

**Kilu (*Sprattus sprattus balticus*) ja räime (*Clupea harengus membras*)  
hakkliha valgendamise ja luude pehmemdamise võimaluste uurimine**

Magistritöö

Üliõpilane: Karl Mattias Ruus

Juhendaja: Rain Kuldjärv

Toidu- Fermentatsioonitehnoloogia Arenduskeskus

Funktsionaalsete toitude ja jookide suunajuht

Õppekava: Toidutehnoloogia ja -arendus

## Autorideklaratsioon

Kinnitan, et olen koostanud antud lõputöö iseseisvalt ning seda ei ole kellegi teise poolt varem kaitsmisele esitatud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on töös viidatud

(Töö autori nimi)

(allkiri ja kuupäev)

Juhendaja: Rain Kuldjärv

Töö vastab magistritööle esitatavatele nõuetele.

(allkiri ja kuupäev)

Kaitsmiskomisjoni esimees:

Lubatud kaitsmisele

.....

(nimi, allkiri, kuupäev)

# SISUKORD

Annotatsioon .....	5
Abstract.....	6
Sissejuhatus.....	7
1. Kirjanduse ülevaade.....	8
1.1.  Kilu ja räime liigikirjeldused .....	8
1.1.1.  Kilu ja räime välistunnused .....	8
1.1.2.  Päritolu ja levik.....	9
1.1.3.  Vanus ja kasv.....	9
1.1.4.  Toitumine ja eluviis .....	9
1.1.5.  Sigimine .....	10
1.2.  Kilu ja räim Eesti vetes .....	10
1.2.1.  Kilu ja räime püük Eestis .....	10
1.3.  Kala tarbimine Eestis.....	11
1.4.  Väikesemõõduliste kalade töötlemise tehnoloogia.....	12
1.4.1.  Kalaliha valgendamine .....	13
1.4.2.  Alternatiivsed töötlusvõimalused .....	14
1.5.  Tervete kalade luude pehmendamine .....	14
1.5.1.  Happe ja aluse töötlus .....	15
2.  Eksperimentaalne osa.....	16
2.1.  Materjalid ja meetodid .....	16
2.1.1.  Töö eesmärk.....	16
2.1.2.  Kalaliha eraldamine separeerimise teel.....	16
2.1.3.  Valgendamine .....	17
2.1.4.  Luude pehmendamine .....	19
2.1.5.  Säilivuskatsed.....	20
2.1.6.  Kalaliha eraldamise tulemused .....	22
2.1.7.  Kalaliha valgendamise tulemused.....	23
2.1.8.  Sobilikuima tehnoloogia rakendamine kahe püügihooaja kaladele .....	29
2.1.9.  Kalaliha separeerimise katsed tööstuskaalal.....	31

2.1.10.	Luude pehmendamise tulemused .....	34
2.1.11.	Luude pehmendamise katsed tööstuskaalal .....	36
2.1.12.	Tööstuskatse säilivuskatsete tulemused.....	40
2.2.	Järeldused .....	47
Kokkuvõte	.....	49
Kasutatud kirjanduse loetelu	.....	50
Lisad	.....	53

## 1. Annotatsioon

Antud magistritöö eesmärk on uurida kilu ja räime täiendavaid väärindamise võimalusi, eesmärgiga toota inimtoiduks sobivaid kõrgema sensoorse kvaliteediga tooteid. Kilu ja räim on Eestis laialt levinud kalad ning neid püütakse suurtes kogustes, kuid probleemiks on kalade madal hind ning töötlemise kulukus. Töö esimene eesmärk on uurida võimalusi, kuidas valgendada kilust ja räimest valmistatud kalaliha hakkmassi selliselt, et selle värvus muutuks heledamaks ning tarbijatele vastuvõetavamaks ning töö teine eesmärk on uurida kilu ja räime rümpade luude pehmemdamise võimalusi. Töö teostati Tartu Ülikooli Eesti mereinstituudi kalanduse teabekeskuse tellimusel ning rahastati Euroopa Merendus- ja Kalandusfondi 2014-2020 poolt.

Töö raames uuriti kirjandusest varem kasutatud kalamassi valgendamise meetodeid ning neid kohandati kilu ja räime töötlemise jaoks. Pleegitamine vesinikperoksiidiga ei andnud piisavalt rahuldavaid tulemusi, samas kui alternatiivsete valgendajate kasutamine ei vastanud visuaalsele kvaliteedile ega majanduslikult tasuvale lahendusele. Titaanoksiidi lisamine saavutas küll rahuldava tulemuse, kuid vahetult peale tööde teostamist keelati selle kasutamine toiduainetes, mis takistab lahenduse rakendamist. Sobilikumaks meetodiks osutus hoopis teiste, heledamate ning kokkuostuhinnalt odavamate kalade hakkmassi lisamine kilu ja räime hakkmassile.

Ka luude pehmemdamisel lähtuti varem tehtud tööde kirjandusest, kuid kilu ja räime väikeste mõõtmete tõttu tuli töötlusrežiimi nendele kaladele kohendada. Luude pehmemdamiseks uuriti soolhappe ja äädikhappega töötlust erinevatel kontsentratsioonidel ja aja jooksul. Äädikhape ei osutunud sobivaks, kuid soolhape näitas positiivseid tulemusi, kuna muutis luud pehemaks ilma liha lagunemiseta. Tööstuskatsetes valiti välja optimaalsed töötlusrežiimid, mis sõltusid kalaliigist ja püügihooajast. Tulemusena saavutati sensoorselt aktsepteeritavad kalatooted ning säilivuskatsete tulemused näitasid piisavat säilivust nii jahutatud kui ka sügavkülmutatud kaladele.

## 2. Abstract

### **Investigating the potential of minced meat whitening and bone softening for European sprat (*Sprattus sprattus balticus*) and Baltic herring (*Clupea harengus membras*)**

The aim of this thesis is to investigate further possibilities for the valorization of European sprat and Baltic herring with the aim of producing products of higher sensory quality suitable for human consumption. European sprat and Baltic herring are widespread fish in Estonia and are caught in large quantities, but the problem so far has been their low price and the cost of processing. The first objective of this work is to investigate ways of whitening the minced meat of sprat and herring so that it becomes lighter in color and more acceptable to consumers, and the second objective is to investigate ways of softening the bones of these fishes. The work was commissioned by the Fisheries Information Centre of the Estonian Marine Institute by the University of Tartu and funded by the European Maritime and Fisheries Fund 2014-2020.

The methods of bleaching fish mince previously used in the literature were investigated and adapted for the processing of sprat and herring. Bleaching with hydrogen peroxide did not provide sufficiently satisfactory results, while the use of alternative bleaching agents did not meet the visual quality and cost-effective solution. The addition of titanium oxide achieved satisfactory results, but its use in foodstuffs was banned soon after the work was carried out, which prevents the solution from being implemented. The addition of other, cheaper and lighter colored fish mince to the mince of sprat and herring proved to be a more suitable method.

The softening of the bones was also based on the literature of previous works, but due to the small size of sprat and herring, the processing regime had to be adapted to these fish. For the softening of bones, treatment with hydrochloric acid and acetic acid at different concentrations and for different time periods was investigated. Acetic acid was not found to be suitable, but hydrochloric acid showed positive results by softening the bones without meat degradation. In the processing trials, optimal treatment regimes were selected, depending on the fish species and the fishing season. The work resulted in sensory acceptable fish products and the results of the shelf-life studies showed sufficient shelf-life for both chilled and frozen fish.

### 3. Sissejuhatus

Kilu ja räim on Läänemeres laialt levinud kalaliigid ning oluliseks tooraineks Eesti kalatööstusele.

Käesoleva töö probleem on kilu ja räime madalast hinnast tingitud vähene kasumlikkus ning eesmärk on neid kalu vääridada, sihiga toota inimtoiduks sobivaid kõrgema sensoorse kvaliteediga tooteid, mis omakorda võimaldaks neid kalaliike suuremas mahus ja uudsete vääridatud toodetena turustada. Esimeseks käsitletavaks teemaks on kilust ja räimest hakkmassi valmistamine ning hiljem selle valgendamine. Valgendamise vajadus tuleneb hakkmassi tumedast värvusest, mis on tarbijatele vastumeelne. Selline töötlus võiks muuta odava tooraine väärtuslikumaks ning aktsepteeritavaks laiemale tarbijaskonnale. Hakkmassi tootmisel tekib kohe järgmine probleem, milleks on mikrobioloogiline saastumine. Töös viiakse läbi vastavad analüüsid, et hinnata hakkmassi tööstuses tootmise riske inimeste tervisele.

Teise teemana käsitletakse kilu ja räime rümpade luude pehendamist. Probleem seisneb selles, et osade tarbijate jaoks on kalade luude söömine ebameeldiv, ent kaladest luude eemaldamine on aga majanduslikult kulukas protsess. Kirjanduse alusel katsetatakse kahe erineva happega luude pehendamist. Happega töötamise puhul tuleb leida optimaalne töötlusrežiim, mille käigus pehmeneks luud, kuid kala liha jääks terviklikuks ning töödeldavaks. Samuti tuleks happega töödeldud kalu aluselisel töödelda, et vältida maitse liiga hapuks muutmist ning peale luude pehendamist kuumtöödelda sobival meetodil. Sellisel meetodil tööstuses toodetud kalade säilivuse kinnitamiseks viiakse läbi säilivuskatsed, mis hõlmab nii jahutatud kui ka sügavkülmutatud kaladele mikrobioloogiliste analüüside tegemist, pakendi gaasikeskkonna kontrolli kui ka sensorset hindamist.

Käesolevat tööd esitleti rahvusvahelisel toidukonverentsil FoodBalt 2023 ingliskeelse posterettekandena.

