <i>Longissimus thoracis</i>						
						
	1.a	1.b	3.a	3.b	7.a	7.b
	Numbritega on tähistatud päevad ja tähtedega proovitükid.					
0.päev	Kõikidel toorest lihast valmistatud proovitükkidel määrati pH- väärtus, elektrijuhtivus, värvus ning proovitüki esialgne mass.					
1-, 3- ja 7- päeva marineeritud lihaproovide (1.a; 3.a; 7.a) elektrijuhtivus, värvus ja pH ning tekstuuri-näitajad. Paralleelproovid (1.b; 3.b; 7.b) kuumtöödeldi ning leiti liha värvus, elektrijuhtivus ja tekstuuriparameetrid.						
1.päev	Marineeritud toore proovitüki pH, elektrijuhtivus, värvus, mass ning tekstuuriparameetrid	Kuumtöödeldud marineeritud proovitüki, pH, elektrijuhtivus, värvus, mass ning tekstuuriparameetrid.	x	x	x	x
3.päev	x	x	Marineeritud toore proovitüki pH, elektrijuhtivus, värvus, mass ning tekstuuriparameetrid	Kuumtöödeldud marineeritud proovitüki, pH, elektrijuhtivus, värvus, mass ning tekstuuriparameetrid.	x	x
7.päev	x	x	x	x	Marineeritud toore proovitüki pH, elektrijuhtivus, värvus, mass ning tekstuuriparameetrid	Kuumtöödeldud marineeritud proovitüki, pH, elektrijuhtivus, värvus, mass ning tekstuuriparameetrid.

Joonis 8. Katse skemaatiline tööplaan nelja marinaadi kasutamisel

2.2.2. Marinaadide ettevalmistamine

Katse ettevalmistamine hõlmas marinaadide valmistamist eelnevalt väljatöötatud retseptide alusel. Viidi läbi neli katseseeriat, kus kasutati liha marineerimiseks nelja erinevat marinaadi – sinepi-meemarinaadi, õunaädikamarinaadi, valge veiniädikamarinaadi ning keefir marinaadi (joonis 8).

2.2.2.1. Sinepi-meemarinaad

Sinepi-meemarinaadidest (tabel 14) sai töösse valitud eelkatse tulemustest lähtuvalt 31%-line sinepikontsentratsiooniga marinaad. Seda põhjusel, et eelkatse tulemused 0, 21, 31 ja 41%-lise sinepikontsentratsiooniga marinaadidest avaldas liha lõiketugevusele kõige suuremat mõju just see. Mainitud marinaad muutis liha õrnemaks võrreldes teiste sinepi marinaadidega. Selles marinaadis kasutatud küüslauk puhastati ning purustati küüslaugupressi abil. Kõik marinaadi koostisosad kaaluti (KERN EW 4200) ning segati.

Tabel 14. Sinepi-meemarinaadi koostis.

Koostisosa	Koostisosa kogus, g	Osakaal, %
Sinep, 31%	62,5	30,7
Mesi	75	36,8
Sool	10,5	5,2
Õli	50	24,6
Must pipar (purustatud)	0,87	0,4
Küüslauk	4,68	2,3
KOKKU	203,55	100

2.2.2.2. Õunaädikamarinaad

Marinaadis kasutatav sibul puhastati eelnevalt ning purustati seadmega Defort DSJ-200 püreetaoliseks massiks. Seejärel koostisosad kaaluti ja segati (tabel 15).

Tabel 15. Õunaädikamarinaadi koostis.

Koostisosa	Koostisosa kogus, g	Osakaal, %
Õunaädikas	100	58,4
Sibul	50	29,2
Sool	10,5	6,1
Suhkur	10	5,8
Must pipar (purustatud)	0,87	0,5
KOKKU	171,37	100

2.2.2.3. Valge veiniäädikamarinaad

Algselt oli veiniäädikas 6%-ne, kuid selle kontsentratsiooni viimiseks õuna-äädikaga samale tasemele (5%) lahjendati valget veiniäädikat destilleeritud veega. Marinaadis kasutatud sibul puhastati eelnevalt ning purustati seadmega Defort DSJ-200 püreetaoliseks massiks. Seejärel koostisosad kaaluti ja segati (tabel 16).

Tabel 16. Valge veiniäädikamarinaadi koostis

Koostisosa	Koostisosa kogus, g	Osakaal, %
Valge veiniäädikas 6%	100	52,3
Destilleeritud vesi	20	10,5
Sibul	50	26,1
Sool	10,5	5,5
Suhkur	10	5,2
Must pipar (purustatud)	0,87	0,5
KOKKU	191,37	100

2.2.2.4. Keefirimarinaad

Sarnaselt õunaäädika- ja valge veiniäädikamarinaadiga puhastati ka selle marinaadi puhul eelnevalt sibul ning purustati seadmega Defort DSJ-200 püreetaoliseks massiks. Keefirimarinaadi komponentide kogused kaaluti ja segati ühtlaseks seguks (tabel 17).

Tabel 17. Keefirimarinaadi koostis

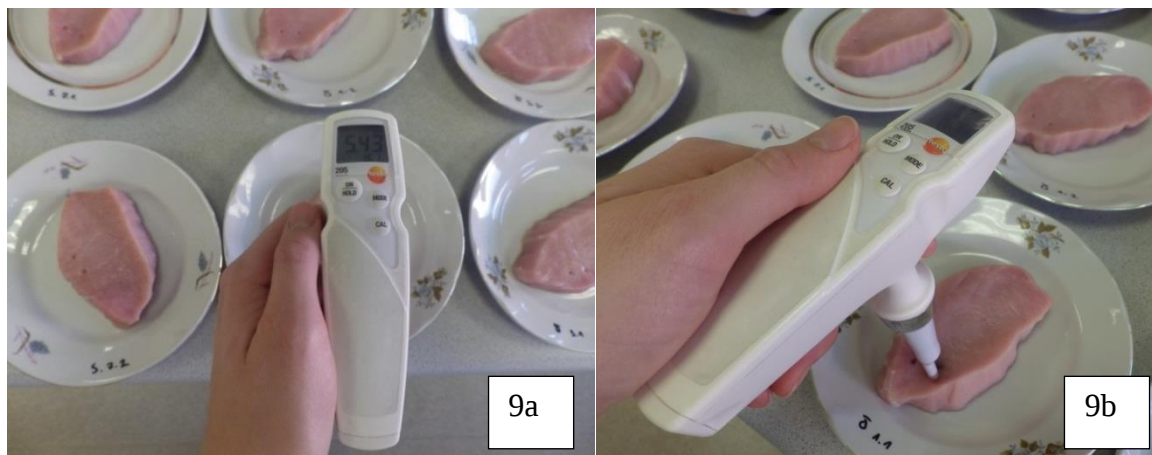
Koostisosa	Koostisosa kogus, g	Osakaal, %
Keefir (2,5%)	250	77,8
Sibul	50	15,6
Sool	10,5	3,3
Suhkur	10	3,1
Must pipar (purustatud)	0,87	0,3
KOKKU	321,37	100

2.2.3. Marineerimise protsess

Marineerimise käigus lisati lihale eelnevalt valmistatud marinaadi 20% liha massiühiku kohta. Protsessi käigus fikseeriti nii proovitüki mass kui ka lisatud marinaadi kogus grammides (leitud arvutuslikult). Marineeritud lihaproovid pandi tihedalt suletavatesse kilekotidesse, mida säilitati külmkapis +4 °C juures kuni seitse päeva.

2.2.4. Liha ja marinaadi pH-väärtuse määramine

Sea selja pikima lihase ja marinaadi pH-väärtused määrati enne marineerimist ning ka esimesel, kolmandal ja seitsmendal päeval pärast marineerimist. Liha ning marinaadide happesus määrati laboris pH-meeteriga Testo 205 (Testo AG, 2006) (joonis 9a ja 9b).

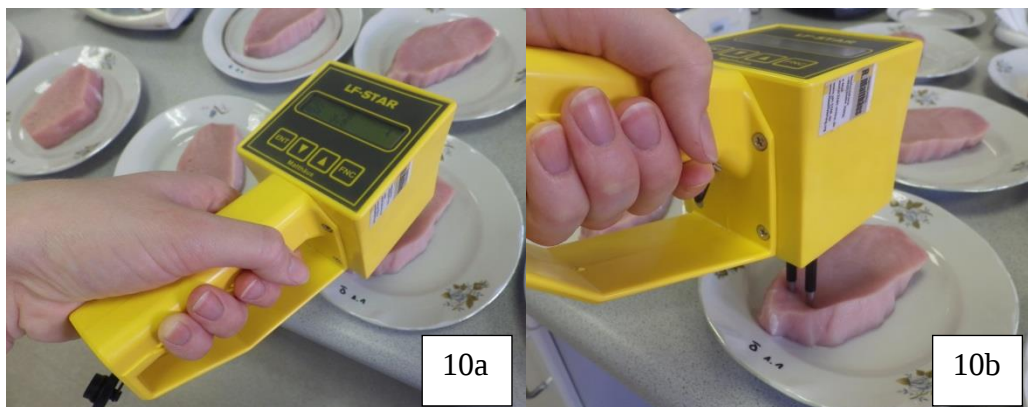


Joonis 9a ja 9b. pH määramise seade Testo 205 (Autori erakogu)

Enne liha ja marinaadi pH määramist kalibreeriti pH-meeter standardlahustega, mille pH oli 4,0 ja pH 7,0. Liha pH-väärtuse mõõtmiseks torgati pH-meetri elektrood proovitükki ja registreeriti näit seadme ekraanil. Sarnaselt toimiti ka marinaadi pH-väärtuse mõõtmisega, kus elektrood asetati marinaadi sisse. Mõõtmisvigade vältimiseks puhastati elektroodi pärast iga mõõtmist nii liha kui marinaadi puhul sooja veega ning kuivatati pabersalvrätiga.

2.2.5. Liha elektrijuhtivuse määramine

Lihaskoe elektrijuhtivust mõõdeti aparaadiga LF-Star CPU (Ingenieurbüro R. Matthäus, 2011^a). Selle näidu fikseerimiseks torgati kaks paralleelset terasest elektroodi proovitükki ja mõõdeti elektroodide vahelist elektrivoolu (joonis 10a, 10b). Selle väärtus iseloomustab liha rakustruktuuride kahjustatuse astet. Mida rohkem on rakustruktuurid kahjustunud, seda rohkem on lihas vaba vett, kõrgem elektrijuhtivus ja madalam veesiduvus. Kvaliteetisel lihal on elektrijuhtivus 2,0–8,0 mS/cm. Liha kõrge elektrijuhtivuse korral (> 8,0 mS/cm), on tegemist PSE-lihaga, DFD-lihal on elektrijuhtivus normaalse liha omast madalam (< 2,0 mS/cm). (Pöldvere, Tänavots 2012; Wicke, Lengerken, 2006)



Joonis 10a ja 10b. Elektri juhtivuse määramise seade LF-Star (Autori erakogu)

2.2.6. Liha värvuse määramine

Käesolevas töös mõõdeti liha värvust optomeetriga OPTO-Star (*Ingenieurbüro R. Matthäus*, Saksamaa) ja kolorimeetriga Minolta Chromameter CR 400-ga (*Minolta*, Jaapan).

OPTO-Stariga mõõdeti lihaselt peegeldunud valgust (heledust). (*Ingenieurbüro R. Matthäus*, 2011^b). Liha värvuse määramiseks asetati seadme mõõteandur liha pinnale ja tulemus fikseeriti ühekordselt seadme ekraanilt (joonis 11). OPTO-Star näitab liha kvaliteedi defekte vastavalt valguskiirguse peegeldumise intensiivsusele liha välispinnalt. PSE-liha peegeldab valgust intensiivsemalt, kuna liha on heledat värvi ja optomeetri näit jääb sel juhul alla 55%. Samas DFD-liha neelab rohkem valgust, mis on põhjustatud liha tumedast värvusest ja optomeetri näit ületab 85%. Kvaliteetseks loetakse liha, mille OPTO-Stari väärtus on 55–85%. (Tänavots, Põldvere 2014^d)



Joonis 11. Liha värvuse määramise seade Opto Star (Autori erakogu)

Seadme MinoltaChromameter CR 400-ga määrati liha värvust värvimudeli Lab järgi (joonis 12), mille põhjal koosneb värvus heleduse komponendist "L" ning kahest värvuse komponendist, milleks on „a“ komponent ja "b" komponent. Heleduse komponent „L“ ulatub mustast valgeni (0–100), värvuskomponent „a“ ulatub rohekasnegatiivsest punakaspositiivseni ning „b“ helesinakasnegatiivsest kollakaspositiivseni. Lisaks leiti väärtused „C“ (valguse intensiivsus) ja „h“ (valguse toon), need arvutatakse värvuskomponentide „a“ ja „b“ järgi. (Konica Minolta 2007)

C-väärtuse määramiseks kasutati järgnevat valemit

$$C = \sqrt{(a)^2 + (b)^2} \quad (1)$$

kus, C – peegeldunud valguse intensiivsus;

a – liha punakas värvuskomponent;

b – liha kollakas värvuskomponent.

h-väärtuse määramiseks kasutati valemit

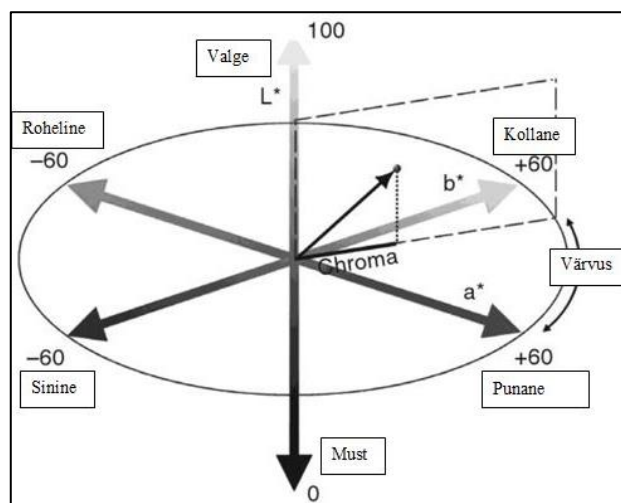
$$h = \tan^{-1} \left(\frac{b}{a} \right) \quad (2)$$

kus, h – valguse toon;

a – liha punakas värvuskomponent;

b – liha kollakas värvuskomponent.

(Konica Minolta 2007)



Joonis 12. Lab värvimudel: Värvus valgest mustani tähistab heleduse komponendi “L”, rohekas-punane “a” ja sinakas-kollane “b” suunda (Castigliego jt 2012)

MinoltaChromameter CR 400-ga liha värvuse määramiseks asetati mõõteandur mõõdetava liha pinnale ja määrati liha heledus (L) ja värvuskomponendid a ja b. Seadmega tehti kümme kordusmõõtmist ühe proovitüki kohta.

2.2.7. Massikao/massikasvu määramine marineerimisjärgselt

Töös nimetatakse massikaoks vedelate ja lahustuvate ainete kadu liha marineerimisel, kusjuures massikasvu puhul proovitüki mass suureneb marinaadi imendumise tõttu.

Algne proovitüki mass saadi selle kaalumisel enne marineerimist (0. päev) ning 1, 3 ja 7 katsepäeval enne kuumtöötlemist. Massikadu/-kasv leiti arvutuslikult, lahutades 0 päeva tulemusest vastava katsepäeva massi väärtus, mis on esitatud protsentides.

$$z = \frac{(a - b) * 100\%}{a} \quad (3)$$

kus a – proovitüki esialgne mass, g;

b – proovitüki marineerimisjärgne mass, g;

z – proovitüki marineerimisjärgne massikadu/-kasv, %.

2.2.8. Kuumtöötlemine

Proovide kuumtöötlemine toimus ahjus ALTO-SHAAM 300 Halo-Heat, mis oli eelnevalt programmeeritud ning eelkuumutatud temperatuurile 140 °C. Proovitükid asetati küpsetuspaberiga kaetud ahjuplaadile. Ühele tükile tehti noaga sisselõige, kuhu asetati temperatuuriantur, mis omakorda oli ühendatud arvutiga. Arvutiprogrammi LoggerLite 1.8 abil jälgiti proovitüki sisetemperatuuri. Marineeritud liha kuumtöötlemine lõpetati sisetemperatuuril +75 °C.

2.2.9. Massikao määramine kuumtöötlemisjärgselt

Liha kuumtöötlemisjärgse massikao all mõistetakse termilise töötlemise käigus tekkivate vedelate ning lahustuvate ainete kadu. Põhiosa kuumtöötlemisjärgsest kaost moodustab vesi, seega tõuseb lihatüki valgu- ning rasvasisaldus. Proovitükk kaaluti nii enne kuumtöötlemist kui selle järgselt ning leiti nende kahe näitaja vahe, tulemus on väljendatud protsentides.

$$t = \frac{(c - d) * 100\%}{c} \quad (4)$$

kus c – proovitüki mass enne kuumtöötlemist, g;

d – proovitüki mass kuumtöötlemisjärgselt, g;

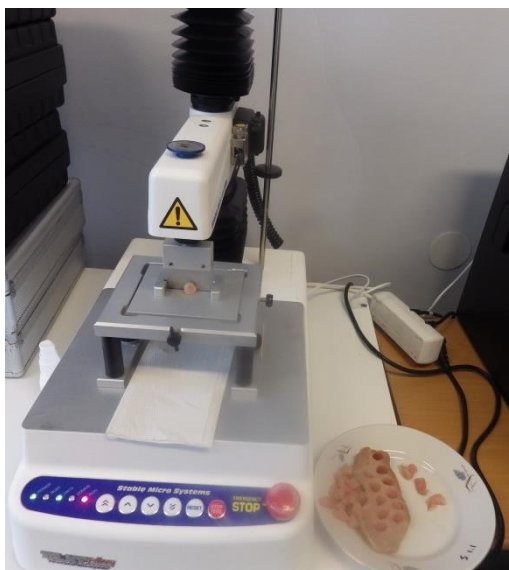
t – proovitüki kuumtöötlemisjärgne massikadu, %.

2.2.10. Tekstuuri parameetrite määramine

Proovitükkide ettevalmistamine ja lõiketugevuse määramine toimus Warner-Bratzleri meetodikat kasutades (Savell jt 2013), mille kohaselt mõõdetakse lõikejõudu, mis kulub liha proovi läbistamiseks lõiketeraga. Liha tekstuuri määramiseks kasutati analüsaatorit TA.XT plus (*Stable Micro System Ltd*, Inglismaa) (joonis 13), Warner-Bratzleri lõiketera ning liha hindamise tarbeks seadistatud arvutitarkvara (*Stable Micro System Ltd*. 2011).

Proovitükkide võtmiseks kasutati puurmasinat, millele oli kinnitatud proovivõtu toru diameetriga 11 mm. Igast lihaproovist lõigati piki lihaskiudu proovivõtu toru abil välja kuni kümme puursüdamikku (proovi), mis lõigati analüsaatoriga proovi keskelt ristisuunaliselt lihaskiududega. Parema lõigatavuse saavutamiseks jahutati toorest liha enne puursüdamike lõikamist umbes ühe tunni jooksul -2 °C juures. Lõikejõu parameetrid registreeriti kaheksa puursüdamiku tulemuste alusel, jättes välja ekstreemsed väärtused.

Termilisel töötlemisel kuumutati lihaproove ahjus +140 °C juures liha sisetemperatuurini +75 °C, mida peale ahjust välja võtmist jahutati +20 °C-ni. See muutis proovitükid kõvemaks, mistõttu oli lihtsam lõigata ühtlase diameetriga puursüdamikke.

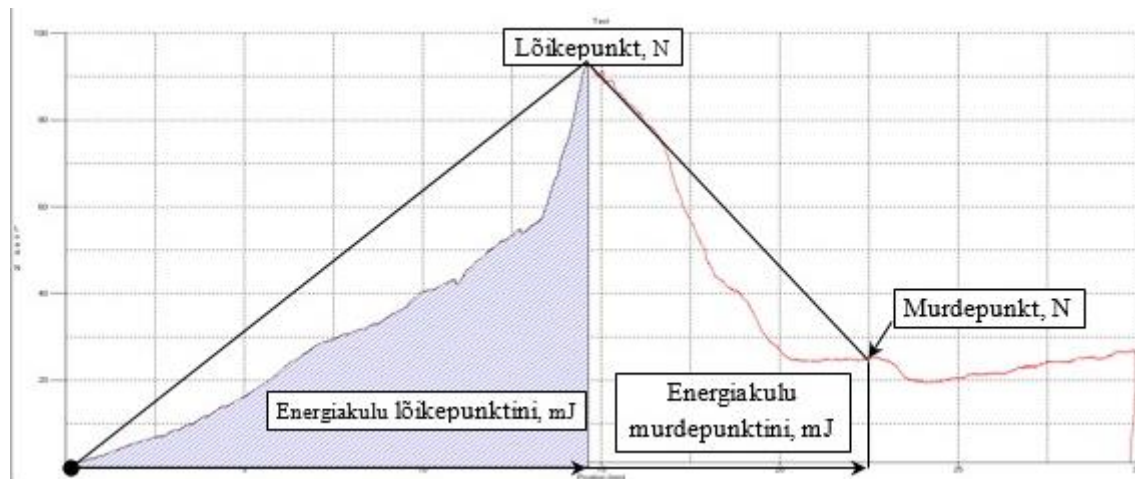


Joonis 13. Tekstuurianalüsaator TA.XT plus (Autori erakogu)

Töö käigus määrati lihal järgmised parameetrid:

- ✓ Energiakulu lõikepunktini (mJ) on energia, mis kulub proovitüki deformeerimiseks (enne purunemist).
- ✓ Lõikepunkt (N) on jõud, mille juures algab proovitüki purunemine.
- ✓ Energiakulu murdepunktini (mJ) on energia, mis kulub proovitüki läbilõikamiseks.
- ✓ Energiakulu kokku (mJ) tähendab summaarset energiakulu, mis on vajalik proovitüki deformeerimiseks ja läbilõikamiseks. (Torp 2014)

Katses määrati tekstuuriparameetrid nii toores, marineeritud kui ka termiliselt töödeldud lihas. Testiti sea selja pikima lihase marineeritud ning termiliselt töödeldud proovide lõiketugevust ning määrati lõikamiseks kulunud energia (joonis 14).



Joonis 14. Warner-Bratzleri testi jõu dünaamika ja selle lõikeenergia määramine joonealuse pinna kaudu (Stable Micro System Ltd 2011)

2.2.11. Andmete statistiline analüüs

Andmebaasid loodi, esmased statistilised analüüsid teostati ja joonised konstrueeriti tabelarvutussüsteemis MS Excel 2013, modelleerimine viidi läbi statistikapaketis SAS 9.4. Marinaaditüübi ja marineerimisaja mõju liha massikaole, elektrijuhtivusele ja pH-le testiti kahefaktorilise samal lihasel sooritatud korduvate mõõtmiste korreleeritust arvestava dispersioonanalüüsiga vastavalt mudelile

$$Y_{ijkl} = \mu + M_i + A_j + M_i * A_j + L_k + \varepsilon_{ijkl}, \quad (5)$$

kus Y_{ijkl} on uuritava tunnuse väärtus;

μ on mudeli vabaliige;

M_i on i . marinaadi mõju (keefiri-, sinepi-, veini- ja õunamarinaad, $i = 1-4$);

A_j on j . ajahetke mõju (1., 3. ja 7. päev, $j = 1, 2, 3$);

$M_i * A_j$ on marinaadi ja marineerimisaja koosmõju;

L_k on k . lihasel sooritatud korduvate mõõtmiste korreleeritust arvestav juhuslik efekt ($l = 1-4$);

ε_{ijkl} on mudeli viga.

Kuumtöötuse, marinaaditüübi ja marineerimisaja mõju liha värvusele ja struktuurile testiti kolmefaktorilise samal lihasel ja proovitükil sooritatud korduvate mõõtmiste korreleeritust arvestava dispersioonanalüüsiga vastavalt mudelile

$$Y_{ijklmn} = \mu + T_i + M_j + A_k + T_i * M_j + T_i * A_k + M_j * A_k + T_i * M_j * A_k + L_l + P_m(L_l) + \varepsilon_{ijklmn}, \quad (6)$$

kus Y_{ijklmn} on uuritava tunnuse väärtus,

μ on mudeli vabaliige,

T_i on i . töötlusviisi mõju (kuumtöötlemata/kuumtöödeldud, $i = 1, 2$),

M_j on j . marinaadi mõju (keefiri-, sinepi-, veini- ja õunamarinaad, $j = 1-4$),

A_k on k . ajahetke mõju (0., 1., 3. ja 7. päev, $k = 1-4$),

$T_i * M_j$, $T_i * A_k$, $M_j * A_k$, ja $T_i * M_j * A_k$ on töötlusviisi, marinaadi ja marineerimisaja kõik kahe- ja kolmekordsed koosmõjud,

L_l on l . lihasel sooritatud korduvate mõõtmiste korreleeritust arvestav juhuslik efekt ($l = 1-4$),

$P_m(L_l)$ on l . lihase m . tükil sooritatud korduvate mõõtmiste korreleeritust arvestav juhuslik efekt ($m = 1-10$ ja $m = 1-8$ vastavalt liha värvuse ja struktuuri analüüsides),

ε_{ijklmn} on mudeli viga.

Uuritavate tunnuste keskmised väärtused erinevatel faktorite tasemetel kombinatsioonidel hinnati konstrueeritud mudelitest vähimruutkeskmiste kujul. Samade väärtuste alusel teostati ka gruppide võrdlused ning erinevused loeti statistiliselt oluliseks $p \leq 0,05$ korral.

3. TULEMUSED JA ARUTELU

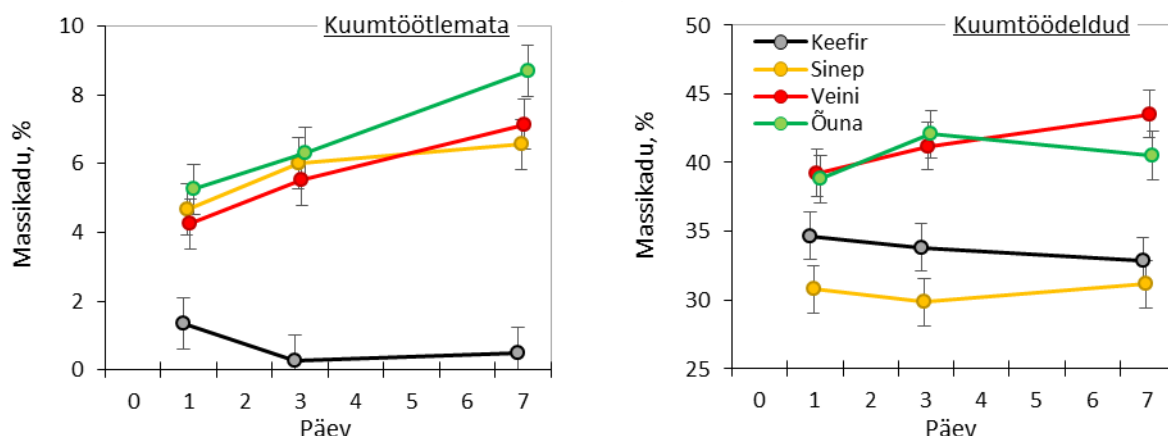
3.1. Massikadu

Sinepi-mee-, valge veiniäädika- ja õunaäädikamarinaadiga töötlemisel olid **toore** liha massikaod 7. päeval oluliselt suuremad kui 1. marineerimispäeval ($p < 0,05$). Keefirimarinaadi puhul sellist erinevust ei täheldatud, liha mass jäi kogu marineerimisperioodi jooksul stabiilseks ($p > 0,05$). Siiski oli massikadu väike, jäädes madalaimaks 3. marineerimispäeval (0,27%) ja olles kõrgeim 1. päeval (1,35%). Kõige kõrgem massikadu esines lihal, mida marineeriti õunaäädikamarinaadiga, kus 7. päevaks oli massikadu tõusnud 8,70%-ni.

Kuumtöödeldud marineeritud lihaproovide keskmised massikaod jäid 29,84–43,51% vahemikku (tabel 18). Kirjanduses toodud andmed näitasid, et tsitrusmarinaadide (Burke, Monahan 2003) kasutamisel või keedusoola, polüfosfaadi ja vesinikkarbonaadi lahusega marineerimisel (Sheard, Tali 2004) olid massikaod madalamad, kui antud töös kasutatud marinaadidel.

Kuumtöödeldud proovidest kaotas marineerimisperioodil kõige vähem oma massist sinepi-meemarinaadiga töödeldud liha (29,84–31,14%), kõrgeimad tulemused olid valge veiniäädikamarinaadiga marineeritud lihal (39,23–43,51%). Eeltoodu põhjal saab öelda, et sinepi-mee- ja keefirimarinaadi kasutamisel liha marineerimiseks on positiivne mõju massikaole, kuna nende mass jäi stabiilseks.

Marinaadidevahelised erinevused üksikutel päevadel kuumtöödeldud lihaproovidel näitasid sarnaseid tulemusi sinepi-mee- ja keefirimarinaadid ($p > 0,05$) ning teisalt oli lihale sarnane mõju õunaäädika- ja valge veiniäädikamarinaadidel ($p > 0,05$) (joonis 15). Võrreldes marineerimispäevade vahelist erinevust näitasid kõik katses kasutatud marinaadid sarnaseid tulemusi ning päevade vahel ei esinenud statistiliselt olulisi erinevusi ($p > 0,05$).



Joonis 15. Sealiha massikao muutused ($\pm$ standardviga) sõltuvalt kasutatud marinaadidest ja kuumtöötlemisviisist erinevatel marineerimispäevadel

Tabel 18. Sealiha massikao vähimruutkeskmised (%) ja standardvead (se) sõltuvalt kasutatud marinaadidest ja kuumtöötlemisviisist erinevatel marineerimispäevadel

Marinaad	Päevad					
	1	3	7	1	3	7
	Kuumtöötlemata			Kuumtöödeldud		
Keefir	1,35 ^{Aa}	0,27 ^{Aa}	0,50 ^{Aa}	34,64 ^{ACa}	33,83 ^{Aa}	32,85 ^{Aa}
Sinep	4,67 ^{Ba}	6,02 ^{Bab}	6,56 ^{Bb}	30,80 ^{Aa}	29,84 ^{Aa}	31,14 ^{Aa}
Veini	4,25 ^{Ba}	5,52 ^{Ba}	7,15 ^{Bb}	39,23 ^{Ba}	41,19 ^{Ba}	43,51 ^{Ba}
Öuna	5,25 ^{Ba}	6,31 ^{Ba}	8,70 ^{Cb}	38,82 ^{BCa}	42,05 ^{Ba}	40,51 ^{Ba}
se	0,74	0,74	0,74	1,73	1,73	1,73

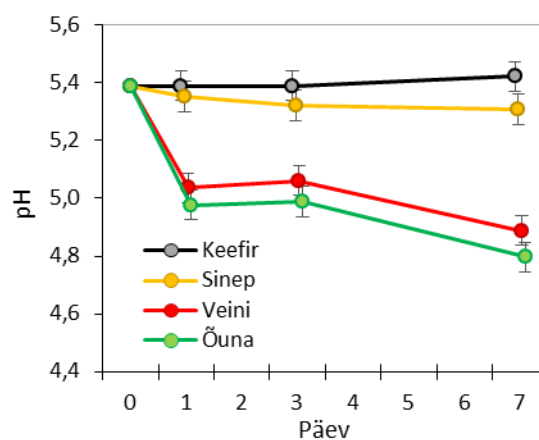
Erinevad suurtähed A, B ja C tähistavad marinaadide vahelist statistilist erinevust ($p < 0,05$) marineerimispäeva siseselt (tulp).

Erinevad väiketähed a, b ja c tähistavad marineerimisaegade vahelist statistilist olulisust ($p < 0,05$) marinaadidesiseselt töötlemisviisiti (rida).