Antud töö on teostatud Tartu Ülikooli Eesti mereinstituudi Kalanduse teabekeskuse tellimusel, ning rahastati Euroopa Merendus- ja Kalandusfondi 2014-2020 toel.



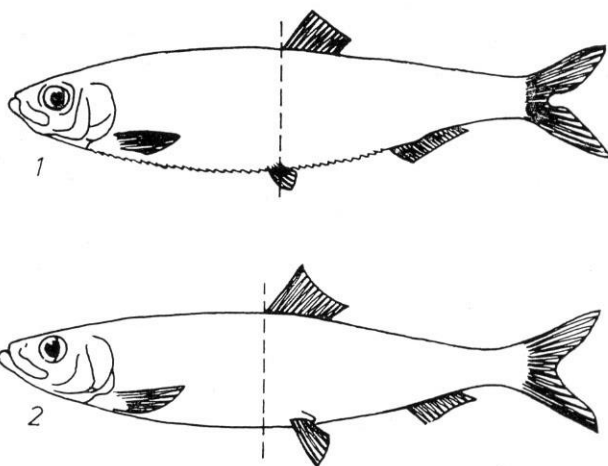
## 4. 1. Kirjanduse ülevaade

### 4.1. Kilu ja räime liigikirjeldused

Kilu (*Sprattus sprattus balticus*) on parvedesse hoiduv Eesti rannaveekala (Veldre, 1986).

Räim (*Clupea harengus membras*) on heeringa kääbustunud Läänemeres elav alamliik, kes elab parvedes (Rannak, 1988).

Nii kilu kui ka räim (Joonis 1) kuuluvad heeringaliste (*Clupeiformes*) seltsi ning heeringlaste (*Clupeidae*) sugukonda. (Mikelsaar, 1984). Heeringalised on selts luukalu, kes elutsevad suurtes parvedes. Suuremal osal liikidel on kõrge majanduslik tähtsus, sest neid püütakse suurpüükidena (Miller, 2006).



Joonis 1. Kilu ja räime eristamine: 1 - kilu; 2 - räim (Veldre, 1986)

#### 4.1.1. Kilu ja räime välistunnused

Räime puhul eristatakse kahte sesoonsset rassi: kevadräim ja sügüsräim (Rannak, 1988).

Räim on kiilukujuline külgedelt lamenenud kala kelle sabauim on tugeva väljalõikega, seljauim on selja keskosas, kõhuuimed asuvad seljauime keskkoha all, kõhuuimed aga kõhu serva ligidal, pärakuuim teistest uimedest märksa madalamal. Pärakuuime alus on lühem ega ulatu nii lähedale sabauimele kui Atlandi heeringal. Tüüpiliselt on räimede küljed ja kõht värvuselt hõbedased, selg aga sinakas-roheline, kusjuures küljejooneelund pole väliselt äratuntav. Räime silmi katab rasvalaug. Räime kiilusoomused ehk kõhu alused soomused on nõrgalt arenenud ja mitte nii teravad kui kilul (Mikelsaar, 1984).

Sügüsräime keha kuju on rohkem käävjas ning pea on madalam ning lühem. Ühtlasi on sügüsräimel väiksemad silmad, väiksem kehakõrgus ja madalam keha esiosa kui kevadräimel. Kevadräime keha on kõrgem ja sellest tulenevalt on ka keha rohkem kiilukujuline. Parimaks teaduslikuks meetodiks kevad- ja sügüsräime eristamisel on otoliitide ehk kuulmekivikeste kuju kalade sisekõrvas (Mikelsaar, 1984).

Kilu on üldkujult sale, seljalt sinakasroheline värvusega, külgedelt hõbedane ning suhteliselt sarnane räimele. Kõhuuimed paiknevad keset selga oleva seljauime algusest veidi ees pool või selle kohal. Sabauim



on tugeva väljalõikega, kõhuuimed asuvad keha alaserva ligidal, silmi kattev rasvalaug on nõrgalt arenenud. Värvuselt on kilul sinakasroheline selg ja hõbedane külg ja kõht, harva leitakse ka kuldseid kilusid (Mikelsaar, 1984).

Lihtsaim meetod eristamaks kilu räimest on kiilusoomused ehk kõhualused soomused, mis on tugevasti arenenud ja erinevalt räimest teravad, need ulatuvad kurgust pärakuuimeni (Mikelsaar, 1984).

#### **4.1.2. Päritolu ja levik**

Atlandi heeringa alamliigina käsitletav läänemere heeringas ehk räim elutseb Läänemeres. Eesti vetes Saaremaa-Ventspils, Väinamere-Hiiumaa kahe Soome lahe ja Riia lahe kevadräime populatsioonina ning Riia lahes, Soome lahes ning avamere sügisräime populatsioonidena. Liigikaaslased on levinud ka Atlandi ja Vaikse ookeanide põhjaosades ning nendega seotud meredes. Juhuslikult võib räim sattuda ka merega ühenduses olevatesse mageveekogudesse, nagu näiteks Daugava jõkke. Soomes ja Rootsis on leitud räimi ka rannikuäärsetest järvedest. Räimed rändavad kudemiseks pikki vahemaid ja üks tuntumaid kohti kuhu kudema minnakse on Väinameri (Mikelsaar, 1984).

*Sprattus sprattus balticus* ehk läänemere kilu on Läänemeres elutsev alamliik keda eristatakse Atlandi ookeani Euroopa rannikul elutsevast kilust. Liigikaaslased elutsevad lisaks Vahemeres ja Mustas meres. (Mikelsaar, 1984).

#### **4.1.3. Vanus ja kasv**

Tavaliselt domineerivad kevadräime saagis 2-4 aastased kalad, suuremad kalad elavad mere kaugemates piirkondades ja rannikualadel väiksemad isendid. Kevadräime maksimaalseks määratud vanuseks on 20 aastat. Sügisräime keskmine vanus välja püüdes on 1-7 aastat, sõltuvalt püügipiirkonnast ning on mõõtudelt üldiselt üsna sarnased kevadräimedele. Vanim määratud sügisräim oli 18 aastat. Mõlema räime tööstuslik alammõõt on 10 cm. Sõltuvalt looduslikest ning inimtegevusest põhjustatud teguritest on neil Läänemere erinevates osades elavatel räimedel erinev kaal, vanus ja pikkus (Mikelsaar, 1984). Sügisräime keskmine pikkus on  $150 \pm 10$  mm ja keskmine kaal on  $20,09 \pm 3,65$  g. Kevadräime keskmine pikkus on  $159 \pm 7$  mm ja keskmine kaal on  $21,87 \pm 3,35$  g (Timberg, 2019).

Kilu vanuseline koosseis sõltub aastaajast, piirkonnast ja püünisest, kuid jääb enamasti 2-7 aasta vahele.. Kõige vanema isendina on leitud 19 aastat vana kilu. On täheldatud, et Riia lahest püütud kilud on nooremad kui Soome lahest püütud kilud (Mikelsaar, 1984). Sügiskilu keskmine pikkus on  $107 \pm 6$  mm ja keskmine kaal on  $8,28 \pm 1,15$  g. Kevadkilu keskmine pikkus on  $110 \pm 7$  mm ja keskmine kaal on  $8,94 \pm 1,7$  g (Timberg, 2019).

#### **4.1.4. Toitumine ja eluviis**

Kevadräime maimud toituvad planktonist kuid kala arenedes hakkab toidulaua esinema ka põhjalähedasi organisme, millest olulisemateks on müsiidid, kirpvähilised aga ka räime ja teiste kalde vastsed. Põhiliseks toidu allikas räime elu lõpuni on aga siiski plankton. Sügisräim toitub aktiivselt kogu kevade ja suve

esimese poole, kudemise ajal on aga magu tühi ning peale kudemist jätkab sügisräim toitumist talve alguseni. (Mikelsaar, 1984).

Nii vastsete kui ka täiskasvanud kilude peamiseks toiduks on planktonorganismid, eriti aerjalalised, kes põhjustavad ka sügiskuudel esineva punase soolika, ning vesikirbulised (Mikelsaar, 1984).

Kilud ja ka räimed teevad ööpäevas vertikaalseid rändeid, mille käigus viibitakse päevasel ajal vee sügavamates kihtides ja ööseks tõustakse kõrgemale. Noored räimed võivad elada kiludega samades parvedes ning teha koos vertikaalseid rändeid. Kilude ja noorte räimede vahel on tihe toidukonkurents (Mikelsaar, 1984).

#### **4.1.5. Sigimine**

Kevadräim koeb aprillist juunini rannavetes. Madalamates meredes nagu Väinameri ja Pärnu lahes koeb kevadräim 4-5m sügavusel, Soome lahes aga ka 12,5m sügavusel rannikust kaugemal. Kevadräime vastseelu kestab ligi kuu aega, mille vältel toitutakse aerjalaliste vastsetest. Selle aja vältl hajuvad vastsed mere kaugematesse piirkondadesse. Esimese eluaasta lõpuks moonduv vastne räimele iseloomuliku kujuga maimuks kes toitub planktonist (Mikelsaar, 1984).

Sügisräim koeb Eesti vetes augusti ja septembrikuus mere kaugemates kuid madalates piirkondades, meist põhjapoolsetes vetes aga koeb varem ning meist lõunapool hiljem. Erinevalt kevadräime vastsetest hajuvad sügisräime vastsed madalamatesse veekihtidesse, kus nad ka talvituvad kuni 62 m sügavusel. Sama aasta sees vastsed ei moondu vaid muutuvad maimudeks alles järgmise aasta kevadel (Mikelsaar, 1984).

Suguküpseks saab kilu umbes 12cm pikkusena, kuskil 2-3 aastasena. Eesti vetes koeb kilu juunist juulini. (Mikelsaar, 1984).