3.2. pH-väärtus

Kontrollgrupiks oli katse alguses (0. päev) määratud liha pH-väärtus, mida võrreldi erinevate marineerimispäevadega. Marineeritud lihaproovide pH-väärtuste keskmised jäid 4,80–5,42 vahemikku. Lihal, mida marineeriti õunaäädika- ja valge veiniäädikamarinaadiga, muutus pH-väärtus enam happelisuse suunas võrreldes teiste marinaadidega, nende lõplikuks pH-väärtused olid vastavalt 4,80 ja 4,89 (joonis 16). 7. marineerimispäeval jäid liha pH-väärtused sinepi-mee- (5,31) ja keefirimarinaadiga (5,42) töödeldud lihal algse näiduga (5,39) sarnasele tasemele ($p > 0,05$) (tabel 19). Kim jt (2009) marineerisid sealiha küüslauku- ja sibulamahlaga ning ka selles uurimuses jäid pH-väärtused liha algse näiduga sarnasele tasemele.

sele tasemele. Õunaäädika- ja valge veiniäädikamarinaadidega töödeldud lihas toimus märgatav pH langus pärast 3. marineerimispäeva ($p < 0,05$), see võis olla põhjustatud sellest, et happeline marinaad tungis sügavamale lihaskiudude vahele lagundades membraane. Kui liha pH-väärtus jääb 5,0 ja 5,5 vahele, mis põhjustab lihavalgude denaturatsiooni, väheneb ka nende võime siduda vett, mistõttu väheneb liha veesidumisvõime (Tänavots, Põldvere 2014^b). Uurimistöodes on leitud, et kanaliha marineerimisel happelises keskkonnas (pH 3,8–4,2), esineb ulatuslikum marinaadi imendumine. Sellest madalama pH väärtusega marinaadi (3,0–3,8) korral on täheldatud marinaadi väiksemat lihasse imendumist. (Yusop jt 2010)



Joonis 16. Toore marineeritud sealiha vähimruutkeskmised pH-väärtused ($\pm$ standardviga)

Tabel 19. Marineeritud toore sealiha proovide vähimruutkeskmised pH-väärtused ja standardvead (se) sõltuvalt kasutatud marinaadidest erinevatel marineerimispäevadel

Marinaad	Päevad			
	0*	1	3	7
Keefir	5,39	5,39 ^{Aa}	5,39 ^{Aa}	5,42 ^{Aa}
Sinep	5,39	5,35 ^{Aa}	5,32 ^{Aa}	5,31 ^{Aa}
Veini	5,39	5,04 ^{Ba}	5,06 ^{Ba}	4,89 ^{Bb}
Õuna	5,39	4,98 ^{Ba}	4,99 ^{Ba}	4,80 ^{Bb}
se	0,01	0,05	0,05	0,05

*0. päev – määrati toore liha pH

Erinevad suurtähed A, B ja C tähistavad marinaadide vahelist statistilist erinevust ($p < 0,05$) marineerimispäeva siseselt (tulp).

Erinevad väiketähed a, b ja c tähistavad marineerimisaegade vahelist statistilist olulisust ($p < 0,05$) marinaadidesiseselt (rida).

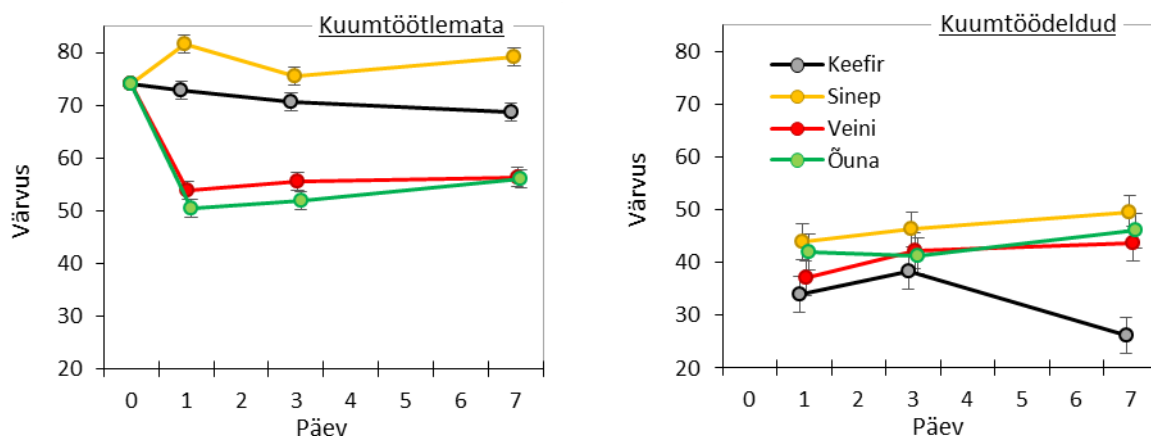
3.3. Värvus

Tabelis märgivad 0. päeva mõõtmised näite, mis tehti katse alguses, määramaks liha algseid värvuse näitajaid. Võrreldes toore lihaga muutsid õunaädika- ja valge veiniädikamarinaadid liha heledamaks, sinepi-meemarinaad tumedamaks ning keefirimarinaad ei avaldanud olulist mõju liha värvusele. Eeltoodud muutused leidsid aset lähtudes marinaadide enda värvustest.

Liha värvus, mida mõõdeti OPTO-Star'iga kõikus marineerimisel happeliste marinaadidega suures vahemikus (50,41–81,59). Võrreldes esialgse värvusega (74,03) muutus **toores** liha oluliselt heledamaks õunaädika- (50,41) ja valge veiniädikamarinaadiga (53,93) töötlemisel. Valge veiniädikamarinaad ei avaldanud lihale statistiliselt olulist mõju kogu marineerimisperioodil ($p > 0,05$). Vaadeldes 1. ja 7. marineerimispäeva tulemusi marinaadidesiseselt, siis oli märgatav statistiline erinevus ($p < 0,05$) sinepi-mee-, keefiri- ning õunaädikamarinaadidega töödeldud lihade värvusel. Keefirimarinaadi mõju liha värvusele ei olnud suur (joonis 17), erinedes marineerimisperioodi jooksul 4,3 ühiku võrra, olles 1. päeval 72,98 ja 7. vastavalt 68,68 ($p > 0,05$) (tabel 20).

Marineeritud **kuumtöödeldud** liha värvus jäi 26,18–49,43 vahemikku. Kõikide marinaadide lõikes oli pärast kuumtöötlemist 7. päeval heledaimad värvuse näitajad keefirimarinaadiga marineeritud lihal (26,18) ja tumedaimad sinepi-meemarinaadiga marineerimisel (49,43). Kuumtöödeldud liha värvuses esines statistiliselt oluline erinevus ($p < 0,05$) keefirimarinaadil 1. ja 7. päeva vahel. Lihaproovide töötlemisel sinepi-mee-, õunaädika- ja valge veiniädikamarinaadiga ei esinenud päevade lõikes statistiliselt olulisi erinevusi värvuse osas ($p > 0,05$) (joonis 17).

Marinaadide vahel ei tuvastatud statistilist erinevust 3. marineerimispäeval ($p > 0,05$) (tabel 20). Kuumtöödeldud sinepi-meemarinaadiga marineeritud liha erines värvuselt oluliselt 1. marineerimispäeval teiste happeliste marinaadidega töödeldud lihast, olles tumedama värvusega (43,95), samas keefirimarinaadiga töödeldud liha värvuse näitaja oli 7. päeval madalam võrreldes teiste marinaadidega ($p < 0,05$).



Joonis 17. Lihaproovide värvuse näitajad ($\pm$ standardviga) sõltuvalt marinaadidest, marineerimisajast ja kuumtöötlemisest, mõõdeti aparaadiga OPTO-Star

Tabel 20. Lihaproovide värvuse vähimruutkeskmised ja standardvead (se) sõltuvalt kasutatud marinaadidest ja kuumtöötlemisviisist erinevatel marineerimispäevadel, mõõdetud aparaadiga OPTO-Star

Marinaad	Päevad						
	0*	1	3	7	1	3	7
	Kuumtöötlemata				Kuumtöödeldud		
Keefir	74,03	72,98 ^{Aa}	70,69 ^{Ab}	68,68 ^{Ab}	33,90 ^{Aab}	38,25 ^{Aa}	26,18 ^{Ab}
Sinep	74,03	81,59 ^{Ba}	75,55 ^{Bb}	79,15 ^{Bab}	43,95 ^{Ba}	46,30 ^{Aa}	49,43 ^{Ba}
Veini	74,03	53,93 ^{Ca}	55,54 ^{Ca}	56,45 ^{Ca}	37,05 ^{ACa}	42,20 ^{Aa}	43,63 ^{Ba}
Õuna	74,03	50,41 ^{Ca}	51,90 ^{Ca}	56,05 ^{Cb}	42,00 ^{ACa}	41,28 ^{Aa}	46,05 ^{Ba}
se	0,43	1,72	1,72	1,72	3,35	3,35	3,35

*0. päev – määrati toore liha värvus

Erinevad suurtähed A, B ja C tähistavad marinaadide vahelist statistilist erinevust ($p < 0,05$) marineerimispäeva siseselt (tulp).

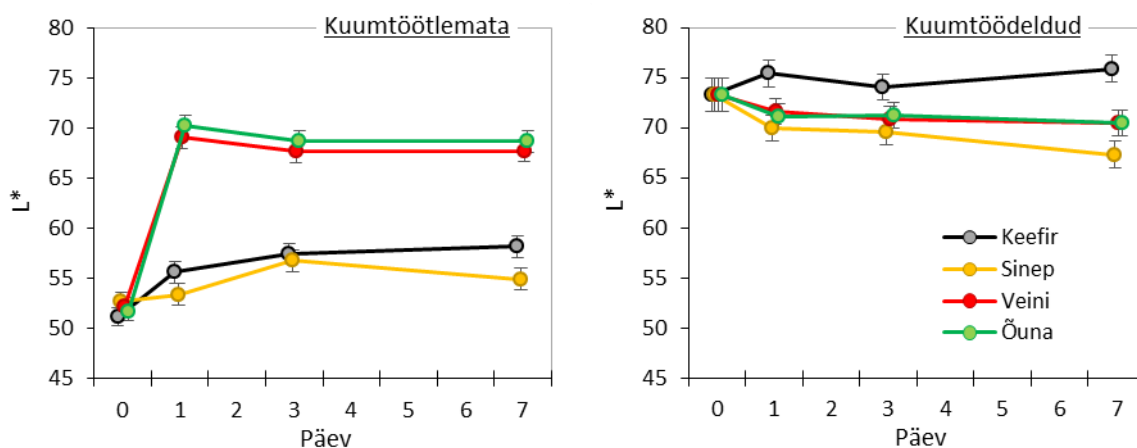
Erinevad väiketähed a, b ja c tähistavad marineerimisaegade vahelist statistilist olulisust ($p < 0,05$) marinaadidesiseselt töötlemisviisiti (rida).

Sealiha heledus „L“, värvuskomponendid „a“ ja „b“ ning valguse intensiivsus „c“ ja valguse toon „h“ määrati aparaadiga Minolta Chromameter CR 400. Liha värvuse heleduse näitaja „L“ võib ulatuda mustast valgeni skaalal 0–100.

Kõige enam mõjutas **toore** liha heledust 7. päevaks selle töötlemine õunaädika- (68,64 nm) ja valge veiniädikamarinaadiga (67,69 nm), muutes seda liha algsest näitajast oluliselt heledamaks vastavalt 51,65 ja 52,20 nm (joonis 18). Kuumtöötlemata õunaädika- ja valge veiniädikamarinaadiga lihaproovid näitasid sarnaseid tulemusi 1. ja 7. päeval ($p > 0,05$). 3. päeval olid sarnased keefiri- ja sinepi-meemarinaadiga ning õunaädika- ja valge veiniädikamarinaadiga marineeritud liha heledused ($p > 0,05$). Kim jt (2009) teostatud

uurimuses, kus marineeriti sealihaga küüslaugu- ja sibulamahlaga, muutus liha tumedamaks (42,84 nm) võrreldes kontrollproovi keskmise näitajaga (45,18 nm) kogu laagerdusperioodi kestel.

Kõikidel marinaadidel puudus mõju **kuumtöödeldud** lihaproovide heleduse näitajale (L^*) kogu laagerdusperioodi kestel ($p > 0,05$). Sarnaselt kuumtöötlemata lihale, muutus keefirimarinaadiga marineeritud lihaproov pärast kuumtöötlemist katse lõpuks algsest toonist heledamaks (L^* vastavalt 51,09 ja 75,89 nm). Kuumtöödeldud õunaäädika- ja valge veiniäädikamarinaadiga töödeldud lihaproovide heleduskomponendi L^* -väärtused olid 7. päeval sarnased, vastavalt 70,48 ja 70,44 nm (tabel 21). Kuumtöödeldud proovidest erines märgatavalt keefirimarinaadiga töödeldud liha võrreldes teiste marineeritud lihaproovidega kogu laagerdusperioodil ($p < 0,05$).



Joonis 18. Keskmised tulemused (nm) värvuse heleduskomponent L^* ($\pm$ standardviga), sõltuvalt marinaadidest, marineerimisajast ja kuumtöötlemisest, mõõdetud aparaadiga Minolta Chromameter CR 400. (mustast valgeni skaalal 0–100)

Tabel 21. Sealiha värvuse heleduskomponent L* vähimruutkeskmised (nm) ja standardvead (se) sõltuvalt kasutatud marinaadidest ja kuumtöötlemisviisist erinevatel marineerimispäevadel, mõõdetud aparaadiga Minolta Chromameter CR 400

Marinaad	Päevad							
	0*	1	3	7	0*	1	3	7
	Kuumtöötlemata				Kuumtöödeldud			
Keefir	51,09	55,58 ^{Aa}	57,40 ^{Aab}	58,13 ^{Ab}	51,09	75,41 ^{Aa}	74,03 ^{Aa}	75,89 ^{Aa}
Sinep	52,66	53,34 ^{Ba}	56,71 ^{Ab}	54,88 ^{Bab}	52,66	69,97 ^{Ba}	69,6 ^{BBa}	67,31 ^{Ba}
Veini	52,20	68,99 ^{Ca}	67,59 ^{Ba}	67,69 ^{Ca}	52,20	71,65 ^{Ba}	70,85 ^{Ba}	70,44 ^{Ca}
Õuna	51,65	70,14 ^{Ca}	68,66 ^{Ba}	68,64 ^{Ca}	51,65	71,11 ^{Ba}	71,27 ^{ABa}	70,48 ^{Ca}
se	0,88	1,1	1,07	1,07	0,88	1,3	1,3	1,3

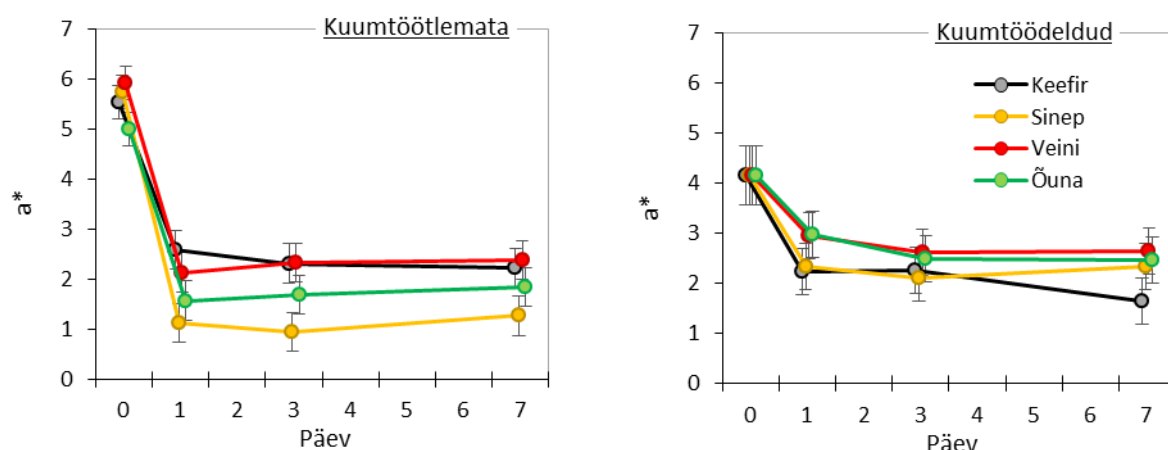
0. päev – määrati toore liha L-väärtus

Erinevad suurtähed A, B ja C tähistavad marinaadide vahelist statistilist erinevust ($p < 0,05$) marineerimispäeva siseselt (tulp).