### **4.2. Kilu ja räim Eesti vetes**

Kevadräim on Eesti üks tähtsamaid mitmeti kasutatavaid masskalu ning moodustab Läänemere kalasaagist olulise osa. Sügisräim on samuti oluline masskala ent saagid jäävad kevadräime omadest maha (Mikelsaar, 1984).

Eesti vetes on kilu laialt levinud (Mikelsaar, 1984). Kilu on viimasel aastakümnel agressiivselt tunginud aladele, kust teda aastakümnete eest harva esines. Sealhulgas konkureerib kilu nüüd toidu ja elupaiga nimel ka Liivi lahe põliskasuka räimega. Kilu arvukus Läänemeres ja suurenenud konkurents räimega toidubaasile Läänemere keskosas on tinginud selle, et kilu on hakanud tungima väikestesse lahtedesse nagu Liivi laht (Arula et al., 2022).

#### **4.2.1. Kilu ja räime püük Eestis**

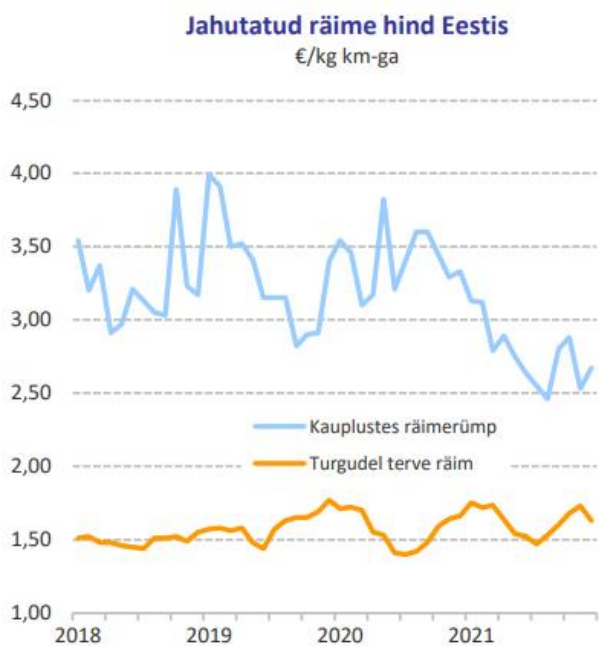
Kalalaeva kalapüügiloa alusel toimub püük Läänemeres, kus laevaga veetavate traalpüünistega püütakse kilu ja räime. Püük toimub ligikaudu 7 kuul aastas, olenevalt ilmastikust: soojadel suvekuudel ja jäisel talvel jäävad laevad sadamasse. Traallaevade püügireisid kestavad tavaliselt mitu tundi või päeva ja püütavad

kalakalakogused on suured. Laevad on varustatud trümmide või konteineritega ning jääga, et kala pärast püüki kohe maha jahutada. See on oluline kala kvaliteedi säilimiseks. Kilu püütakse vaid traaleriga, sest kalaparved liiguvad rannikumerest kaugemal. Räimepüügil käivad kalalaevad püügil siis, kui ilmastikuolud soosivad (pole jääkatet, torme) ja kui vesi pole liiga soe (suvekuudel); kalurid püüavad rannikumeres tavaliselt kevadeti, väike osa püügikvooti jääb ka septembrisse-oktoobrisse. (Põllumajandusministeerium, 2014)

2023 aasta Eesti püügikvoodid räimele on Läänemere avaosas 7957 tonni ning Liivi lahes 21 078 tonni. Kilu kvoot on 25 670 tonni (Euroopa Liidu Nõukogu Määrus 2022/2090).

Kokkuostuhinnad 2022 aastal olid ühe kilogrammi kilu puhul 0,22 € ja räimel 0,21€. 2021 aastal 2 kilo kilogrammi eest 0,19€ ja räime eest 0,19€ (Põllumajandus- ja Toiduamet, 2023)

Räime müügihind Eesti kauplustes ja turgudel on oluliselt kõrgem kui kokkuostuhind. Joonisel 2 on näidatud räime müügihinda 2018 kuni 2021 aasta lõikes ning on näha, et 2021 aasta detsembris maksis 1 kilo jahutatud räime turgudel keskmiselt 1,63€ ja kauplustes räimerümp 2,67€ (Eesti Konjunktuuriinstituut, 2021).



Joonis 2. Jahutatud räime hind turgudel ja räimerümpade hind kauplustes 2018-2021 aastatel (Eesti Konjunktuuriinstituut, 2021).

### 4.3. Kala tarbimine Eestis

Üldine kalatarbimine on Eesti elanike hinnangutele tuginedes püsinud viimastel aastate jooksul suhteliselt sarnane. Elanikud eelistavad toidulaual värsket ja jahutatud kalast valmistatud kalaroogi, eelkõige

räimest, kilust, lõhest ja forellist valmistatud toite, kuid samuti soola- ja vürtsikala. Kõige sagedamini süüakse roogi värskest lõhest ja forellist, värskest räimest ja kilust, soolaheeringat ja kalakonserve 2015. aastal tarbiti Eestis leibkonnaliikme kohta keskmiselt 9,6 kg kala ja kalatooteid. 2016. aastal hindasid elanikud kala ostmisel kõige tähtsamaks kala värskust, maitset, müügikoha puhust ja hinda. Värsket või jahutatud odavama hinnaklassi kalu eelistatakse osta enamasti puhastamata kujul, kallimaid kalu eelistatakse osta roogitult ja fileeritult. Ostjad eelistavad kalu, kus on vähe luid (Eesti Konjunktuuriinstituut, 2016).

#### 4.4. Väikesemõõduliste kalade töötlemise tehnoloogia

Praktiliselt kõikide kalaliikide ühine omadus on lihasesisesed luud, mis teeb kala töötlemise ja söömise teatud määral keerukamaks. Nende luude eemaldamiseks on välja töötatud erinevaid meetodeid. Varasemalt on püütud selliseid luid eemaldada mehaaniliselt, kus tööriist mehaaniliselt tõmbab luid välja. Selline meetod on pigem väga aeganõudev, töömahukas ning ei ole ka niivõrd hügieeniline. Lisaks on väikeste kalade puhul sellised luud tihtipeale väga peenikesed, mistõttu ei ole need lihtsasti nähtavad ja kättesaadavad. Üsna efektiivseks on osutunud keemiline meetod, mille puhul kalaliha töödeldakse lahjendatud hapete ja leelistega. Keemilise meetodi puuduseks on lihavalkude teatud määral lagunemine töötlemise käigus. Lisaks keemilisele meetodile peetakse üsna efektiivseks ka ensümaatilist meetodit, kuid vale inaktiveerimine võib viia kalaliha hüdrolyüsini edasise säilitamise ajal ning lõpptoote kvaliteet langeb. Kalaliha on luudest võimalik eemaldada ka termilise separeerimisega, mille puhul kalaliha eelnevalt küpsetatakse. Pärast termilist töötlemist tuleb liha kergemini luudelt, kuid miinuseks on küpsetamise käigus muutunud tekstuuriomadused ehk antud meetod ei sobi kõikidel juhtudel (Ali Muhammed et al., 2015).

Praegusel ajal kasutatakse kalatööstuses kalaliha separaatoreid (Joonis 3), mis suudavad päevas läbi töödelda mitmeid tonne kalu. Need kalaliha ja luude eraldajad koosnevad perforeeritud pöörlevast roostevabast terasest trumlist ning kummist vööst. Kummivöö surub kala trumli vastu. Läbi trumli aukude tuleb puhas kalaliha. Luud, nahk ja muud jäätmed ei pääse läbi perforeeritud pinna. Selle meetodi miinuseks on kummist vöö potentsiaalne ebahügieenilisus. Tugevamad luud võivad ka kummipinda kahjustada (Booman et al., 2010).



Joonis 3. Tööstuslik kalaliha separaator (ForFish, 2023)

#### 4.4.1. Kalaliha valgendamine

Eelmise sajandi lõpus visati kalatööstuses kuni 50% tursa kogumassist töötlemise käigus jäätmetesse. Sinna hulka kuulusid kala selgroog koos luudega, siseorganid aga ka suur osa söödavat liha, mida pole lihtne kala küljest fileerides eemaldada. Samuti tekkisid jäätmeid korralikust fileest, mis polnud õige suuruse või kaaluga, nägi teistest halvem välja, näiteks esines vere plekke lihas. Peale separaatori kasutuselevõttu suurenes kogu kala saagikus 10% võrra. Kättesaadav liha aga oli halva välimusega ning kvaliteedi omadustelt halvem kui filee. Kala värvus on osaliselt seoses kala hinna kujundamisega, valgema lihaga kalad on kõrgemal hinnatasemel. Seetõttu on majanduslikult kasulik tegeleda kalaliha valgendamisega. (Meacock et al., 1997).

Valge värvus on restruktureeritud kalatoodete ja mereandide puhul kriitilise tähtsusega omadus. Kala nahk, soomused, luud ja teised kõrvalsaadused mõjutavad kalade puhastamisel saadava toote värvust, seega tuleb teatud juhtudel kaubandusliku välimusega toodete saamiseks töödeldavat massi valgendada (Taskaya et al., 2010).

Ühed levinumad valgendajad sellises aplikaatsioonis on vesinikperoksiid ja titaanoksiid, millest on juttu peatükkides 1.4.1.1 ja 1.4.1.2.. Nende kasutamist püütakse vähendada või piiravad nende kasutamist seadused, seetõttu töötatakse jooksvalt välja ka alternatiivseid valgendajaid, mida katsetati ka antud töös ja millest on ülevaade eksperimentaalses osas.

##### 4.4.1.1. Vesinikperoksiid

Aasias on levinud vesinikperoksiidi ( $H_2O_2$ ) kasutamine toidu töötlemisel, eeldusel, et valmistoidust on kõik jäägid eemaldatud. Kasutada võib ainult toidu töötlemiseks ettenähtud  $H_2O_2$ . Vesinikperoksiid on tugevate oksüdeerivate omadustega. Oma olemuselt on  $H_2O_2$  anhüdriidne värvitu kemikaal, kibeda maitsega ning osooni lõhnaga. Oluline on ainet doseerida vaid sellises koguses, mis on vajalik toidu töötlemisel soovitud omaduste saavutamiseks (CFS, 2003).

Euroopa liidus pole vesinikperoksiid toidu lisaainete (E-ainete) nimekirjas, kuid kasutades ainet tootmises abiainena (*processing aid*) langeb seadusandlik osa iga liikmesriigi enese reguleerida. Sellisel juhul ei tohi jääda toiduks kasutatavasse osasse vesinikperoksiidi jääke (Andriukaitis, 2016).

Tööstuslikul eesmärgil toodetud vesinikperoksiid on üldjuhul 35% ja 50% kontsentratsiooniga. Vesinikperoksiid laguneb temperatuuri tõustes iga 10°C kohta 2,2 korda (20-100°C vahemikus). Lagunemise käigus vabanevad hapnik ja kuumus, siiski ei ole vesinikperoksiid plahvatusohtlik (USP Technologies, 2013).

##### 4.4.1.2. Titaanoksiid

Titaanoksiid, keemilise valemiga  $TiO_2$ , on siirdemetalli oksiid, mida kasutatakse pigmendina või fotokatalüsaatorina erinevates tootegruppides. Toiduainetes kasutatakse seda enamasti valge pigmendina ning enim levinud tooted kus titaanoksiidi kasutatakse on pagaritooted, kastmed, juustud ning maiustused. Lisaks toidule leiab titaanoksiid abiainena kasutust ravimites ning ilutoodete koostises näiteks pigmendi andjana, paksendajana kuid ka UV-filtrina (Blaznik et al., 2021).

Euroopa Toiduohutusamet EFSA avaldas 2021. aasta mais teadusliku arvamuseartikli, milles käsitletakse titaanoksiidi ohutust. Artikli kohaselt ei peeta titaanoksiidi enam toiduainetes lisaainena ohutuks. See ei tähendanud sel hetkel veel, et nimetatud ainet kasutada ei tohi, kuid andis indikatsiooni, et tõenäoliselt järgnevad seadused lähiajal kas piiravad või keelustavad täielikult titaanoksiidi kasutamine toiduainetes. Samuti mõjutab selline artikkel teadliku tarbija tarbimisharjumusi ning võib oletada, et titaanoksiidi sisaldavate toodete tarbimine väheneb (EFSA, 2021).

Euroopa komisjon võttis 2022. aasta alguses vastu määruse, millega antakse teada titaanoksiidi keelustamisest toiduainetes lisaainena. Aine kasutamine on lubatud 7. augustini 2022 aastal peale mida titaanoksiidi toiduainete tootmisel kasutada ei tohi ( Official Journal of the European Union, 2022).

Titaanoksiidi keelustamise aluseks võeti 2019 aasta Euroopa Liidu regulatsioon, milles väideti, et titaanoksiid on kantserogeen. 2022 aasta novembris see sama regulatsioon aga annulleeriti kuid titaanoksiidi kasutamise keeld toiduainetes jäi kehtima ning on alust arvata, et tulevikus võib antud teema kohta veel seadusandlikke muudatusi oodata (IngredientsNetwork, 2022).

#### **4.4.2. Alternatiivsed tötlusvõimalused**

Lisaks inimtoidu valmistamisele toodetakse kalamassist ka loomadele ettenähtud sööta, seetõttu uuriti põgusalt võimalust kasutada kalamassi säilitamiseks sipelghapet. Sipelghape on Euroopa Liidus kasutusel loomasööda lisaainena E236. Kasutatakse funktsionaalse säilitusainena ning ka sensoorse lisandina loomasöödas. Lubatud kogus on 10 000 mg/kg loomasööda kohta (12 000 mg/kg sigade söödas). Sipelghape ei ladestu loomsetes kudedes ning seetõttu peetakse seda ohutuks lisaaineks inimtoiduks kasvatatavate loomade söödas (EFSA, 2014).

Sipelghappega segatud ja säilitatud kalamassi nimetatakse kala siloks. Kala silo kasutatakse loomade toidu tootmiseks. Seda toodetakse eraldiseisvalt kalajahu ja kalaõli tootmisest, eelkõige seetõttu, et protsess selle valmistamiseks on erinev. Kala silost toodetakse kalade toitmiseks mõeldud sööta ning pehmeid loomasööda pelletteid. Töötlemise käigus segatakse segusse bakterite kasvu inhibeerivat ainet, milleks võib olla ka näiteks eelpool kirjeldatud sipelghape. Silo hoiustatakse mõnda aega, mille käigus muudavad seedeensüümid toote vedelaks. Osa veest võidakse aurustada (Stephenson & Smedbol, 2001).

Sipelghape madaldab massi pH väärtust ning inhibeerib ka hallituse kasvu, teiste orgaaniliste hapete puhul on aga vaja lisada eraldi hallituse inhibeerijaid. Kui kasutatakse kalu koos luudega, on peale valkude hüdrolüüsi lihtne luud muust massist eraldada. Positiivsest küljest on silo tootmine ja selle sisseseade suhteliselt odav ning rannikualadel on seda mõistlik toota (Hardy, 2008).

#### **4.5. Tervete kalade luude pehmemdamine**

Hinnanguliselt moodustab kala söödav osa kuni 60% kala kogu massist. Kala sisaldab suhteliselt suures koguses paljusid erinevaid toitaineid. Toitainelise väärtuse poolest peetakse kala väga heaks valgu, rasva ja rasvhapete (eriti pikka süsinikuahelaga polüküllastamata omega-3 rasvhapete), D- ja B12-vitamiini ning seleeni ja joodi allikaks (Zilmer et al., 2004; Tuomisto et al., 2008). Üldiselt sisaldab kalaliha ligikaudu 18% valku, 80-70% vett ning alates mõnest protsendist kuni üle 20% rasva. Rasvasisaldus varieerub kala puhul

suuresti nii liikide vahel kui ka liigisiselt, näiteks hooegade lõikes. Liikide vahelised erinevused ning ka märkimisväärsed hooajalised erinevused seisnevad peamiselt rasva- ning veesisalduse omavahelise suhte muutustes. Ülejäänud paar protsenti on teised toitained (glükogeen, mineraalid, vitamiinid)(Espe, 2008).

Kala luud on jäigad struktuurid, mis võivad kala tarbimisel või töötlemisel tekitada probleeme. Selle vältimiseks on uuritud erinevaid meetodeid, sealhulgas happega töötlemist. Happegaga töötlemine hõlmab kalaluude kokkupuudet happelise lahusega, mis aitab lõhustada kaltsiumiühendeid luudes, mille tulemusel muutuvad need pehmemaks ja neid on lihtne tarbida või edasi töödelda (Liu et al., 2022).

Luude söömist tasub uurida põhjusel, et neis sisaldub kasulikke aineid, näiteks kaltsium ja fosfor. Nende inimitoiduks tarvitamiseks on võimalus luud hakkida, jahvatada, kuumtöödelda või töödelda happegaga (Ishikawa et al., 1989). Luid on võimalik pehmenendada rakendades töötlemist, milles kasutatakse kõrgeid temperatuure ja rõhku, kuid sellise meetodi puhul halvenevad ka tekstuur ja maitse, alaneb toiteväärtus ning saadakse madalama kaubandusliku väärtusega toode (Ramadhani et al., 2018; Min et al., 2019).

#### **4.5.1. Happe ja aluse töötlus**

Äädikhape, tuntud ka kui etaanhape, on nõrk orgaaniline hape, mille keemiline valem on  $\text{CH}_3\text{COOH}$ . See on selge, värvitu vedelik, millel on tugev terav lõhn ja hapukas maitse. Äädikhapet kasutatakse tavaliselt erinevates tööstusharudes, sealhulgas toiduainete tootmises (säilitus- ja maitseaine), keemilises sünteesis, tekstiilitootmises ja lahustina majapidamistoodetes (PubChem, 2023).

Söögisooda ehk naatriumbikarbonaat ( $\text{NaHCO}_3$ ) neutraliseerib happed tänu oma amfoteerilisele olemusele. See võib reageerida hapetega, moodustades vett, süsihappegaasi ja vastavat soola. Kui söögisooda puutub kokku happegaga, näiteks äädika või sidrunimahlagaga, reageerib söögisoodas sisalduv bikarbonaat ioon ( $\text{HCO}_3^-$ ) happe vesinikioonidega ( $\text{H}^+$ ), mille tulemusel moodustub süsinikdioksiid ( $\text{CO}_2$ ), vesi ( $\text{H}_2\text{O}$ ) ja sool (Moharamzadeh, 2017).

Soolhape, keemilise valemiga  $\text{HCl}$ , on vesilahustuv, selge, värvitu või kergelt kollakas söövitav vedelik, millel on terav lõhn. Euroopa liidus on lubatud soolhapet kasutada toidu tootmisel lisaainena (Younes et al., 2019).

Luude pehmendamise eesmärgil välja töötatud ja patenteeritud tehnoloogia keskendus sägaliste teravate luude pehmendamisele. Peatustatud ning eemaldatud sisikonnaga kalu töödeldi temperatuuri ja soolhappe koostoimel erinevate režiimidega kontsentratsioonide vahemikus 1,57-9,47% ning temperatuuridel 4-43°C. Parimad tulemused saavutati 1-2 tunnise töötlusajaga soolhappe kontsentratsioonidega 1,57-6,28% (D'aquin, 1976).