Erinevad väiketähed a, b ja c tähistavad marineerimisaegade vahelist statistilist olulisust ($p < 0,05$) marinaadidesiseselt töötlemisviisiti (rida).

Töös määratud liha värvuskomponent a näitab liha punakat värvitooni. Kuumtöödeldud ja töötlemata lihaproovide punakas värvus vähenes oluliselt võrreldes algsete näitajatega (joonis 19). **Toorestele** lihaproovidele avaldas suurimat mõju sinepi-meemarinaad, mille a-näitaja vähenes algsest 5,73 nm väärtusest 3. päevaks 0,93 nm-ni (tabel 22). Kõige vähem avaldas näitajale mõju keefirimarinaad, mille tulemusel langes see 7. päevaks 2,01 nm-ni võrreldes proovituki algse väärtusega (5,52 nm). 3. ja 7. päeval jäid sinepi-mee- ja õunaäädikamarinaadiga ning keefiri- ja valge veiniäädikamarinaadiga töödeldud lihaproovide tulemused samale tasemele ($p > 0,05$). Kim jt (2009) katses, kus sealiha marineeriti 6%-lise küüslaugu- ja sibulamahla, suurenes a-väärtus 1. töötlemispäeval mõõdetud väärtustest, mis olid vastavalt 5,64 ja 5,74 nm 7. marineerimispäevaks vastavalt 6,71 ja 6,65 nm-ni.

Samas **kuumtöödeldud** proovidel mõjutas värvuskomponenti a enim keefirimarinaadiga marineeritud liha punakat värvitooni, kus algne näitaja 5,53 nm vähenes 1,63 nm-ni. Kasutatud happelistest marinaadidest kõige vähem muutis kuumtöödeldud proovide a-väärtust valge veiniäädikamarinaad, muutudes katsealguse väärtusest 2,95 nm katse lõpuks 2,62 nm-ni. Marinaadidesiseselt ei erinenud proovide tulemused kogu marineerimisperioodi jooksul statistiliselt oluliselt ($p > 0,05$).



Joonis 19. Sealiha värvuskomponendi “a” (nm) muutused ($\pm$ standardviga) sõltuvalt marinaadidest, marineerimisajast ja kuumtöötlemisest, mõõdetud aparaadiga Minolta Chromameter CR 400

Tabel 22. Sealiha värvuskomponent “a” vähimruutkeskmised (nm) ja standardvead (se) sõltuvalt kasutatud marinaadidest ja kuumtöötlemisviisist erinevatel marineerimispäevadel, mõõdetud aparaadiga Minolta Chromameter CR 400

Marinaad	Päevad							
	0*	1	3	7	0*	1	3	7
	Kuumtöötlemata				Kuumtöödeldud			
Keefir	5,52	2,59 ^{Aa}	2,31 ^{Aa}	2,21 ^{Aa}	5,53	2,21 ^{Aa}	2,25 ^{Aa}	1,63 ^{Aa}
Sinep	5,73	1,13 ^{Ba}	0,93 ^{Ba}	1,26 ^{Ba}	5,74	2,32 ^{Aa}	2,10 ^{Aa}	2,32 ^{ABa}
Veini	5,91	2,13 ^{ACa}	2,33 ^{Aa}	2,37 ^{Aa}	5,92	2,95 ^{Aa}	2,59 ^{Aa}	2,62 ^{Ba}
Öuna	4,99	1,56 ^{BCa}	1,68 ^{Aa}	1,84 ^{ABa}	4,99	2,95 ^{Aa}	2,47 ^{Aa}	2,45 ^{ABa}
se	0,33	0,4	0,39	0,39	0,33	0,46	0,46	0,46

*0. päev – määrati toore liha a-väärtus

Erinevad suurtähed A, B ja C tähistavad marinaadide vahelist statistilist erinevust ($p < 0,05$) marineerimispäeva siseselt (tulp).

Erinevad väiketähed a, b ja c tähistavad marineerimisaegade vahelist statistilist olulisust ($p < 0,05$) marinaadidesiseselt töötlemisviisiti (rida).

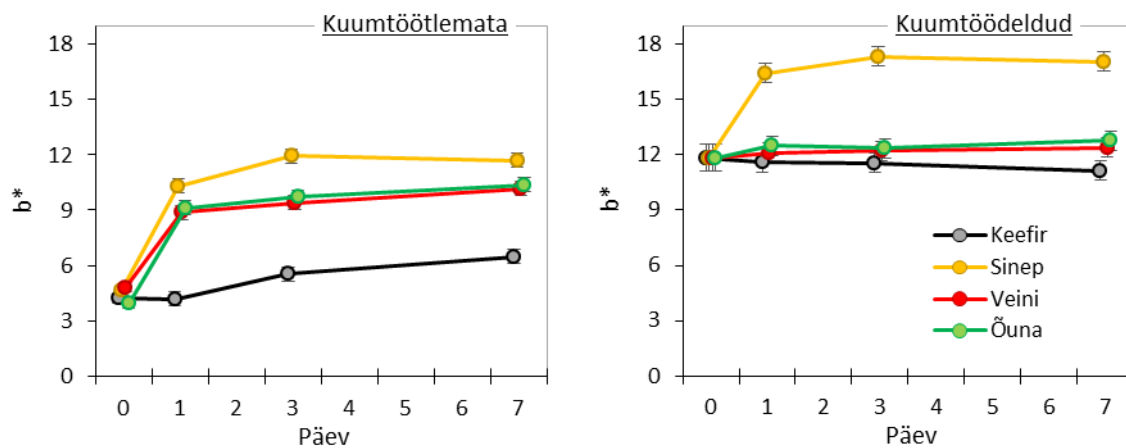
Uurimistöös määratud liha värvuskomponent b näitab liha kollakat värvust. Kõige rohkem mõjutas kasutatud marinaadidest nii kuumtöödeldud kui töötlemata proovide värvuskomponenti b sinapi-meemarinaad. Kuumtöötlemata sinapi-meemarinaadiga laagerdatud liha b-väärtus tõusis 1. päeva 10,30 nm-st 7. päevaks 11,67 nm-ni. Kuumtöödeldud sinapi-meemarinaadiga töödeldud liha b-väärtus suurenes 1. päevast 16,41 nm 7. päevaks 17,04 nm-ni. Kuna sinapi-meemarinaad oli värvuselt kollakas, mõjutas see liha värvust.

Kuumtöötlemata proovidest sarnanesid omavahel valge veiniäädika- ja õunaäädikamarinaadiga marineeritud liha b-väärtused ($p > 0,05$). Kõige vähem mõjutas seda värvuskom-

ponenti liha töötlemine keefirimarinaadiga, kus algne näit oli 4,20 nm ning 7. päeval oli tulemus tõusnud 6,47 ning pärast kuumtöötlemist 11,12 nm-ni. Marineerimis-päevadesiseselt sarnanesid 1. ja 7. päeval õunaäädika- ja valge veiniäädikamarinaadiga töödeldud lihaproovid ($p > 0,05$), samas neil päevadel erinesid statistiliselt oluliselt üksteisest keefiri- ja sinepi-meemarinaadis laagerdunud liha b-väärtused ($p < 0,05$) (joonis 20).

Kuumtöödeldud lihaproovidest erines b-väärtus 1. ja 3. marineerimispäeval sinepi-meemarinaadiga töödeldud liha teiste marinaadidega laagerdatud proovidest ($p < 0,05$). Marinaadidesiseselt ei esinenud kogu marineerimisperioodi jooksul statistiliselt olulisi erinevusi liha b-väärtuse osas ($p > 0,05$) (tabel 23).

Kim jt (2009) marineerisid sealiha küüslaugu- ja sibulamahlaga, nende katsete tulemustel ei muutunud liha kollakas värvus oluliselt.



Joonis 20. Sealiha värvuskomponent b (nm) muutused ($\pm$ standardviga) sõltuvalt marinaadidest, marineerimisajast ja kuumtöötlukest, mõõdetud aparaadiga Minolta Chromameter CR 400

Tabel 23. Sealiha värvuskomponent “b” vähimruutkeskmised (nm) ja standardvead (se) sõltuvalt kasutatud marinaadidest ja kuumtöötlemisviisist erinevatel marineerimispäevadel, mõõdetud aparaadiga Minolta Chromameter CR 400

Marinaad	Päevad							
	0*	1	3	7	0*	1	3	7
	Kuumtöötlemata				Kuumtöödeldud			
Keefir	4,20	4,16 ^{Aa}	5,54 ^{Ab}	6,47 ^{Ab}	4,20	11,59 ^{Aa}	11,53 ^{Aa}	11,12 ^{Aa}
Sinep	4,62	10,30 ^{Ba}	11,92 ^{Bb}	11,67 ^{Bb}	4,62	16,41 ^{Ba}	17,33 ^{Ba}	17,03 ^{Ba}
Veini	4,80	8,88 ^{Ca}	9,39 ^{Cab}	10,16 ^{Cb}	4,80	12,09 ^{Aa}	12,22 ^{Aa}	12,39 ^{ACa}
Õuna	3,95	9,12 ^{Ca}	9,71 ^{Cab}	10,37 ^{Cb}	3,95	12,47 ^{Aa}	12,36 ^{Aa}	12,76 ^{Ca}
se	0,25	0,41	0,38	0,38	0,25	0,52	0,52	0,52

*0. päev – määrati toore liha b-väärtus

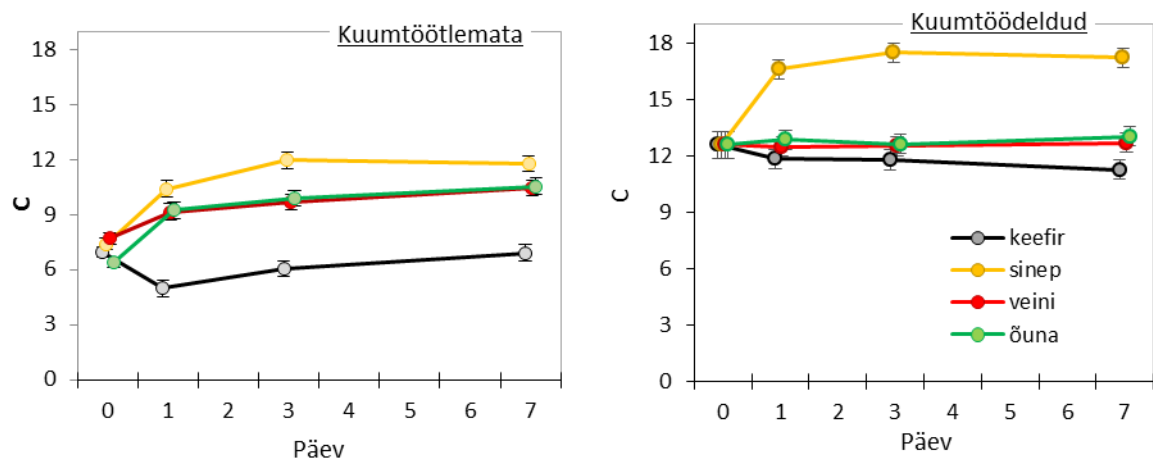
Erinevad suurtähed A, B ja C tähistavad marinaadide vahelist statistilist erinevust ($p < 0,05$) marineerimispäeva siseselt (tulp).

Erinevad väiketähed a, b ja c tähistavad marineerimisaegade vahelist statistilist olulisust ($p < 0,05$) marinaadidesiseselt töötlemisviisiti (rida).

Antud töös määrati valguse peegeldumise intensiivsust C, mis arvutati värvuskomponentide a ja b järgi. **Kuumtöötlemata** lihaproovidel vähenes C-väärtus, võrreldes algse näiduga keefirimarinaadi kasutamisel 0,05 nm võrra, kuid erinevus ei osutunud statistiliselt oluliselt ($p > 0,05$). Kõik teised marinaadid suurendasid liha valguse peegeldumise intensiivsust (C), kus kõige suurem tulemus leiti sinepi-meemarinaadiga marineeritud lihal (11,79 nm) 7. päeval (tabel 24).

Kuumtöödeldud lihaproovide C-väärtus vähenes võrreldes 1. päeva näiduga (11,81 nm) keefirimarinaadiga marineerimise 7. päeval (11,25 nm), kusjuures antud näitaja suurenes lihal, mida töödeldi sinepi-meemarinaadiga (16,58 kuni 17,19 nm) ($p > 0,05$). Sinepi-meemarinaadiga laagerdatud liha C-väärtus erines statistiliselt oluliselt marineerimispäevadesiseselt teiste marinaadidega ($p < 0,05$).

Marineerimispäevadesiseselt, nii kuumtöötlemata kui kuumtöödeldud lihaproovide C-väärtused, sarnanesid 1. ja 7. päeval õunaädika- ja valge veiniädikamarinaadidega töödeldud proovidel ($p > 0,05$). Samaaegselt erinesid eelpool nimetatud päevadel keefiri- ja sinepi-meemarinaadiga töödeldud lihaproovide valguse peegeldumise intensiivsus oluliselt ($p < 0,05$) (joonis 21).



Joonis 21. Sealiha valguse intensiivsus C (nm) keskmised näitaja muutused ($\pm$ standardviga) sõltuvalt marinaadidest, marineerimisajast ja kuumtöötlustest, mõõdetud aparaadiga Minolta Chromameter CR 400, mis arvutatakse värvuskomponentide „a“ ja „b“ järgi

Tabel 24. Sealiha valguse intensiivsus C (nm) vähimruutkeskmised ja standardvead (se) sõltuvalt kasutatud marinaadidest ja kuumtöötlemisviisist erinevatel marineerimispäevadel, mõõdetud aparaadiga Minolta Chromameter CR 400, mis arvutatakse värvuskomponentide „a“ ja „b“ järgi

Marinaad	Päevad							
	0*	1	3	7	0**	1	3	7
	Kuumtöötlemata				Kuumtööteldud			
Keefir	6,97 ^{ACa}	4,99 ^{Ab}	6,07 ^{Abc}	6,92 ^{Ac}	12,57	11,81 ^{Aa}	11,76 ^{Aa}	11,25 ^{Aa}
Sinep	7,41 ^{ABa}	10,41 ^{Bb}	11,98 ^{Bc}	11,79 ^{Bc}	12,57	16,58 ^{Ba}	17,46 ^{Ba}	17,19 ^{Ba}
Veini	7,72 ^{Ba}	9,17 ^{Cb}	9,70 ^{Cbc}	10,47 ^{Cc}	12,57	12,47 ^{Aa}	12,50 ^{Aa}	12,68 ^{ACa}
Õuna	6,41 ^{Ca}	9,25 ^{Cb}	9,89 ^{Cbc}	10,56 ^{Cc}	12,57	12,83 ^{Aa}	12,62 ^{Aa}	13,01 ^{Ca}
se	0,32	0,47	0,44	0,44	0,80	0,59	0,59	0,59

*0. päev – määrati toore liha C-väärtus

** 0. Päev – määrati marineerimata liha C-väärtus

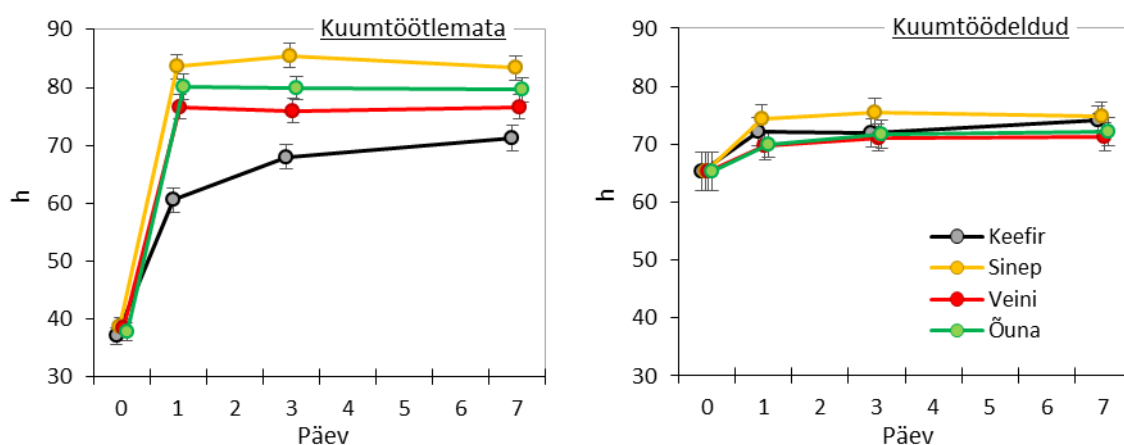
Erinevad suurtähed A, B ja C tähistavad marinaadide vahelist statistilist erinevust ($p < 0,05$) marineerimispäeva siseselt (tulp).