## **5. Eksperimentaalne osa**

### **5.1. Materjalid ja meetodid**

#### **5.1.1. Töö eesmärk**

Antud töö laiem eesmärk oli leida meetodeid väärindamaks kilu ja räime kui suhteliselt odavat kala inimtoiduks ja toota kõrgema sensoorse kvaliteediga tooteid. Käesolev töö valmis Tartu Ülikooli Eesti merendusinstituudi kalanduse teabekeskuse tellimusel ning eksperimentaaltöö teostati Toidu- ja Fermentatsioonitehnoloogia Arenduskeskuses. Esmalt uuriti kirjandusest, millised võimalused on kilu ja räime kalaliha separeerimise tehnoloogia rakendusvõimalused ning luude pehmemdamise tehnoloogiate mõju uuring kala kvaliteedile. Seejärel katsetati erinevaid meetodeid laboriskaalal, selgitamaks välja kõige sobilikumad meetodid töö eesmärkide saavutamiseks. Järgmisena katsetati leitud lahendusi Eesti Kalapüügiühistu külmhoones Pärnumaal ning Läätsa Kalatööstuses Saaremaal, tööstuslikes tingimustes. Peale tööstuskatseid viidi läbi kala säilivuskatse 6 kuu vältel sügavkülmutatud kalade ning 4 nädala vältel jahutatud kalade mikrobioloogilise koosluse määramiseks. Samaaegselt hinnati ka kalade sensoorsete omaduste muutust.

#### **5.1.2. Kalaliha eraldamine separeerimise teel**

Kalaliha separeerimiseks kasutati laboriseadet Reber 3 (Joonis 4), mis on olemuselt tigupress, mida ümbritseb koonuseline sõel. Terved kalad või rümbad sisestatakse ülevalt ava kaudu ning tigu surub kalaliha vastu perforeeritud plekist sõela. Selle tulemusel eralduvad liha ja pehmemad materjalid ning need väljutatakse väikeste aukude kaudu. Luud, nahk ja tahkema materjalid aga pressitakse mööda teo spiraali koonuse lõpuni ja väljutatakse lõpus väljutusava kaudu. Sellise seadmega tuleb kalu läbi ajada mitu korda, et saavutada maksimaalne väljatulek.





Joonis 4. Laboriseade Reber 3 (Reber, 2023)

Seadmel Reber 3 on valikus erineva suurusega sõelad, millest katsetati kahte väiksemat, et saavutada võimalikult puhta kvaliteediga kalaliha mass. Jämedama sõela avade suuruseks on 1,5 mm ning peenemal 1,1 mm. Katsete käigus separeeriti nii tervet kala kui ka rümpa.

### 5.1.3. Valgendamine

Kalaliha hakkmassi valgendamiseks katsetati üldlevinud vahendeid nagu vesinikperoksiidi ning titaanoksiidi. Samuti katsetati kahe erineva tootja looduslikke valgendajaid. Katsed viidi läbi nii kilu kui räime hakkmassidega sõltuvalt sellest millist kala oli saadaval. Tulemusi hinnati visuaalselt ning pildistati alati samades valgustingimustes fotoboksis Amazon Basics, mudelinumbriga B01GIL6EU4.

#### 5.1.3.1. Kalaliha pleegitamine vesinikperoksiidiga

Kirjandusest leitud andmetele tuginedes viidi läbi katsetus kalaliha pleegitamiseks vesinikperoksiidiga. Lahused valmistati 35% vesinikperoksiidist ja destilleeritud veega segades saadi 0,5%, 1% ja 2% lahused. Räime hakkmassiga segati 1:1 vahekorras vesinikperoksiidi, ehk 50 g hakkmassile lisati 50 ml lahust. Ajaliselt kestis katse 10 minutit, mille järgselt hakkmass kurnati läbi 4-kordse marli ja sõela ning loputati voolava vee alla 30 sekundi vältel. Saadud massi pigistati õrnalt et kogu lisatud vesi eralduks ning hakkmass jääks loomuliku niiskuse sisaldusega.

Järgnevad katsed viidi läbi 2% lahusega, katsetati täiendavalt 10, 20 ja 30 minuti vältel pleegitamist. Parema tulemuse saamiseks katsetati lahuse koguse suurendamist vahekordadeni 1:2 ja 1:4, ehk 50 g hakkmassile lisati 100 ml ja 200 ml pleegituslahust.

### 5.1.3.2. Titaanoksiid

Titaanoksiidi kasutatakse paljudes toiduainetes valgendava aina. Kirjandusest võib leida mitmeid näiteid, kus on kirjeldatud TiO<sub>2</sub> kasutamist kalatoodete valgendamisel. Katsed viidi läbi Sensient KOWET titaanoksiidiga, mille soovituslik doseering tootja andmetel on 1,0-5,0 g/kg. Katsed sooritati minimaalse, keskmise ja maksimaalse soovitusliku doseeringuga. Katsetes lisati pulbrilist titaanoksiidi kalamassile ning segati ühtlaseks massiks. Kontsentratsioonidena kasutati 0,1%; 0,3% ja 0,5% kogumassist.

Lisaks titaanoksiidile katsetati ka valgendajaid, mida toiduainete lisaainete tootjad pakuvad titaanoksiidi alternatiivina. Sellisteks valgendajateks on tootja Sensient seeria Avalanche tooted ning tootja Linicol White seeria VM tooted.

### 5.1.3.3. Alternatiivsed valgendajad

Kalaliha valgendamise ühe võimalusena katsetati alternatiivseid valgendajaid, milleks olid tootja Sensient tooteseeria Avalanche ning tootja Incoltec tooteseeria Linicol White tooted. Mõlema tootja valikust kasutati kolme toodet ehk kokku kuute erinevat valgendajat. Kõikide valgendajate puhul lisati ainet tootjapoolse soovitusel. Sensient Avalanche toodete puhul katsetati kuni 4% ja Incoltec Linicol White toodete puhul 1-10g/L ehk 0,1-1% aine lisamist kala hakkmassile. Hilisem soovitus oli tõsta Linicol White toodete kontsentratsiooni 20-30 g/L juurde. Kõiki valgendajaid lisati kala hakkmassile massi alusel. Pulbrilised valgendajad kaaluti analüütilistel kaaludel ning segati hoolikalt hakkmassi, efekt oli kohene ega muutunud seistes. Kasutatud valgendajate koostised on toodud Tabelis 1.

Tabel 1. Sensient Avalanche ja Incoltec Linicol White valgendajate koostised

<b>Tootja Sensient</b>	<b>Avalanche Ultra</b>	<b>Avalanche MB P-WD</b>	<b>Avalanche Smooth L-WS</b>
<b>Koostis</b>	Modifitseeritud toidutärklis, keskmise ahelaga triglütseriidid	Trikaltsiumfosfaat (iii), kaltsiumkarbonaat	Glütserool, päevalilleõli, rasvhapete sahharoosiestrid (max 1%)
<b>Tootja Incoltec</b>	<b>Linicol White VM</b>	<b>Linicol White VM CC</b>	<b>Linicol White VM HQ</b>
<b>Koostis</b>	Päevalilleõli, modifitseeritud maisitärklis, maisi maltodekstriin, vitamiin E	Modifitseeritud maisitärklis, riisitärklis, maisi maltodekstriin, päevalilleõli, kaltsiumkarbonaat, vitamiin E	Modifitseeritud maisitärklis, riisi tärklis, maisi maltodekstriin, päevalilleõli, vitamiin E

### 5.1.3.4. Teiste kalaliikide kalaliha lisamine

Kalaliha lisamisel seati piiriks kuni 49% teiste kalade liha lisamine. Antud piir määrati töö tellija poolt. Kalaliha mitte-keemiliseks valgendamiseks kasutati teiste, heledama lihaga kalade hakkmassi lisamist räime ja kilu hakklihale. Katsetes kasutatavateks kaladeks olid tint, heik ja mintai, valiku määrasid nende kalade kokkuostuhinnad. 2021 aastal oli meritindi keskmine kokkuostuhind 0,90 (Eesti Konjunktuuriinstituut, 2021). Heigi ja mintai fileed osteti poest külmutatuna ning peale sulatamist

valmistati neist hakklihmasinaga hakkliha. Tindid osteti külmutatuna terve kalana ning nende hakkmassi valmistamiseks kasutati sama meetodit mida kasutati ka räime ja kilu hakkmassi saamiseks ehk sulatatud ja puhastatud kalad separeeriti seadmega Reber 3. Mõistmaks suurimat saavutatavat efekti lisati räime ja kilu kalalihale esialgu maksimaalne lubatud kogus teiste kalade liha ehk 49%.

### 5.1.3.5. Mikrobioloogilised analüüsid

Mikrobioloogilised analüüsid teostati nii laboriskaalal kui ka tööstuskaalal valmistatud hakkmassi proovidele, et saada parem võrdlusmoment tulemuste analüüsiks. Analüüse teostati laboriskaalal nii rümbale kui ka tervele kalale, et saada aimu, kuivõrd palju mõjutab mikrobioloogilisi näitajaid terve kala separeerimisel kalalihasse teatud määral lisanduv sisikonna vedelik. Proovid võeti vahetult pärast valmistamist ning kahe tunni möödudes toatemperatuuril seistes, sest suuremas mahus teostades võtab separeerimise protsess samuti aega. Analüüsid telliti Riigi Laboriuuringute ja Riskihindamise Keskusest, endise nimega Veterinaar- ja Toidulaboratooriumist kus määrati nii bakterite üldarvu, teostati *Coli*-laadsete bakterite ja *Clostridium perfringens* arvuline määramine ning ka *Listeria monocytogenes* tuvastamine.