Erinevad väiketähed a, b ja c tähistavad marineerimisaegade vahelist statistilist olulisust ($p < 0,05$) marinaadidesiseselt töötlemisviisiti (rida).

Sealiha valguse toon (h-väärtus) määrati arvutuslikult. Liha h-väärtus muutus kõikide marinaadidega töödeldud proovidel sarnaselt, nii toorel kui kuumtööteldud proovidel (joonis 22).

Kuumtöötlemata lihaproovidest suurenes kõige rohkem h-väärtus võrreldes algse näitajaga (38,73 nm) sinepi-meemarinadil, kus 7. päeval oli see 83,40 nm ning väikseim muutus toimus keefirmarinadiga töödeldud lihal, kus lõplikuks näiduks jäi 71,26 nm.

Kuumtöödeldud lihaproovide vahelised üksikute päevade lõikes toimunud h-väärtuse muutused ei olnud statistiliselt olulised ($p > 0,05$). Proovidel, mida kuumtöödeldi, esines suurim muutus algse h näiduga võrreldes (71,16 nm) sinepi-meemarinadiga töödeldud lihal (82,21 nm) ning väikseim valge veiniäädikamarinadiga marineeritud lihaproovil (78,09 nm) (tabel 25). Marinaadidesiseselt ei esinenud liha h-väärtuses statistiliselt olulisi muutusi kogu marineerimisperioodi jooksul ($p > 0,05$).



Joonis 22. Sealiha valguse toon „h“ keskmised näitaja muutused ($\pm$ standardviga) sõltuvalt marinaadidest, marineerimisajast ja kuumtöötluusest, mõõdetud aparaadiga Minolta Chromameter CR 400, mis arvutatakse värvuskomponentide „a“ ja „b“ järgi

Tabel 25. Sealiha valguse toon „h“ (nm) keskmised näitajad ja standardvead (se) sõltuvalt kasutatud marinaadidest ja kuumtöötlemisviisist erinevatel marineerimispäevadel, mõõdetud aparaadiga Minolta Chromameter CR 400, mis arvutatakse värvuskomponentide „a“ ja „b“ järgi

Marinaad	Päevad							
	0*	1	3	7	0**	1	3	7
	Kuumtöötlemata				Kuumtöödeldud			
Keefir	37,06 ^{Aa}	60,54 ^{Ab}	68,03 ^{Ac}	71,26 ^{Ac}	71,16 ^a	79,18 ^{Aab}	78,91 ^{Aab}	81,60 ^{Ab}
Sinep	38,73 ^{Aa}	83,65 ^{Bb}	85,53 ^{Bb}	83,40 ^{Bb}	71,16 ^a	81,87 ^{Ab}	83,06 ^{Ab}	82,21 ^{Ab}
Veini	38,46 ^{Aa}	76,61 ^{Cb}	75,96 ^{Cb}	76,65 ^{Cb}	71,16 ^a	76,29 ^{Aa}	77,97 ^{Aa}	78,09 ^{Aa}
Õuna	37,89 ^{Aa}	80,17 ^{BCb}	79,94 ^{Cb}	79,63 ^{BCb}	71,16 ^a	76,67 ^{Aa}	78,64 ^{Aa}	79,11 ^{Aa}
se	1,53	2,22	2,11	2,11	3,78	2,78	2,78	2,78

*0. päev – määrati toore liha h-väärtus

** 0. Päev – määrati marineerimata liha h-väärtus

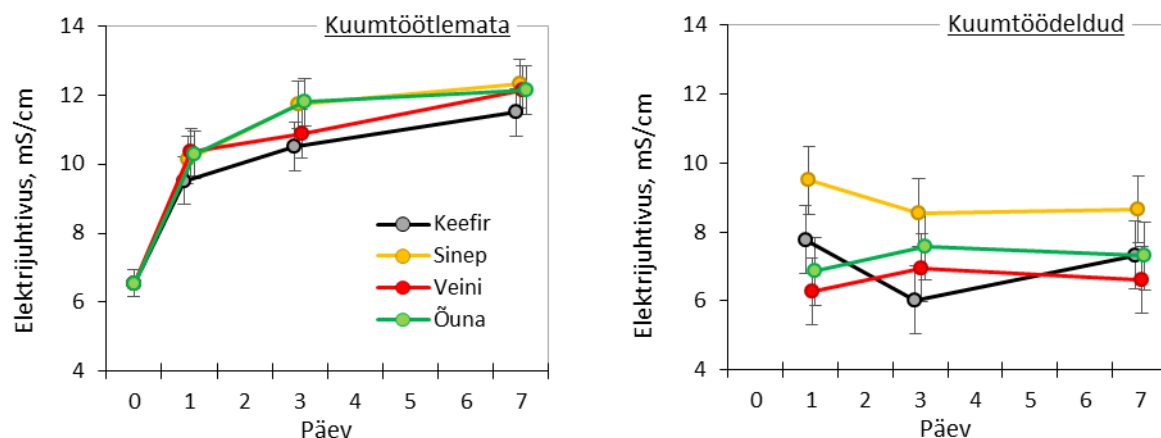
Erinevad suurtähed A, B ja C tähistavad marinaadide vahelist statistilist erinevust ($p < 0,05$) marineerimispäeva siseselt (tulp).

Erinevad väiketähed a, b ja c tähistavad marineerimisaegade vahelist statistilist olulisust ($p < 0,05$) marinaadidesiseselt töötlemisviisiti (rida).

3.4. Elektrijuhtuvus

Happeliste marinaadidega töödeldud **toore** sealiha elektrijuhtivus jäi 9,53–12,34 mS/cm vahemikku. Madalaim keskmine elektrijuhtivus oli lihal, mida marineeriti keefirimarinaadiga (9,53 mS/cm) ning kõrgeim sinepi-meemarinaadiga töödeldud lihal (12,34 mS/cm) (tabel 26). Kuumtöötlemata marinaadidevahelised üksikute päevade lõikes toimunud muutused liha elektrijuhtivuse osas ei olnud statistiliselt olulised ($p > 0,05$).

Sealiha elektrijuhtivuse madalaim näitaja pärast marineerimist ja **kuumtöötlemist** oli keefirimarinaadiga marineeritud lihal (6,03 mS/cm) ning kõrgeim sinepi-meemarinaadiga töödeldud lihaproovil (9,50 mS/cm). Kuumtöödeldud lihaproovidest sarnanesid 1. marineerimispäeval elektrijuhtivuse poolest keefiri-, õunaäädika- ja valge veiniäädikamarinaadidega töödeldud liha ($p > 0,05$). Laagerdumisaeg ei mõjutanud kuumtöödeldud liha elektrijuhtivust marinaadidesiseselt statistiliselt oluliselt ($p > 0,05$) (joonis 23).



Joonis 23. Sealiha elektrijuhtivuse vähimruutkeskmised ($\pm$ standardviga) sõltuvalt erinevatest marinaadidest, marineerimisajast ja kuumtöötlustusest

Tabel 26. Sealiha elektrijuhtivus (mS/cm) ja standardvead (se) sõltuvalt kasutatud marinaadidest ja kuumtöötlemisviisist erinevatel marineerimispäevadel

Marinaad	Päevad						
	0*	1	3	7	1	3	7
	Kuumtöötlemata				Kuumtöödeldud		
Keefir	6,54	9,53 ^{Aa}	10,50 ^{Ab}	11,50 ^{Ab}	7,78 ^{ABa}	6,03 ^{Aa}	7,33 ^{Aa}
Sinep	6,54	10,13 ^{Aa}	11,73 ^{Ab}	12,34 ^{Ab}	9,50 ^{Aa}	8,55 ^{Aa}	8,65 ^{Aa}
Veini	6,54	10,35 ^{Aa}	10,88 ^{Ab}	12,15 ^{Ab}	6,28 ^{Ba}	6,95 ^{Aa}	6,60 ^{Aa}
Õuna	6,54	10,28 ^{Aa}	11,80 ^{Ab}	12,15 ^{Ab}	6,85 ^{ABa}	7,58 ^{Aa}	7,30 ^{Aa}
se	0,38	0,7	0,7	0,7	0,98	0,98	0,98

*0. Päev – määratud toore liha elektrijuhtivus

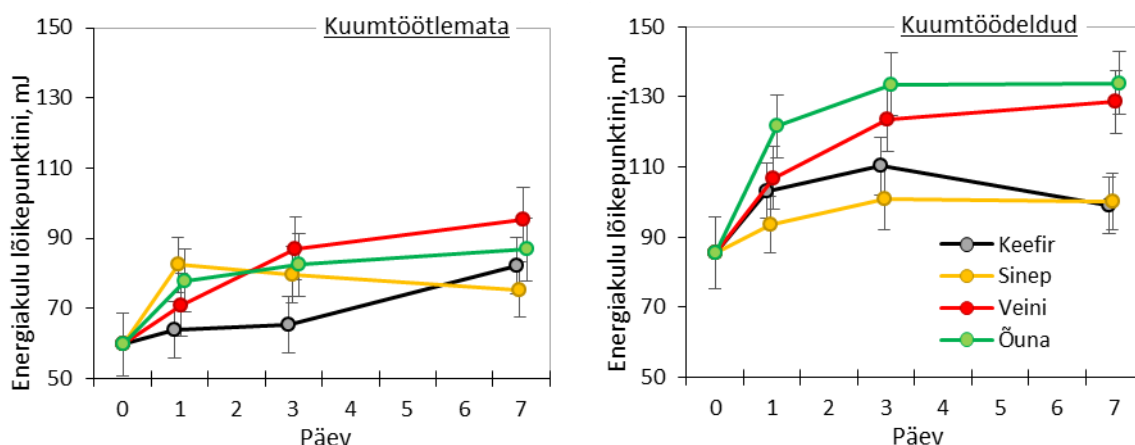
Erinevad suurtähed A, B ja C tähistavad marinaadide vahelist statistilist erinevust ($p < 0,05$) marineerimispäeva siseselt (tulp).

Erinevad väiketähed a, b ja c tähistavad marineerimisaegade vahelist statistilist olulisust ($p < 0,05$) marinaadidesiseselt töötlemisviisiti (rida).

3.5. Tekstuuri parameetrid

Käesolevas töös mõistetakse termini energiakuulu lõikepunktini all energiat, mis kulub proovitüki deformeerimiseks enne purunemist (Torp, 2014). **Kuumtöötlemata** lihaproovide energiakuulu lõikepunktini jäi 63,97–95,34 mJ vahemikku (tabel 27). Väikseim energiakuulu lõikepunktini oli keefirimarinaadiga töödeldud proovil (63,97 mJ) ning suurim valge veiniäädikamarinaadiga laagerdatud lihal (95,34 mJ) (joonis 24). Kuumtöötlemata lihaproovid sarnanesid marineerimispäevadesiseselt nii 3. kui 7. katsepäeval ($p > 0,05$).

Kuumtöödeldud marineeritud sealiha proovide keskmised näitajad olid 93,55–133,91 mJ vahemikus. Väikseimad tulemused saadi sinepi-meemarinaadiga marineeritud sealiha proovide analüüsimisel (93,55 mJ) ning suuremad õunaädikamarinaadiga töödeldud lihal (133,91 mJ). 7. marineerimispäeval sarnanesid omavahel sinepi-mee- ja keefirimarinaadidega ning teiselt poolt õunaädika- ja valge veiniädikamarinaadidega töödeldud liha. Marinaadidesiseselt ei erinenud energiakulu lõikepunktini kogu katseperioodi kestel statistiliselt oluliselt ($p > 0,05$).



Joonis 24. Sealiha energiakulu lõikepunktini vähimruutkeskmised ($\pm$ standardviga) sõltuvalt marinaadidest, marineerimisajast ja kuumtöötlustusest

Tabel 27. Sealihal määratud energiakulu lõikepunktini (mJ) ja standardvead (se) sõltuvalt kasutatud marinaadidest ja kuumtöötlemisviisist erinevatel marineerimispäevadel

Marinaad	Päevad							
	0*	1	3	7	0**	1	3	7
	Kuumtöötlemata				Kuumtöödeldud			
Keefir	59,71	63,97 ^{Aa}	65,41 ^{Aa}	82,07 ^{Aa}	85,50	103,14 ^{ABa}	110,19 ^{Aa}	98,92 ^{Aa}
Sinep	59,71	82,32 ^{BCa}	79,47 ^{Aa}	75,35 ^{Aa}	85,50	93,55 ^{Aa}	100,73 ^{Aa}	99,95 ^{Aa}
Veini	59,71	70,84 ^{ACa}	86,97 ^{ABa}	95,34 ^{Ab}	85,50	106,81 ^{ABa}	123,38 ^{ABa}	128,53 ^{Ba}
Õuna	59,71	77,91 ^{ACa}	82,41 ^{Aa}	86,75 ^{Aa}	85,50	121,56 ^{Ba}	133,41 ^{Ba}	133,91 ^{Ba}
se	8,97	8,97	8,97	8,97	10,27	8,97	8,97	8,97

*0. Päev – määratud toore liha energiakulu lõikepunktini

**0. Päev – määratud marineerimata liha energiakulu lõikepunktini

Erinevad suurtähed A, B ja C tähistavad marinaadide vahelist statistilist erinevust ($p < 0,05$) marineerimispäeva siseselt (tulp).

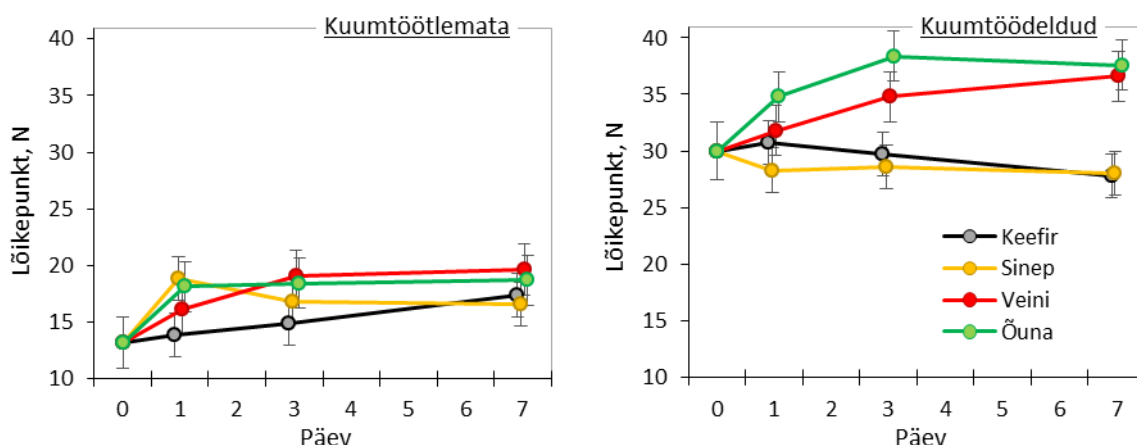
Erinevad väiketähed a, b ja c tähistavad marineerimisaegade vahelist statistilist olulisust ($p < 0,05$) marinaadidesiseselt töötlemisviisiti (rida).

Lõikepunkt (N) on jõud, mille juures algab proovitüki purunemine. Nelja erineva happelise marinaadiga töödeldud sealiha keskmised lõikepunktide väärtused olid 13,80–19,61 N (tabel 28). **Kuumtöötlemata** lihaproovide lõikepunktid sarnanesid marineerimispäevadesiseselt nii

3. kui 7. päeval ($p > 0,05$). Vaadeldes kuumtöötlemata proovide näitajaid päevade lõikes, muutus valge veiniäädikamarinaadiga marineeritud liha sitkemaks (19,61 N) ja sinepi-meemarinaadiga töödeldult pehmemaks (16,52 N) (joonis 25). Happeid sisaldavate marinaadide kasutamisel saavutatakse lisaks liha pehmusele ka kergelt hapukas maitse (olenevalt lisatava aine kogusest). Liigne äädikhape ning ka teiste happeliste komponentide sisaldus marinaadis muudavad liha tuimaks ning kuivaks. (Maaailma toiduainete ... 2006)

Kuumtöödeldud marineeritud sealiha keskmiste lõikepunktide väärtused jäid 27,75–38,39 N vahemikku (tabel 28). Kuumtöödeldud lihaproovidest näitasid üksikute päevade lõikes sarnaseid tulemusi keefiri- ja sinepi-meemarinaad ning õunaäädika- ja valge veiniäädikamarinaad 1. ja 7. marineerimispäeval ($p > 0,05$).

Kuumtöötlemata ja kuumtöödeldud lihaproovide vahelised erinevused ei olnud statistiliselt oluliselt erinevad kogu katseperioodi kestel marinaadidesiseselt ($p > 0,05$).



Joonis 25. Sealihal määratud lõikepunkt ($\pm$ standardviga) sõltuvalt marinaadidest, marineerimisajast ja kuumtöötlustest

Tabel 28. Sealiha määratud lõikepunkt (N) ja standardvead (se) sõltuvalt kasutatud marinaadidest ja kuumtöötlemisviisist erinevatel marineerimispäevadel

Marinaad	Päevad							
	0*	1	3	7	0**	1	3	7
	Kuumtöötlemata				Kuumtöödeldud			
Keefir	13,15	13,80 ^{Aa}	14,87 ^{Aa}	17,38 ^{Aa}	29,99	30,75 ^{ABa}	29,75 ^{ABa}	27,75 ^{Aa}
Sinep	13,15	18,79 ^{BCa}	16,84 ^{Aa}	16,52 ^{Aa}	29,99	28,30 ^{Aa}	28,57 ^{Aa}	28,07 ^{Aa}
Veini	13,15	16,05 ^{ACa}	19,08 ^{Aa}	19,61 ^{Aa}	29,99	31,82 ^{ABa}	34,79 ^{BCa}	36,59 ^{Ba}
Õuna	13,15	18,12 ^{ACa}	18,43 ^{Aa}	18,67 ^{Aa}	29,99	34,80 ^{Ba}	38,39 ^{Ca}	37,57 ^{Ba}
se	2,23	2,23	2,23	2,23	2,25	2,23	2,23	2,23

*0. Päev – määratud toore liha lõikepunkt

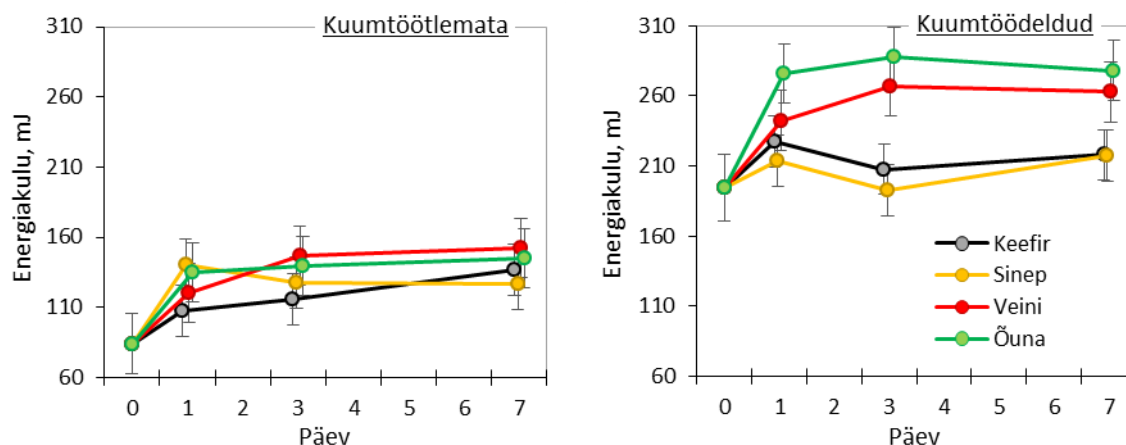
**0. Päev – määratud marineerimata liha lõikepunkt

Erinevad suurtähed A, B ja C tähistavad marinaadide vahelist statistilist erinevust ($p < 0,05$) marineerimispäeva siseselt (tulp).

Erinevad väiketähed a, b ja c tähistavad marineerimisaegade vahelist statistilist olulisust ($p < 0,05$) marinaadidesiseselt töötlemisviisiti (rida).

Kuumtöötlemata marineeritud sealiha lõikamiseks kulunud koguenergia keskmised väärtused olid 107,23–152,25 mJ vahemikus (tabel 29). Keefirimarinaadis laagerdunud kuumtöötlemata lihaproovide läbilõikamiseks kulus kõige vähem energiat (107,23 mJ) 1. päeval, valge veiniäädikamarinaadiga töödeldud liha puhul kõige rohkem 7. päeval (152,25 mJ).

Kuumtöödeldud marineeritud sealiha proovide läbi lõikamiseks kulunud keskmised koguenergia väärtused olid 192,63–287,78 mJ vahemikus (tabel 29). Kõige vähem kulus energiat sinepi-meemarinaadiga töödeldud lihaproovide läbilõikamiseks (207,93 mJ) ning kõige rohkem õunaäädikamarinaadiga marineeritud liha (287,78 mJ) lõikamiseks (joonis 26). 1. marineerimispäeval näitasid marinaadide vahelist erinevust ($p < 0,05$) õunaäädika- ja valge veiniäädikamarinaadid, samas sarnased olid need kaks marinaadi ($p > 0,05$) 3. ja 7. päeval. Kõikidel marineerimispäevadel käitusid sarnaselt sinepi-mee- ja keefirimarinaad ning teiselt poolt õunaäädika- ja valge veiniäädikamarinaad ($p > 0,05$).



Joonis 26. Sealiha lõikamiseks kulunud koguenergia vähimruutkeskmised ($\pm$ standardviga) sõltuvalt marinaadidest, marineerimisajast ja kuumtöötlustest

Tabel 29. Sealiha lõikamiseks kulunud koguenergia vähimruutkeskmised (mJ) ja standardvead (se) sõltuvalt kasutatud marinaadidest ja kuumtöötlemisviisist erinevatel marineerimispäevadel

Marinaad	Päevad							
	0*	1	3	7	0**	1	3	7
	Kuumtöötlemata				Kuumtöödeldud			
Keefir	84,01	107,23 ^{Aa}	115,90 ^{Aa}	136,50 ^{Aa}	194,25	227,54 ^{ABa}	207,54 ^{Aa}	217,75 ^{Aa}
Sinep	84,01	140,74 ^{Ba}	127,38 ^{Aa}	126,88 ^{Aa}	194,25	213,75 ^{Aa}	192,63 ^{Aa}	217,41 ^{Aa}
Veini	84,01	120,16 ^{ABa}	146,94 ^{Aa}	152,25 ^{Aa}	194,25	242,28 ^{Aa}	266,78 ^{Ba}	262,57 ^{ABa}
Öuna	84,01	135,13 ^{ABa}	139,75 ^{Aa}	145,06 ^{Aa}	194,25	275,44 ^{Ba}	287,78 ^{Ba}	278,00 ^{Ba}
se	21,18	21,18	21,18	21,18	24,02	21,18	21,18	21,18

*0. Päev – määratud toore liha lõikamiseks kulunud koguenergia

**0. Päev – määratud marineerimata liha lõikamiseks kulunud koguenergia

Erinevad suurtähed A, B ja C tähistavad marinaadide vahelist statistilist erinevust ($p < 0,05$) marineerimispäeva siseselt (tulp).

Erinevad väiketähed a, b ja c tähistavad marineerimisaegade vahelist statistilist olulisust ($p < 0,05$) marinaadidesiseselt töötlemisviisiti (rida).

4. JÄRELDUSED JA ETTEPANEKUD

- Ettevõtetel on võimalus valida töös käsitletud marinaadide seast selliseid, mis vähendavad massikadu ning pehmendavad liha tekstuuri.
- Magistritöös läbiviidud uuringu tulemused näitasid, et sinepi-mee- ja keefirimarinaadidega töödeldud lihal oli madalam massikadu ning pH-näitaja, võrreldes teiste kasutatud happeliste marinaadidega.
- Kuumtöödeldud sinepi-meemarinaadiga töödeldud sealihal mõõdetud elektrijuhtivus oli suurem, mis viitab selle suuremale vaba vee kogusele lihas ning seetõttu on see mahlasem, mis on tarbijate seisukohast eelistatum.
- Tekstuuriparametritest oli kuumtöödeldud sinepi-mee- ja keefirimarinaadiga marineeritud lihaproovide läbilõikamiseks rakendatud löikejõud väiksem, mis viitab õrnemale lihale ja mis on samuti tarbijatele oluline näitaja.
- Kokkuvõtteks osutus parimaks marinaadiks sinepi-meemarinaad, mis sobib nii tootjatele kui tarbijatele. Selle marinaadiga töödeldud küpsetatud lihal oli väikseim massikadu ning suurem elektrijuhtivus, mille põhjal võib öelda, et liha oli mahlasem ja tekstuurilt pehmem, kui teised happeliste marinaadidega töödeldud lihaproovid. See marinaad andis termilisel töötlemisel lihale tumedaima tooni.
- Kuna lihavalmististe (grill-lihad, šašlõkid, toorvorstid jne) tootmismahud suurenevad (eriti sesoonselt) ja Eesti tarbija ootab lisaväärtusega lihatooteid, tuleks sellelaadset uurimust tulevikus jätkata, täiendades seda liha sensoorsete omaduste ning toodete säilivuse määramisega.

5. KOKKUVÕTE

Magistritöö eesmärkideks oli happelise keskkonnaga marinaadide ja marineerimisaja mõju uurimine liha kvaliteediparameetritele ja tehnoloogilistele näitajatele.

Katsematerjalina kasutati nelja jahutatud searümba selja pikimat lihast (*Longissimus thoracis*). Sealiha laagerdati happeliste marinaadidega, milleks olid sinepi-mee-, õunaädika-, valge veiniädika- ja keefirimarinaadid. Määratavateks parameetriteks olid liha pH-väärtus, elektrijuhtivus, värvus, marineerimiskadu, kuumtöötlemisjärgne massikadu ja tekstuuri näitajad. Andmebaasid loodi, esmased statistilised analüüsid teostati ja joonised konstrueeriti tabel-arvutussüsteemis MS Excel 2013, modelleerimine viidi läbi statistika-paketis SAS 9.4.

Sinepi-mee-, valge veiniädika- ja õunaädikamarinaadiga töötlemisel olid **toore** liha massikad 7. päeval oluliselt suuremad kui 1. marineerimispäeval ($p < 0,05$). Keefirimarinaadi puhul sellist erinevust ei täheldatud, lihamass jäi kogu marineerimisperioodi jooksul stabiilseks ($p > 0,05$). Kõige kõrgem massikadu esines lihal, mida marineeriti õunaädikamarinaadiga, kus 7. päevaks oli massikadu tõusnud 8,70%-ni.

Kuumtöödeldud proovidest kaotas marineerimisperioodil kõige vähem oma massist sinepi-meemarinaadiga töödeldud liha (29,84–31,14%), kõrgeimad tulemused olid valge veiniädikamarinaadiga marineeritud lihal (39,23–43,51%).

Lihal, mida marineeriti õunaädika- ja valge veiniädikamarinaadiga, muutus pH-väärtus enam happelisuse suunas, võrreldes teiste marinaadidega, nende lõplikud pH-väärtused olid vastavalt 4,80 ja 4,89. 7. marineerimispäeval jäid liha pH-väärtused sinepi-mee- (5,31) ja keefirimarinaadiga (5,42) töödeldud lihal algse näiduga (5,39) sarnasele tasemele ($p > 0,05$). Õunaädika- ja valge veiniädikamarinaadidega töödeldud lihas toimus märgatav pH langus pärast 3. marineerimispäeva ($p < 0,05$).

Võrreldes toore lihaga muutsid õunaädika- ja valge veiniädikamarinaadid liha heledamaks, sinepi-meemarinaad tumedamaks ning keefirimarinaad ei avaldanud olulist mõju liha värvusele.

Sealiha heledus „L“ määrati aparaadiga Minolta Chromameter CR 400 (skaala mustast valgeni 0–100).

Kõige enam mõjutas **toore** liha heledust 7. päevaks selle töötlemine õunaäädika- (68,64 nm) ja valge veiniäädikamarinaadiga (67,69 nm), muutes seda liha algsest näitajast oluliselt heledamaks vastavalt 51,65 ja 52,20 nm.

Kõikidel marinaadidel puudus mõju **kuumtöödeldud** lihaproovide heleduse näitajale (L^*) kogu laagerdusperioodi kestel ($p > 0,05$). Sarnaselt kuumtöötlemata lihale, muutus keefirimarinaadiga marineeritud lihaproov pärast kuumtöötlemist katse lõpuks algsest toonist heledamaks (L^* vastavalt 51,09 ja 75,89 nm). Kuumtöödeldud õunaäädika- ja valge veiniäädikamarinaadiga töödeldud lihaproovide heleduskomponendi L^* -väärtused olid 7. päeval sarnased, vastavalt 70,48 ja 70,44 nm. Kuumtöödeldud proovidest erines märgatavalt keefirimarinaadiga töödeldud liha võrreldes teiste marineeritud lihaproovidega kogu laagerdusperioodil ($p < 0,05$).

Kuumtöödeldud ja töötlemata lihaproovide punakas värvus vähenes oluliselt võrreldes algsete näitajatega. **Toorestele** lihaproovidele avaldas suurimat mõju sinepi-meemarinaad, mille a-näitaja vähenes algsest 5,73 nm väärtusest 3. päevaks 0,93 nm-ni. Kõige vähem avaldas näitajale mõju keefirimarinaad, mille tulemusel langes see 7. päevaks 2,01 nm-ni võrreldes proovitüki algse väärtusega (5,52 nm).

Samas **kuumtöödeldud** proovidel mõjutas värvuskomponenti a enim keefirimarinaadiga marineeritud liha punakat värvitooni, kus algne näitaja 5,53 nm vähenes 1,63 nm-ni. Kasutatud happelistest marinaadidest kõige vähem muutis kuumtöödeldud proovide a-väärtust valge veiniäädikamarinaad, muutudes katsealguse väärtusest 2,95 nm katse lõpuks 2,62 nm-ni.

Kõige rohkem mõjutas kasutatud marinaadidest nii kuumtöödeldud kui töötlemata proovide värvuskomponenti b (kollakas värvitoon) sinepi-meemarinaad. Kuumtöötlemata sinepi-meemarinaadiga laagerdatud liha b-väärtus tõusis 1. päeva 10,30 nm-st 7. päevaks 11,67 nm-ni. Kuumtöödeldud sinepi-meemarinaadiga töödeldud liha b-väärtus suurenes 1.päevast 16,41 nm 7. päevaks 17,04 nm-ni.

Kuumtöötlemata proovidest sarnanesid omavahel valge veiniäädika- ja õunaäädikamarinaadiga marineeritud liha b-väärtused ($p > 0,05$). Kõige vähem mõjutas seda värvuskomponenti liha töötlemine keefirimarinaadiga, kus algne näit oli 4,20 nm ning 7. päeval oli tulemus tõusnud 6,47 ning pärast kuumtöötlemist 11,12 nm-ni. Marineerimis-päevadesiseselt sarnanesid 1. ja 7. päeval õunaäädika- ja valge veiniäädikamarinaadiga

töödeldud lihaproovid ($p > 0,05$), samas neil päevadel erinesid statistiliselt oluliselt üksteisest keefiri- ja sinepi-meemarinaadis laagerdunud liha b-väärtused ($p < 0,05$).

Kuumtöödeldud lihaproovidest erines b-väärtus 1. ja 3. marineerimispäeval sinepi-meemarinaadiga töödeldud liha teiste marinaadidega laagerdatud proovidest ($p < 0,05$). Marinaadidesiseselt ei esinenud kogu marineerimisperioodi jooksul statistiliselt olulisi erinevusi liha b-väärtuse osas ($p > 0,05$).