## 5.1.4. Luude pehendamine

### 5.1.4.1. Happega töötlemine

Luude pehendamisel võeti arvesse kirjandusest leitud informatsiooni varasemate kalaluude pehendamisega seotud dokumentidest. Kasutati kahte erinevat hapet: soolhapet ja äädikhapet. Soolhappe puhul oli oluline kasutada toidu töötlemiseks ettenähtud (*food grade*) hapet, mis telliti tarnija (AS Ingle) abiga.

Lähtuvalt sellest, et kirjanduses kirjeldatud katsetes pehmendati suuremate kalade luid, võeti antud töös kilude ja räime töötlemisel arvesse, et väiksemate kalade puhul võib olla otstarbekam kasutada madalamaid happe kontsentratsioone ja/või lühemaid töötusaegu. Happeid lahjendati vastavalt vajadusele soovitud kontsentratsioonini destilleeritud veega.

Katsed viidi läbi erinevas kontsentratsioonis äädikhappe ja soolhappega (Tabel 2). Kõik katsed teostati toatemperatuuril ning katsetati hoideaega 2 tundi, 6 tundi ja 24 tundi, et kaardistada aja ja happe kontsentratsiooni mõju kala luude pehmenemisele ja kala väljanägemisele.

Tabel 2. Äädikhappe ja soolhappega läbi viidud katsete kontsentratsioonid

Äädikhape	1%	3%	5%		
Soolhape	1,5%	3%	5%	7%	9%

Soolhappega töötlusele peab järgnema neutraliseerimine aluselise lahusega, sest vastasel korral jäävad kalad liiga hapu maitsega.

Leidmaks kõige optimaalsemat töötlusrežiimi, viidi läbi katsed kõikide antud töös uuritavate kaladega ehk sügisel ja kevadel püütud kilude ja räimedega. Kalu töödeldi luude pehmendamise eesmärgil äädikhappe ja soolhappe lahustega erinevaid ajalisi režiime kasutades. Katsed viidi läbi toatemperatuuril ning vaadeldi tulemusi 30 minuti; 1; 1,5; 2; 3 ja 4 tunni möödudes. Viie kala töötlemiseks kasutati 200 ml 1,5% soolhappe lahust.

#### 5.1.4.2. Neutraliseerimine

Neutraliseerimiseks kasutati naatriumvesinikkarbonaadi ehk söögisooda lahust. Pulber lahustati sooja kraanivees ning lahjendati soovitud kontsentratsioonini jaheda veega. Kirjandusest lähtuvalt valiti lahuse kontsentratsiooniks 3%. Neutraliseerimine teostati toatemperatuuril. Neutraliseerimise aegadest katsetati järgmisi aegu: 30 minutit, 1, 1,5 ja 2 tundi. Viie kala neutraliseerimiseks kasutati 200 ml lahust. Peale neutraliseerimist loputati kalad voolava jaheda veega.

#### 5.1.4.3. Töötlusrežiimi leidmine

Kilude ja kevadel püütud räimede töötlus režiimiks katsetati 1-; 1,5- ja 2- tunnised happe- ning sama pikki neutraliseerimise töötused. Sügisel püütud räimede režiimiks katsetati 2-, 2,5- ning 3- tundi happes ning neutraliseerimiseks 2 või 2,5 tundi soodalahuses. Nimetatud töötlusrežiimid, on esitatud Tabelis 3.

Tabel 3. Katsetatud töötlusrežiimid

Sügis räim	Kevad räim	Sügis kilu	Kevad kilu
Töötlemata kala	Töötlemata kala	Töötlemata kala	Töötlemata kala
2 tundi HCl	1 tundi HCl	1 tundi HCl	1 tundi HCl
2 tundi NaHCO <sub>3</sub>	1 tundi NaHCO <sub>3</sub>	1 tundi NaHCO <sub>3</sub>	1 tundi NaHCO <sub>3</sub>
2,5 tundi HCl	1,5 tundi HCl	1,5 tundi HCl	1,5 tundi HCl
2,5 tundi NaHCO <sub>3</sub>	1,5 tundi NaHCO <sub>3</sub>	1,5 tundi NaHCO <sub>3</sub>	1,5 tundi NaHCO <sub>3</sub>
3 tundi HCl	2 tundi HCl	2 tundi HCl	2 tundi HCl
2 tundi NaHCO <sub>3</sub>	2 tundi NaHCO <sub>3</sub>	2 tundi NaHCO <sub>3</sub>	2 tundi NaHCO <sub>3</sub>

Peale luude pehmendamiseks vajalikku töötlust kalad paneeriti, selleks kasutati kahte enimlevinud paneeringut. Esimene variant oli katmine lahti klopidud muna ning seejärel riivsaiaga. Teiseks variandiks valiti taigaga katmine. Mõlema paneeringuga kaetud kalad frititi 3 minuti jooksul 190°C juures.

#### 5.1.5. Säilivuskatsed

Säilivuskatsed teostati kahe erineva säilitustingimuse juures hoitud proovidele. Jaheruumis ehk +4 °C juures hoitud proovidele teostati säilivuskatsed igapäraselt. Külmruumis ehk -20 °C juures hoitud proovidele teostati säilivuskatsed igakuiselt. Algpunktiks võeti 0-proov, mis saadeti mikrobioloogia

analüüsi kohe peale tootmist. Edasi analüüsiti proove vastavalt graafikule. Säilivuskatsetel analüüsiti nii mikrobioloogilisi näitajaid, sensorsete omaduste muutust ajas kui ka gaasikeskkonda pakendamise mõju kalade säilivusajale

Paneeritud kalade mikrobioloogiliste analüüside teostamisel määrati proovides mikroorganismide üldarv kui ka *Coli*- laadsed bakterid. Nende proovide valikul lähtuti Toidu säilimisaja määramise juhendist (Roasto & Laikoja, 2020)

Sensoorne analüüs viidi läbi assessorite paneeli abiga, kes hindas kalade sensoorseid omadusi ettenähtud aja tagant. Sensoorse hindamise käigus hinnati kalade välimust, lõhna, maitset ja tekstuuri punktiskaalal 0-9. Välimuse hindamisel hinnati kala terviklikkust. Lõhna omaduste hindamiseks kasutati parameetreid üldine intensiivsus, kalane, hapu, magus, rääsunud ja kõrvallõhnad. Maitse puhul hinnati parameetreid üldine intensiivsus, kalane, hapu, magus, rääsunud ja kõrvalmaitset. Tekstuuri hindamiseks kasutati parameetreid pudenevus, liha kõvadus (närides), krõbedus, kuivus ja rasvasus. Sensoorse hindamislehe näidised on lisades 7-9.

Enne iga läbiviidud sensorset hindamist mõõdeti laboris gaasisalduse analüsaatoriga Oxybaby (Joonis 5) kalade pakendite gaasi sisaldust, et teha kindlaks antud pakendi sobivus konkreetsele tootele ja kalade võimalik rikkumine.



Joonis 5. Gaasisalduse analüsaator Oxybaby (Witt Gas, 2023)

## 5.1.6. Kalaliha eraldamise tulemused

Visuaalsel hindamisel selgitati välja, et jämedama, 1,5 mm avadega sõelaga töötlemisel tuleb hakkmassi kaasa rohkem mittesoovitud materjali kui peene sõelaga töötlemisel. Mittesoovitavaks materjaliks olid nii peenemad luud, sisikond kui ka nahatükid. Seega edasisteks katseteks enam 1,5 mm avaga sõela ei kasutatud, sest saadav kalaliha mass oli ebakvaliteetne, vaid edaspidi kasutati 1,1 mm avadega sõela. Laborikatsed näitasid, et mida väiksem on sõelaava suurus, seda kvaliteetsem kalaliha mass saadakse. Eelistatud võiks olla sõelaava suurus, mis jääb suurusjärku 1 mm.

### 5.1.6.1. Separeeritud kalaliha kvaliteedi ning saagiste võrdlemine

Võrreldi nii rümbast kui ka terveid kalast valmistatud kala hakkmasside saagiseid ja kvaliteeti. Saagise määramiseks kasutati laboriseadme peenemat, 1,1 mm avadega sõela. Maksimaalse saagise saavutamiseks lasti kalaliha läbi mitu korda, kuni oli näha, et enam hakkmassi ei eraldu. Põhjuseks oli see, et tigupress ei surunud materjali vastu perforatsiooniga sõela nii efektiivselt kui suuremate seadmete lintpress. Separeeriti nii terveid kalu kui ka rümpasid. Tabelis 4 on esitatud saagised kogu kala separeerimise korral. Katseks kasutati kevadräimi sest neid oli enim ning tulemus pidi näitama ligikaudset saagikust.

Tabel 4. Terve kala saagikus, kevadräimed

	Terve kala	Tervetest kaladest valmistatud hakkmass	Jääk	Kadu
%	100	85,01	12,59	2,40

Tabelist 4 on näha, et kalamassi separeerimise saagis on 85,01%. Protsessis on ka teatud kadu, sest teatud osa kalamassist jääb seadmete pinnale ja sisemusse, kuid suuremate mahtude korral on kao osakaal äärmiselt väike.

Tervetest kaladest ja rümpadest valmistatud hakkmassi saagiste ja kvaliteedi võrdlemiseks viidi läbi katse, mille käigus separeeriti võrdeline kogus rümpasid ja terveid kalu. Sügavkülmutatud kalad sulatati ning rümpadeks mõeldud kaladelt eemaldati pea ning lõigati lahti kõhuõõs, mille järel eemaldati sisikond.