Madalaim keskmine elektrijuhtivus oli toorel lihal, mida marineeriti keefirmarinaadiga (9,53 mS/cm) ning kõrgeim sinepi-meemarinaadiga töödeldud lihal (12,34 mS/cm). Kuumtöötlemata marinaadidevahelised üksikute päevade lõikes toimunud muutused liha elektrijuhtivuse osas ei olnud statistiliselt olulised ($p > 0,05$).

Sealiha elektrijuhtivuse madalaim näitaja pärast marineerimist ja **kuumtöötlemist** oli keefirmarinaadiga marineeritud lihal (6,03 mS/cm) ning kõrgeim sinepi-meemarinaadiga töödeldud lihaproovil (9,50 mS/cm). Kuumtöödeldud lihaproovidest sarnanesid 1. marineerimispäeval elektrijuhtivuse poolest keefiri-, õunaäädika- ja valge veiniäädikamarinaadidega töödeldud liha ($p > 0,05$).

Kuumtöötlemata lihaproovide energiakulu lõikepunktini jäi 63,97–95,34 mJ vahemikku. Väikseim energiakulu lõikepunktini oli keefirmarinaadiga töödeldud proovil (63,97 mJ) ning suurim valge veiniäädikamarinaadiga laagerdatud lihal (95,34 mJ).

Kuumtöödeldud marineeritud sealiha proovide energiakulu lõikepunktini keskmised näitajad olid 93,55–133,91 mJ vahemikus. Väikseimad tulemused saadi sinepi-meemarinaadiga marineeritud sealiha proovide analüüsimisel (93,55 mJ) ning suuremad õunaäädikamarinaadiga töödeldud lihal (133,91 mJ). Marinaadidesiseselt ei erinenud energiakulu lõikepunktini kogu katseperioodi kestel statistiliselt oluliselt ($p > 0,05$).

Nelja erineva happelise marinaadiga töödeldud sealiha keskmised lõikepunktide väärtused olid 13,80–19,61 N. **Kuumtöötlemata** lihaproovide lõikepunktid sarnanesid marineerimispäevadesiseselt nii 3. kui 7. päeval ($p > 0,05$). Vaadeldes kuumtöötlemata proovide näitajaid päevade lõikes, muutus valge veiniäädikamarinaadiga marineeritud liha sitkemaks (19,61 N) ja sinepi-meemarinaadiga töödeldult pehmemaks (16,52 N).

Kuumtöödeldud marineeritud sealiha keskmiste lõikepunktide väärtused jäid 27,75–38,39 N vahemikku. Kuumtöödeldud lihaproovidest näitasid üksikute päevade lõikes

sarnaseid tulemusi keefiri- ja sinepi-meemarinaad ning õunaäädika- ja valge veiniäädikamarinaad 1. ja 7. marineerimispäeval ($p > 0,05$).

Magistritöös läbiviidud uuringu tulemused näitasid, et sinepi-mee- ja keefirmarinaadidega töödeldud lihal oli madalam massikadu ning pH-näitaja, võrreldes teiste kasutatud happeliste marinaadidega.

Kokkuvõtteks osutus parimaks marinaadiks sinepi-meemarinaad, mis sobib nii tootjatele kui tarbijatele. Selle marinaadiga töödeldud küpsetatud lihal oli väikseim massikadu ning suurem elektrijuhtivus, mille põhjal võib öelda, et liha oli mahlasem ja tekstuurilt pehmem kui teised happeliste marinaadidega töödeldud lihaproovid. See marinaad andis termilisel töötlemisel lihale tumedaima tooni.

Kuna lihavalmististe (grill-lihad, šašlõkid, toorvorstid jne) toomismahud suurenevad (eriti sesoonselt) ja Eesti tarbija ootab lisaväärtusega lihatooteid, tuleks sellelaadset uurimust tulevikus jätkata, täiendades seda liha sensorsete omaduste ning toodete säilivuse määramisega.

6. KASUTATUD KIRJANDUS

- Aaslyng, M. D., Bejerholm, C., Ertbjerg, P., Bertram, H. C., Andersen, H. J.** (2003). Cooking loss and juiciness of pork in relation to raw meat quality and cooking procedure. – *Food Quality and Preference*, Vol. 14, pp. 277–288.
- 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*, Vol. 18, pp. 11–20.
- Aktaş, N., Aksu, M. I., Kaya, M.** (2003). The effect of organic acid marination on tenderness, cookingloss, and bound water content of beef. - *Journal of Muscle Foods*, Vol. 14, pp. 181–194.
- Alvarado, C., McKee, S.** (2007). Marination to Improve Functional Properties and Safety of Poultry Meat – *The Journal of Applied Poultry Research*, Vol. 16, No. 1, pp. 113–120.
- AMSA.** (2012). Meat Color Measurement Guidelines. American Meat Science Association Champaign, Illinois USA. 136 pp.
- Ashie, I. N. A., Sorensen, T. L., Nielsen, P. M.** (2002). Effects of Papain and a Microbial Enzyme on Meat Proteins and Beef Tenderness – *Journal of Food Science* Vol. 67, No. 6, pp. 2138–2142.
- Barbanti, D., Pasquini, M.** (2005). Influence of cooking conditions on cooking loss and tenderness of raw and marinated chicken breast meat. – *LWT - Food Science and Technology*, Vol. 38, No. 8, pp. 895–901.
- Björkroth, J.** (2005). Microbiological ecology of marinated meat products. – *Meat Science* Vol. 70, No. 3, pp. 477–480.
- Boles, J. A., Pegg, R.** (2001). Meat color. Montana State University and Saskatchewan Food Product Innovation Program University of Saskatchewan 4 pp.
- Brewer, S.** (2010). Technological quality of meat for processing. – *Handbook of meat processing* / Ed. F. Toldrá. First edition. USA. Blackwell Publishing, pp. 25–42.
- Burke, R. M., Monahan, F. J.** (2003). The tenderisation of shin beef using a citrus juice marinade. – *Meat Science*, Vol. 63, No. 2, pp. 161–168.
- Cao, Y., Gu, W., Zhang, J., Chu, Y., Ye, X., Hu, Y., Chen, J.** (2013). Effects of chitosan, aqueous extract of ginger, onion and garlic on quality and shelf life of stewed-pork during refrigerated storage. – *Food Chemistry*, Vol. 141, pp. 1655–1660.

- Castigliego, L., Armani, A., Guidi, A.** (2012). Meat Color. – Handbook of meat and meat processing. / Ed. Y. H. Hui. Second edition. USA. CRC Press, pp. 81–106.
- Chang, H.-J., Wang, Q., Zhou, G.-H., Xu, X.-L., Li, C.-B.** (2010). Influence of weak organic acids and sodium chloride marination on characteristics of connective tissue collagen and textural properties of beef *semitendinosus muscle*. – Journal of Texture Studies, Vol. 41, No. 3, pp. 279–301.
- Desai, B. B.** (2000). Handbook of Nutrition and Diet. Food science and technology (Marcel Dekker). Pp 251. ebrary (10.05.2016)
- EKI.** Dictionary of Foreign words. Eesti Keele Instituut, veebisõnastik [WWW] <http://eki.ee/dict/vsl/index.cgi?Q=gl%C3%BCkosiid> (11.05.2016)
- Euroopa Komisjon.** (2014). Millega muudetakse Euroopa Parlamendi ja nõukogu määruse (EÜ) nr 1333/2008 II lisa seoses liha toidugruppidega ja teatavate toidu lisaainetega lihavalmististes. Euroopa Komisjoni määrus (EL) nr. 601/2014. [WWW] <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R0601&from=ET> (10.05.2016)
- Euroopa Parlament ja nõukogu.** (2004). Loomset päritolu toidu hügieeni erireeglid. I lisa. Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrus (EÜ) nr. 853/2004. [WWW] http://www.lrs.ee/files/EL%20maarus%20853_2004.pdf (11.05.2016)
- Euroopa Parlament ja nõukogu.** (2008). Toidu lisaainetes, toiduensüümide ning toidu lõhna- ja maitseainete lubade andmise ühtne menetlus. Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrus (EÜ) nr. 1333/2008. [WWW] <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008R1331&from=ET> (11.05.2016)
- FAO** (2014). Meat Quality. Food and Agriculture Organisation of the United Nations. [WWW] http://www.fao.org/ag/againfo/themes/en/meat/quality_meat.html (11.05.2016)
- FAO.** Methods of processing and preservation of meat. Agriculture and Consumer Protection. Food and Agriculture Organisation of the United Nations. [WWW] <http://www.fao.org/docrep/t0562e/t0562e03.htm> (11.05.2016)
- Fernández-López, J., Zhi, N., Aleson-Carbonell, L., Pérez-Alvarez, J. A., Kuri, V.** (2005). Antioxidant and antibacterial activities of natural extracts: application in beef meatballs. Meat Science, Vol. 69, pp. 371–380.
- Girnth-Diamba, C., Lunden, K., Thomsen, H., Unger, L., Thøstrup, L., Frost, M. B., Sørensen, L. B., Kielsgaard, M.** (2007). The raw and the cooked. How changes in

protein structure cause meat to change colour when it is cooked. NCBE, University of Reading. 5 pp.

Grajales-Lagunes, A., Rivera-Bautista C., Ruiz-Cabrera, M., González-Garcia, R., Ramirez-Télles, J., Abud-Archila M. (2012). Effect of lactic acid on the meat quality properties and the taste of pork *Serratus ventralis* muscle. *Agricultural and Food Science* Vol 21, No 2, pp. 171–181.

Greaser, M. L., Guo, W. (2012). Postmortem muscle Chemistry. - Handbook of meat and meat processing. / Ed. Y. H. Hui. Second edition. USA. CRC Press, pp. 63–78.

Hanzelková, Š., Simeonovová, J., Hampel, D., Dufek, A., Šubrt, J. (2011). The effect of breed, sex and aging time on tenderness of beef meat. – *Acta Veterinaria Brno* 80, pp. 191–196.

Heinz, G., Hautzinger, P. (2007). Meat Processing technology for small to meedium scale producers. Food and agriculture organization of the united nations regional Office for Asia and the Pascific. 50 pp.

Hinkel, J. B. (2010). Acid marination for tenderness enhancement of beef bottom round. – Theses and Dissertations in Animal Science. Paper 12. For the Degree of Master of Science. 75 pp.

Honey processing. (2006). Practical Action, The Schumacher Certre for Technology and Development. 5 pp.

Honey. (2005). A reference guide to nature's sweetener. National honey board. 8 pp.

Huff-Lonergan, E. (2010^a). Water-Holding Capacity of Fresh Meat. National Pork Board/ American Meat Science Association Fact Sheet. 8 pp.

Huff-Lonergan, E. (2010^b). Chemistry and biochemistry of meat. – Handbook of meat processing / Ed. F. Toldrá. First edition. USA. Blackwell Publishing, pp 5 – 24.

Huff-Lonergan, E., Lonergan, S. M. (2005). Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural hanges. – *Meat Science* Vol. 71, No. 1, pp. 194–204.

Ingenieurbüro R. Matthäus. 2011^a. Scan Star CPU device. User manual. 5 pp.

Ingenieurbüro R. Matthäus. 2011^b. Opto Star device. User manual. 20 pp.

Joo, S. T., Kim, G. D., Hwang, Y. H., Ryu, Y. C. (2013). Control of fresh meat quality through manipulation of muscle fiber characteristics. – *Meat Science*, Vol. 95, No 4, pp. 828–836.

- Juárez, M., Aldai, N., López-Campos, O., Dugan, M. E. R., Uttaro, B., Aalhus, J. L.** (2012). Beef Texture and Juiciness. – Handbook of meat and meat processing. / Ed. Y. H. Hui. Second edition. USA. CRC Press, pp. 139–159.
- Karwowska, M., Dolatowski, Z. J.** (2013). Antioxidant Effects of Ground Mustard Seed in Model Sausage Type Product. - Food Sci. Technol. Res. 19, No 1, pp. 23–28.
- Kauffman, R. G.** (2012). Meat Composition – Handbook of meat and meat processing. / Ed. Y. H. Hui. Second edition. USA. CRC Press, pp. 45–61.
- Khan, M. I., Arshad, M. S., Anjum, F. M., Aneeq-ur-Rehman, A. S., Gill, W. T.** (2011). Meat as a functional food with special reference to probiotic sausages. - Food Research International, Vol. 44, No. 25, pp. 3125–3133.
- Kim, Y. J., Jin, S. K., Park, W. Y., Kim, B. W., Joo, S. T., Yang, H. S.** (2009). The effect of garlic or onion marinade on the lipid oxidation and meat quality of pork during cold storage. - Journal of Food Quality, Vol. 33, pp. 171–185.
- Kokassaar, U.** (1998) Vein + bakterid + hapnik = ÄÄDIKAS. – Eesti loodus. Nr. 8, lk 370.
- Kokassaar, U.** (1999). Kitiini mitu rolli. – Eesti loodus, Nr 8, lk 318.
- Kong, B., Zhang, H., Xiong, Y. L.** (2010). Antioxidant activity of spice extracts in a liposome system and in cooked pork patties and the possible mode of action. - Meat Science, Vol. 85, pp. 772–778.
- Konica Minolta** (2007). Precise color communication. Instruction Manual. 59 pp.
- Laikoja, K., Elias, P., Püssa, T., Elias, A.** (2012). XXI sajandil vanast heast keefirist. Tervislik toit. Toimetanud La Pub, lk 20–26. (E-raamat).
- Lawrence, T. E., Dikeman, M. E., Hunt, M. C., Kastner, C. L., Johnson, D. E.** (2003^b). Staged injection marination with calcium lactate, phosphate and salt may improve beef water-binding ability and palatability traits. - Meat Science, Vol. 65, pp. 967–972.
- Lawrence, T. E., Dikeman, M. E., Stephens, J. W., Obuz, E., Davis, J. R.** (2003^a). In situ investigation of the calcium-induced proteolytic and saltingin mechanisms causing tenderization in calcium-enhanced muscle. - Meat Science, Vol. 66, pp. 69–75.
- Leming, R., Lember, A., Kukk, T.** (2004). Erinevate glükosinolaatide sisaldus Eestis toodetud rapsiseemnetes ja –koogis. Agraarteadus 2004, XV, 1, lk 22–27.

- Lin, L., Allemekinders, H., Dansby, A., Campbell, L., Durance-Tod, S., Berger, A., Jones, JH. P.** (2013). Evidence of health benefits of canola oil. *Nutrition review* 6. pp 370–385.
- Maailma toiduainete entsüklopeedia.** (2006). Tallinn: TEA Kirjastus. Toim. R. Lõhmus. 687 lk.
- Maddock, R.** (2012). Meat and meat products. - Handbook of meat and meat processing. / Ed. Y. H. Hui. Second edition. USA. CRC Press, pp. 591–603.
- Miller, M.** (2007). Dark, Firm and Dry Beef. Beef facts. Products enhancement. National Cattlemen's Beef Association. 4 pp.
- Mudalal, S., Petracci, M., Tappi, S., Rocculi, P., Cavani, C.** (2014). Comparison between the quality traits of phosphate and bicarbonate-marinated chicken breast fillets cooked under different heat treatments. - *Food and Nutrition Sciences*, Vol. 5, pp. 35–44.
- Nahkur, E.** (2004). Tapaloomade liikumiselundkond ja rümpade tükeldusskeemid. Tagajäseme lihased. Tartu: Halo Kirjastus. 99 lk.
- NRC.** (1998). Nutrient Requirements of Swine. 10th Revised Edition. National Research Council. 212 pp.
- Pérez-Juan, M., Kondjoyan, A., Picouet, P., Realini, C. E.** (2012). Effect of marination and microwave heating on the quality of *Semimembranosus* and *Semitendinosus* muscles from Friesian mature cows. – *Meat Science*, Vol. 92, pp. 107–114.
- Prado, M. R., Blandón, L. M., Vandenberghe, L. P. S., Rodrigues, C., Castro, G. R., Thomaz-Soccol, V., Soccoll, C. R.** (2015). Milk kefir: composition, microbial cultures, biological activities, and related products. – *Frontiers in Microbiology*, Vol. 6, pp. 1–10.
- Pöldvere, A., Tänavots, A.** (2012). Liha kvaliteet ja selle määramise meetodid. Konverentsi “Terve loom ja tervislik toit 2012” kogumik. EMÜ veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituut. Tartu, lk 55–62.
- Püssa, T.** (2014). Liha oksüdatsiooni mehhanismid ning mõju toodete ohutusele ja kvaliteedile. – *Agraarteadus*, Vol. 1, No. 25, lk. 39–47.
- Raudnask, J.** (2015). Tervislikud õlid ja äädikad. Teejuht põnevate maitsete maailma. Tallinn: Kirjastus Varrak, 240 lk.
- Rei, M.** (1999). Lihatehnoloogia teaduslikud alused. Kõide nr. 3. Tartu: OÜ Vali Press trükikoda. 312 lk.

- Rei, M.** (2004). Lihatehnoloogia teaduslikud alused. Kõide nr. 4. Tartu: OÜ Halo Kirjastus. 234 lk.
- Savell, J., Miller, R., Wheeler, T., Koohmaraie, M., Shackelford, S., Morgan, B., Calkins, C., Miller, M., Dikeman, M., McKeith, F., Dolezal, G., Henning, B., Busboom, J., West, R., Parrish, F., Williams, S.** (2013). Standardized WarnerBrazler Shear Force Procedure for Genetic Evaluation [WWW] <http://meat.tamu.edu/research/shear-force-standards/> (01.05.2016).
- Sheard, P. R., Tali, A.** (2004). Injection of salt, tripolyphosphate and bicarbonate marinade solutions to improve the yield and tenderness of cooked pork loin. – Meat Science, Vol. 68, pp. 305–311.
- Soosaar, P., Rei, M.** (1996). Lihatoodete valmistamise tehnoloogia: 70 retsepti ja valmistamisviisi Saksa firma „Indasia Gewürzwerk GmbH“ maitse- ja lisaainetega. Eesti Loomaarstide ühingu kirjastus. Tartu: 126 lk.
- Stable Micro System Ltd.** 2011. TA.XTplus. Getting started guide, 134 pp.
- Zhang, H., Kong, B., Xiong, Y. L. Sun, X.** (2009). Antimicrobial activities of spice extracts against pathogenic and spoilage bacteria in modified atmosphere packaged fresh pork and vacuum packaged ham slices stored at 4 °C. - Meat Science, Vol. 81, No. 4, pp. 686–692.
- Żochowska-Kujawska, J., Lachowicz, K., Sobczak, M.** (2012). Effects of fibre type and kefir, wine lemon, and pineapple marinades on texture and sensory properties of wild boar and deer longissimus muscle. - Meat Science, Vol. 92, No. 4, pp. 675–680.
- Tepper, M., Lüdikainen, K., Luht, K., Soidla, R., Kerner, K.** (2013). Lihatehnoloogia praktilised tööd. 262 lk.
- Testo AG.** (2006). Testo 205 pH/temperature Measuring Instrument. Instruction Manual. Lenzkirch. 14 pp.
- Thomas, J., Kuruvilla, K. M., Hrideek, T. K.** (2012). Mustard. - Handbook of Herbs and Spices /Ed. K. V. Peter. Second Edition. England, Woodhead Publishing, Vol 1, pp. 388–398.
- Tobreluts, E., Ilves, H., Virkus, L.** (2004). Liharaamat. Tallinn: Ajakirjade Kirjastus, 207 lk.
- Tornberg, E.** (1999). Biophysical aspects of meat tenderness. (Abstract) - Meat Science, Vol. 43, No. 1. [WWW] <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174096000642> (16.05.2016)

- Tornberg, E.** (2005). Effects of heat on meat proteins – Implications on structure and quality of meat products. – Meat Science, Vol. 70, No. 3, pp. 493–508.
- Torp, J.** (2014). Põdraliha koostis ja kvaliteet sõltuvalt loomade vanusest. (Bakalaureuse-töö). Eesti Maaülikooli veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituut. Toiduteaduse ja toiduainete tehnoloogia osakond. Tartu. 60 lk.
- Tänavots, A., Põldvere, A.** (2014^e). Sigade rümba ja liha kvaliteet. Värvus. http://www.eau.ee/~alo/liha/sealiha/?Sealiha_kvaliteet/Sensoorsed_n%C3%A4itajad/V%C3%A4rvus (11.05.2016)
- Tänavots, A., Põldvere, A.** (2014^a). Liha kvaliteet. Liha pH-väärtus. Õpiobjekt http://www.eau.ee/~alo/liha/kvaliteet/?Tehnoloogilised_n%C3%A4itajad/Liha_pH-v%C3%A4rtus (01.05.2016)
- Tänavots, A., Põldvere, A.** (2014^b). Liha kvaliteet. Liha veesiduvus. Õpiobjekt http://www.eau.ee/~alo/liha/kvaliteet/?Tehnoloogilised_n%C3%A4itajad/Liha_veesiduvus (01.05.2016)
- Tänavots, A., Põldvere, A.** (2014^c). Liha kvaliteedi määramine. Elektrijuhtivuse määramine. Õpiobjekt http://www.eau.ee/~alo/liha/maaramine/?Elektrijuhtivuse_m%C3%A4ramine (11.05.2016)
- Tänavots, A., Põldvere, A.** (2014^d). Liha kvaliteedi määramine. Värvuse määramine. Õpiobjekt http://www.eau.ee/~alo/liha/maaramine/?V%C3%A4rvuse_m%C3%A4ramine (11.05.2016)
- Wenther, J. B.** (2011). Basics of Meat Science. [WWW] <http://www.nassaufoods.com/index.php?content=basicsofmeatscience> (11.05.2016)
- Wicke, M. ja von Lengerken, G.** (2006). B. Loomade jõudluse bioloogilised alused. B1. Koe struktuur ja funktsioon. Raamat: Loomakasvatus. Toimetajad: von Lengerken, G., Ellendorff, F. ja von Lengerken, J. Eugen Ulmer GmbH & Co. Germany. Lk 18–27.
- Vinegar Institute, The.** (2016). White Wine Vinegar. [WWW] <http://versatilevinegar.org/vinegar-lore/> (11.05.2016)
- Vlahova-Vangelova, D., Dragoev, S.** (2014). Marination: effect on meat safety and human health. A review. - Bulgarian Journal of Agricultural Science, Vol. 20, No. 3, pp. 503–509.
- Woods, L. F. J., Church, P. N.** (1999). Strategies for extending the Shelf-life of poultry meat and products. Poultry Meat Science
- Väike entsüklopeedia 2002.** (2001). Eesti entsüklopeediakirjastus peatoimetaja Raul Kilgas. s.v. glükosiid lk 311.

- Vürtsileksikon.** (2003). Kirjastus Maalehe Raamat. Trükitud Slovart Print (Slovakkia). Toim. S. Siim, 301 lk.
- Xiong, Y. L.** (2005). Role of myofibrillar proteins in water-binding in brine-enhanced meats. – Food Research International, Vol. 38, No. 3, pp. 281–287.
- Xiong, Y. L.** (2012). Nonmeat Ingredients and Additives. - Handbook of meat and meat processing. / Ed. Y. H. Hui. Second edition. USA. CRC Press, pp. 573–587.
- Young, O. A., Frost, D. A., Agnew, M.** (2012). Analytical methods for meat and meat products. – Handbook of meat and meat processing. / Ed. Y. H. Hui. Second edition. USA. CRC Press, pp. 139–159.
- Yusop, S. M., O’Sullivan, M. G., Kerry, J. F., Kerry, J. P.** (2010). Effect of marinating time and low pH on marinade performance and sensory acceptability of poultry meat. – Meat Science, Vol. 85, No. 4, pp. 657–663.
- Yusop, S. M., O’Sullivan, M. G., Kerry, J. P.** (2011). Marinating and enhancement of the nutritional content of processed meat products – Processed Meats: Improving Safety, Nutrition and Quality / Ed. J. P. Kerry and J. F. Kerry. First edition. UK. Woodhead Publishing, pp. 421–449.

THE EFFECT OF ACIDIC MARINADES TO THE QUALITY PARAMETERS OF PORK

Summary

The aim of this master's thesis was to investigate the influence of acidic marinades and the time of the marinating to the quality of meat and technological parameters.

The longest muscle of the back (*Longissimus thoracis*) of four cooled pork were used as a sample material. The meat was aged with acidic marinades, which were mustard-honey, apple vinegar, white wine vinegar and kefir marinades. The determining parameters were the pH-value of meat, electroconductivity, colour, the loss of marinating, the loss in mass after heat processing and textural parameters. The databases were created and the primary statistical analyses were carried out in a spreadsheet MS Excel 2013; the modelling was conducted in a statistics package SAS 9.4.

When processing with mustard-honey, white wine vinegar and apple vinegar the losses in mass of **raw** meat were significantly higher on 7th day than on 1st day of marinating ($p < 0,05$). Such a difference was not observed with kefir marinade; the mass of meat was stable throughout the whole marinating period ($p < 0,05$). The highest loss in mass was observed when marinating with apple vinegar marinade, where the loss in mass had risen up to 8,70% by 7th day.

The smallest loss in mass in **heat processed** samples was for the meat processed with mustard-honey marinade (29,84–31,14%), the meat processed with white wine vinegar had the highest results (39,23–43,51%).

The pH of the meat, which was processed with apple vinegar and white wine vinegar marinade shifted towards acidic in comparison to other marinades, their final pH-values were 4,80 and 4,89 respectively. On the 7th day of marinating the pH values of mustard-honey marinade (5,31) and kefir marinade (5,42) remained on a similar level with the initial pH value (5,39) ($p > 0,05$). There was a considerable drop in the pH value of meat processed with apple vinegar and white wine vinegar after the 3rd marinating day ($p < 0,05$).

Apple vinegar and white wine vinegar marinades altered the colour of the meat lighter when compared to the raw meat, mustard-honey marinade made the meat darker and kefir marinade had no significant effect on the colour of the meat.

The lightness of pork “L” was determined by the apparatus Minolta Chromameter CR 400 (scale from black to white 0–100).

The lightness of **raw** meat was influenced the most by 7th day when processing with apple vinegar (68,64 nm) and with white wine vinegar (67,69 nm), which changed the lightness of meat significantly brighter, 51,65 and 52,20 nm respectively.

None of the marinades had influence on the lightness of the **heat processed** meat samples (L^*) throughout the whole ageing period ($p > 0,05$). Similarly to the not heat processed meat, the meat sample processed with kefir marinade turned lighter from the initial shade after processing with heat (L^* 51,09 and 75,89 nm respectively). The lightness component L^* -values of heat processed meat marinated with apple vinegar and white wine vinegar were similar on the 7th day, 70,48 and 70,44 nm respectively. Of heat processed samples the meat processed with kefir marinade was significantly different throughout the whole ageing period in comparison with other marinated meat samples ($p < 0,05$).

The red colour of heat processed and not processed samples decreased significantly when compared to the initial values. Mustard-honey marinade had the most influence on **raw** meat samples, which a-value decreased from the initial value of 5,73 nm to 0,93 nm by the 3rd day. Kefir marinade had the least influence on the value, resulting in the decrease to 2,01 by the 7th day when compared to the initial value of the sample (5,52 nm).

On the other hand, the colour component a of **the heat processed** samples was influenced the most for the redness of the sample marinated with kefir marinade, where the initial value of 5,53 nm dropped to 1,63 nm. Of the acidic marinades used white wine marinade altered the a-value of the heat processed samples the least, changing from the value of 2,95 nm in the beginning of the experiment to 2,62 nm by the end of the experiment.

Of the marinades used mustard-honey marinade had the most influence on the colour component b (yellowness) for the heat processed and not heat processed samples. The b-value of not heat processed meat aged in mustard-honey marinade rose from 10,30 nm on

day 1 to 11,67 nm by day 7. The b-value of heat processed meat marinated with mustard-honey marinade increased from 16,41 nm on day 1 to 17,04 nm on day 7.

Of **not heat processed** samples were the b-values of meat marinated with white wine vinegar and apple vinegar marinade similar to each other ($p > 0,05$). Processing meat with kefir marinade had the least influence on this colour component, where the initial value was 4,20 nm, by day 7 it had increased to 6,47 and after heat processing to 11,12 nm. Within the marinating days the meat samples processed with apple vinegar and white wine vinegar were similar on the days 1 and 7 ($p > 0,05$), whereas the b-values on these days for the meat aged in kefir and mustard-honey marinade were statistically significantly different from each other ($p < 0,05$).

Of the **heat processed** meat samples was the b-value on 1st and 3rd day of marinating for meat processed with mustard-honey marinade different from the samples aged in other marinades ($p < 0,05$). Within the marinades there were no statistically significant differences of the b-value of the meat ($p > 0,05$).

Raw meat which was marinated with kefir marinade had the lowest average electroconductivity (9,53 mS/cm) and meat processed with mustard-honey marinade had the highest (12,34 mS/cm). There were no statistically significant changes in the electroconductivity of the meat for not heat processed meat between the marinades ($p > 0,05$).

The meat marinated with kefir marinade had the lowest electroconductivity value of pork after marinating and **heat processing** (6,03 mS/cm) and the highest was for the meat sample processed with mustard-honey marinade (9,50 mS/cm). Of the heat processed samples the meat processed with kefir, apple vinegar and white wine vinegar marinades had similar electroconductivity on the 1st day of marinating ($p > 0,05$).

Energy consumption until the cutting point of **the not heat processed** meat samples was in the range of 63,97 and 95,34 mJ. The smallest energy consumption until the cutting point was for the sample processed with kefir marinade (63,97 mJ) and the greatest was for the meat aged with white wine vinegar (95,34 mJ).

The average energy consumption until the cutting point for the **heat processed** marinated pork samples was in the range of 93,55 and 133,92 mJ. The pork samples marinated with

mustard-honey marinade gave the smallest results (93,55 mJ) and the meat processed with apple vinegar marinade gave the greatest results (133,91 mJ). Within the marinades there were no statistically significant values of the energy consumption until the cutting point throughout the whole period of experiments ($p > 0,05$).

The average cutting point values for the pork marinated with four different acidic marinades were between 13,80 and 19,61 N. The cutting points for **not heat processed** meat samples were similar within the marinating days on the 3rd and 7th day ($p > 0,05$). When comparing the values of not heat processed meat within the marinating period, the meat marinated with white wine vinegar marinade got tougher (19,61 N) and the meat marinated with mustard-honey marinade got more tender (16,52 N).

The average cutting point values for **heat processed** marinated meat were in the range of 27,75 and 38,39 N. Within the marinating period the heat processed meat samples marinated with kefir and mustard-honey marinade; and apple vinegar and white wine vinegar marinade gave similar results on the 1st and 7th marinating days ($p > 0,05$).

The results of the experiments carried out for the master's thesis showed that the meat processed with mustard-honey and kefir marinades have the lowest loss in mass and pH-value in comparison to the other acidic marinades used.

In conclusion the best marinade turned out to be mustard-honey marinade, which suits for the producers as well as for the consumer. The cooked meat processed with this marinade had the lowest loss in mass, the greatest electroconductivity, based on which it can be concluded that the meat was juicier and had a softer texture than other meat samples processed with acidic marinades. This marinade gave darker colour to the meat during thermic processing.

As the production volumes of the meat products (BBQ meats, shashliks, raw sausages etc) increase (especially seasonally) and Estonian consumer is looking for meat products with extra value, similar research in this field should be continued in this field complementing it with the sensory characteristics of meat and determining the time of preservation for the products.

Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendajate kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Mina, Jaanika Torp
sünniaeg 12.04.1992,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö „Happeliste marinaadide mõju sealiha kvaliteedinäitajatele“, mille juhendajad on Kristiina Veri, Aarne Põldvere ja Alo Tänavots,
 - 1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,
 - 1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja
 - 1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor _____
(allkiri)
Tartu, _____
(kuupäev)

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

(juhendaja nimi ja allkiri) (kuupäev)

(juhendaja nimi ja allkiri) (kuupäev)

(juhendaja nimi ja allkiri) (kuupäev)