Katses separeeriti esmalt terved kalad ning määrati saagikus, seejärel tehti sama rümpadega. Tabelites 4 ja 5 on esitatud tulemused tervete kalade ja rümpade separeerimise tulemuste kohta.

Tabel 5. Rümbe saagikus, kevadräimed

	Terve kala	Pead ja soolikad	Rümp	Rümpadest valmistatud hakkmass	Jääk	Kadu
%	100	33,81	66,19	58,03	6,59	1,57

Tabelist 5 selgub, et kui kaladelt eemaldada esmalt pea ja soolikad ning seejärel separeerida, siis on hakkmassi saagiseks 58,03% ning jääk võrreldes tervete kalade separeerimisega on väiksem, sest eemaldatud olid juba pead, mis tervete kalade separeerimisel läksid samuti jäägi hulka.

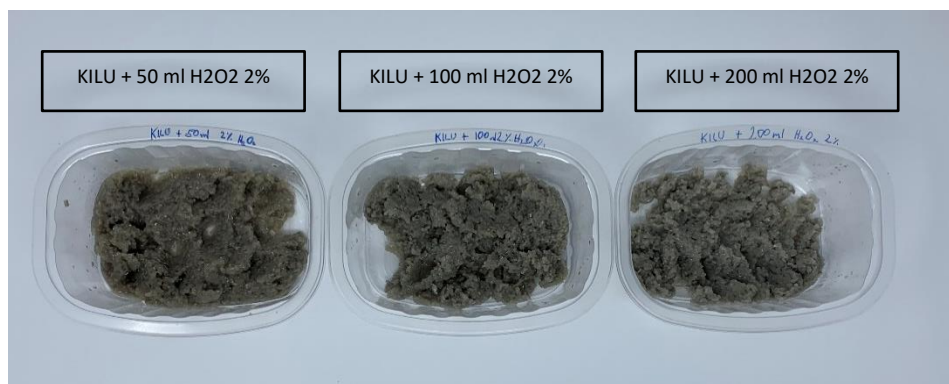
Võrreldes tabeleid 4 ja 5 on näha, et kalade puhastamisel (rümpade valmistamisel) on kadu märkimisväärselt suurem, kui tervete kalade separeerimisel tekkiv kadu. Peade ja soolikate eemaldamisel oli kadu juba 34%, rümpade separeerimisel lisandus veel jääk 7% + kadu 2%, mis teeb kokku 43%. Tervete kalade separeerimisel oli jääk 13% + kadu 2% ehk kokku 15%.

Seega on näha, et saagiste maksimeerimise tarbeks on kasulikum kasutada separeerimiseks terveid kalu. Küll aga tuleb siinjuures arvestada kvaliteediga, sest tervete kalade kasutamisel lisandub kalamassile ka kala sisikonnast tulevat materjali. Antud materjali mikrobioloogilise analüüsi tulemused on esitatud peatükis 2.2.4.2..

### 5.1.7. Kalaliha valgendamise tulemused

#### 5.1.7.1. Kalaliha pleegitamine vesinikperoksiidiga

Peale katsetamist 0,5%, 1% ja 2% lahusega selgus, et suurima efekti annab 2% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> lahuse kasutamine. Antud lahusega katsetati täiendavalt 10, 20 ja 30 minuti vältel pleegitamist, mille käigus selgus, et peale 20 minutit enam muutusi värvuses ei toimunud ning edaspidi viidi pleegitamine läbi 20 minutiga. Katsed vahekorras 1:2 ja 1:4 selgitasid välja, et olgugi, et vahekorra suurendamine andis tulemuseks vähesel määral rohkem pleegitatud kalaliha, siis peale konsulteerimist ja ühist proovide visuaalset hindamist jõuti järeldusele, et töömahu suurenemise töötluse arvelt ja vesinikperoksiidi kulu juures pole muutused värvuses piisavad, et end õigustada. Töömahu suurenemine seisnes ka peale töötlust hakkmassi läbipesemises, selleks et H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> süües organismi ei satuks. Tulemused on esitatud Joonisel 6.

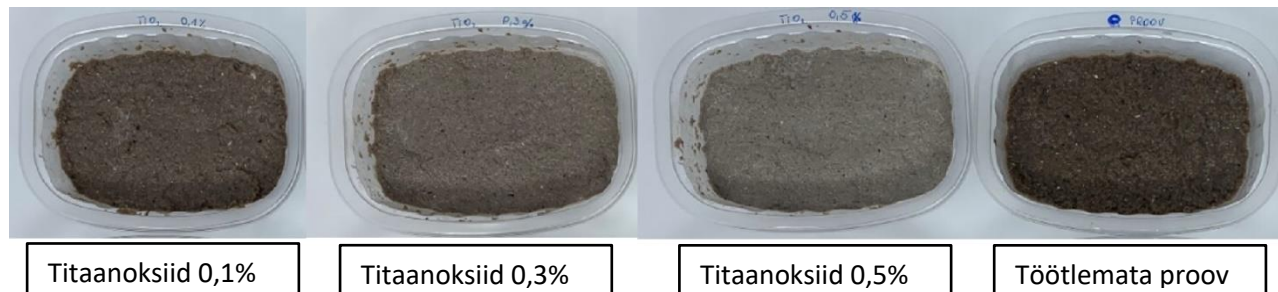


Joonis 6. Kilu hakkmassi pleegitamine 1:1; 1:2 ja 1:4 vahekorras 2% vesinikperoksiidiga

Vesinikperoksiidiga valgendamise katsed näitasid, et kuigi teatud efekt saavutati, siis siiski ei olnud võimalik saavutada piisavalt kõrge visuaalne kvaliteet, et tasuks vesinikperoksiidi kasutamist ühe võimaliku meetodina soovitada.

### 5.1.7.2. Titaanoksiid

Pulbrilise titaanoksiidi lisamise tulemused kala hakkmassile on näha joonisel 7. Kontsentratsioonideks olid 0,1%; 0,3% ja 0,5% kogumassist. Võrdluseks oli kõrval ka proov, mida ei töödeldud.

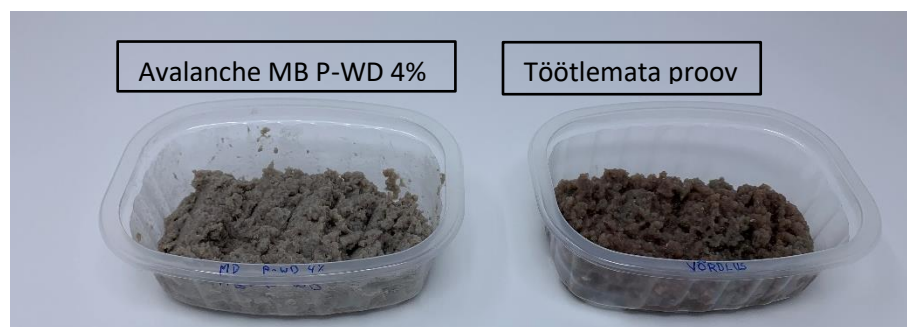


Joonis 7. Titaanoksiidiga segatud kalamass 0,1%; 0,3% ja 0,5% kontsentratsiooniga, võrdluseks töötlemata proov

Titaanoksiidiga kalaliha valgendamine andis soovitud tulemuse 0,5% aine kasutamise korral.

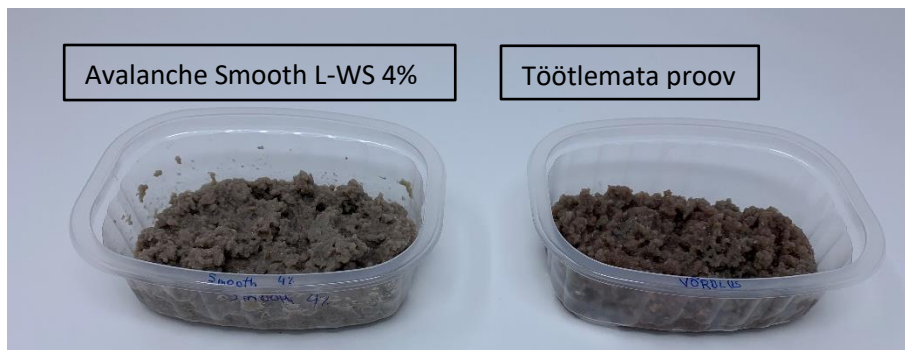
### 5.1.7.3. Sensient Avalanche valgendajad

Katsetati lisaainete tootja Sensient tooteseeria Avalanche kolme erinevat valgendajat. Katseid sooritati ainetega Sensient Avalanche Ultra, Avalanche Smooth L-WS ning Avalanche MB P-WD. Katsete käigus selgus, et suurima positiivse muutuse kalaliha hakkmassi värvusele saavutatakse kasutades Avalanche MB P-WD valgendajat. Neljaprotsendiline lisa aitas kaasa märgatavale muutusele kalaliha värvuses, kuid siiski ei saavutatud päris nii heledat värvust, mida sooviti saavutada. Järgnevalt kahekordistati parima tulemuse andnud aine kogust, et näha, kas heledam värvus on üldse võimalik antud valgendajaga saavutada. Kaheksaprotsendiline lisa MB P-WD valgendajat põhjustas veelgi suurema muutuse räime hakkmassi toonis, ent liha võttis ka ebaloomuliku tooni ja ilme – tulemus oli kalkjas ning värvuselt hallikas, katsudes kummise struktuuriga kalaliha. Joonistel 8, 9 ja 10 on näha Sensient Avalanche seeria toodete lisamise katsetusi 4% lisamise korral.

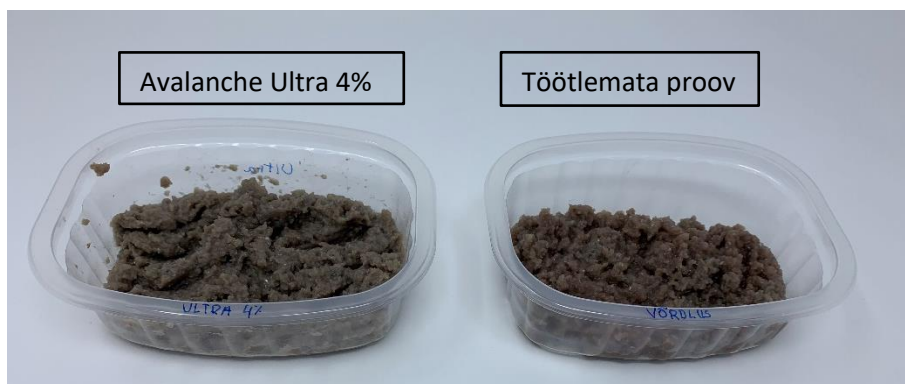


Joonis 8. Avalanche MB P-WD 4% lisamine räime hakkmassile





Joonis 9. Avalanche Smooth L-WS 4% lisamine räime hakkmassile



Joonis 10. Avalanche Ultra 4% lisamine räime hakkmassile

Joonistelt 8-10 on näha, et kuigi kerge valgendamise efekt on olemas, siis tuleb tõdeda, et see on suhteliselt väike ning saadav kalaliha jääb ikkagi hallika tooniga.

Avalanche valgendajate soovituslikud lisamise kogused on suhteliselt suured, seetõttu on oluline arvutada ka nende kasutamisest tekkiv võimalik lisakulu. Tabelis 6 on toodud katseteks kasutatud toodete hinnad ilma käibemaksuta.

Tabel 6. Sensient Avalanche valgendajate hinnad.

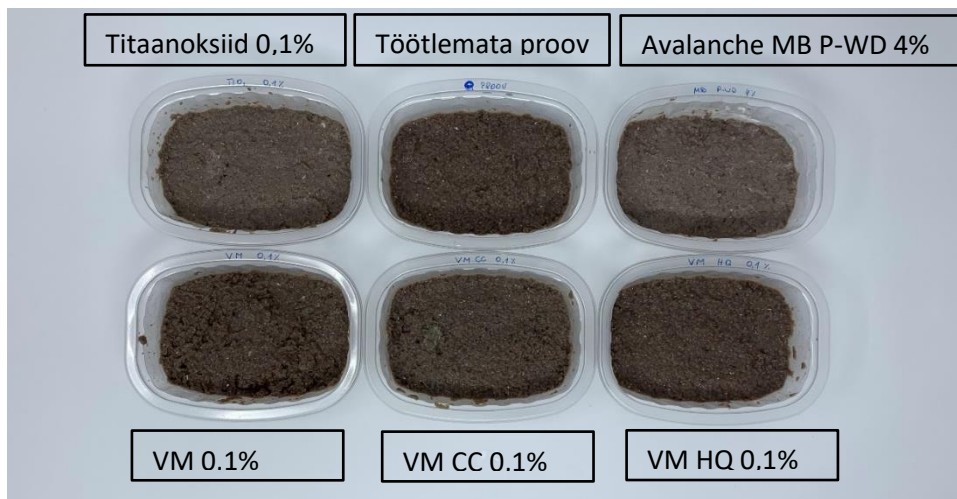
Valgendaja kogus	Avalanche Ultra	Avalanche MB P-WD	Avalanche Smooth L-WS
1kg	44,75	14	23,6

Kasutades Avalanche seeria tooteid soovituslikus koguses (4%) on 1 kg kalaliha valgendamise kulu Ultraga 1,79€, Avalanche MB P-WD kulu oleks 0,56€ ning Smooth L-WS kulu 0,94€. Võttes arvesse, et aastal 2020 oli räime kokkuostuhind keskmiselt 0,18€/kg ja kilu puhul 0,17€/kg (Maaeluministeerium, 2021), siis muudaks antud valgendajate kasutamine toote hinda märkimisväärselt ning hetkel on antud valgendajate hind väga selgelt kalaliha valgendamiseks liiga kallis.

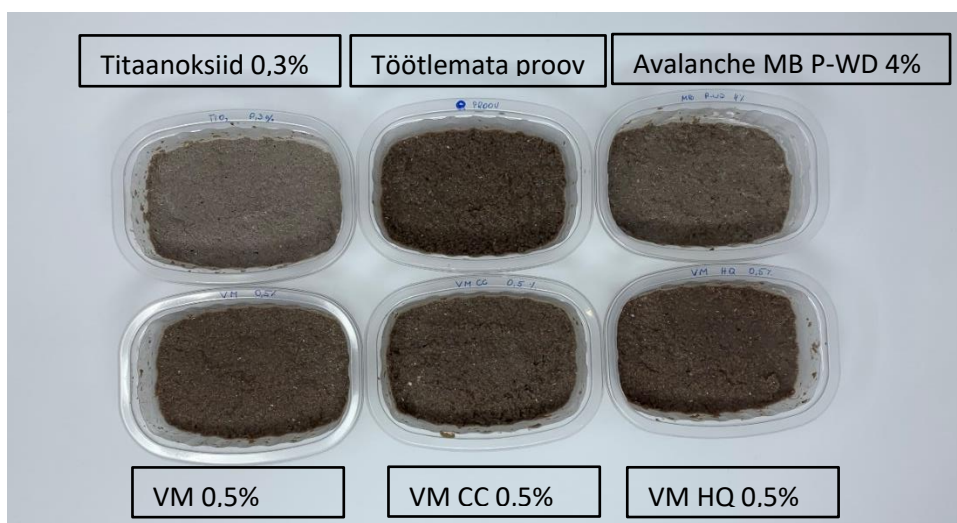
#### 5.1.7.4. Incoltec Linicol White valgendajad

Kalaliha valgendamiseks katsetati toiduvärvide tootja Incoltec tootesarja Linicol White. Kolm pulbrilist valgendajat VM, VM CC ja VM HQ lisati kala hakkmassile soovituslikus kontsentratsiooni vahemikus ning segati ühtlaseks massiks. Soovituslik kogus tootja poolt oli 1-10g/L ehk kalalihas kasutamiseks sobilik kontsentratsioon oleks 0,1-1% kogukaalust.

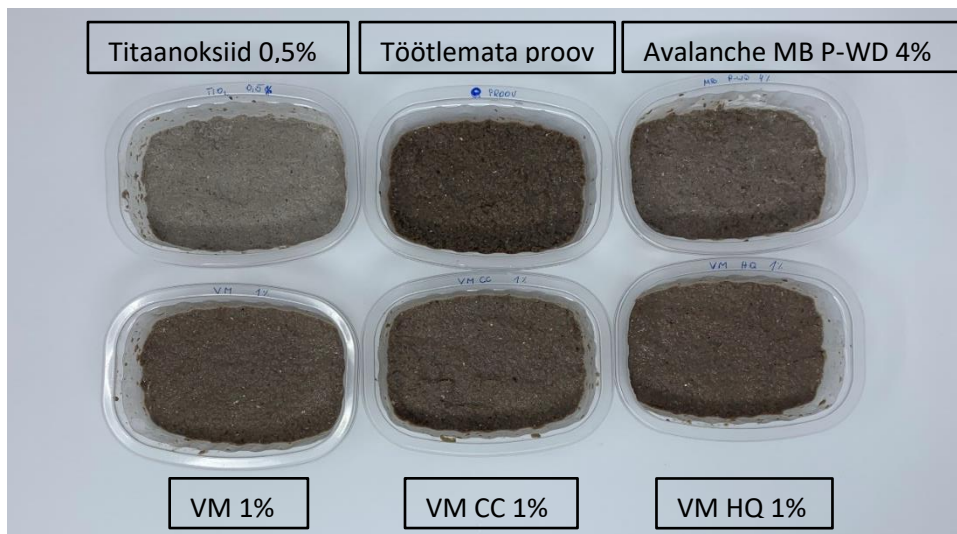
Joonistel 11, 12 ja 13 on näha lisatud valgendajate mõju kala hakkmassidele. Katsetes prooviti 0,1%; 0,5% ja 1% lisamist kalamassile. Võrdluseks on toodud ka töötlemata proov, Sensient Avalanche seeria kõige parema tulemuse andnud toode MB P-WD 4% ning titaanoksiidi katsetused.



Joonis 11. Linicol White VM seeria valgendajate 0,1% lisamine terve räime hakkmassile, võrdluseks 0,1% titaanoksiidi ja 4% Avalanche MB P-WD



Joonis 12. Linicol White VM seeria valgendajate 0,5% lisamine terve räime hakkmassile, võrdluseks 0,3% titaanoksiidi ja 4% Avalanche MB P-WD



Joonis 13. Lincol White VM seeria valgendajate 1% lisamine terve räime hakkmassile, võrdluseks 0,5% titaanoksiidi ja 4% Avalanche MB P-WD

Joonistel 11-13 selgub, et lisades Incoltec Lincol White VM seeria tooteid kalamassile, muutub massi toon küll vähesel määral heledamaks, ent titaanoksiidi kasutamine soovituslikus koguses annab tulemuseks märksa heledama tulemuse. Võrdluses kasutatud Avalanche MB P-WD 4% lisamine andis sarnase tulemuse kui Lincol White VM toodete 1% lisamine. Tehes kalkulatsioonid Lincol White VM 1% kasutamisele selgub, et suuremate koguste kasutamine muudaks toote hinda märkimisväärselt. Tabelis 7 on näidatud Incoltec Lincol White kolme katsetatud valgendaja hinnad käibemaksuta.

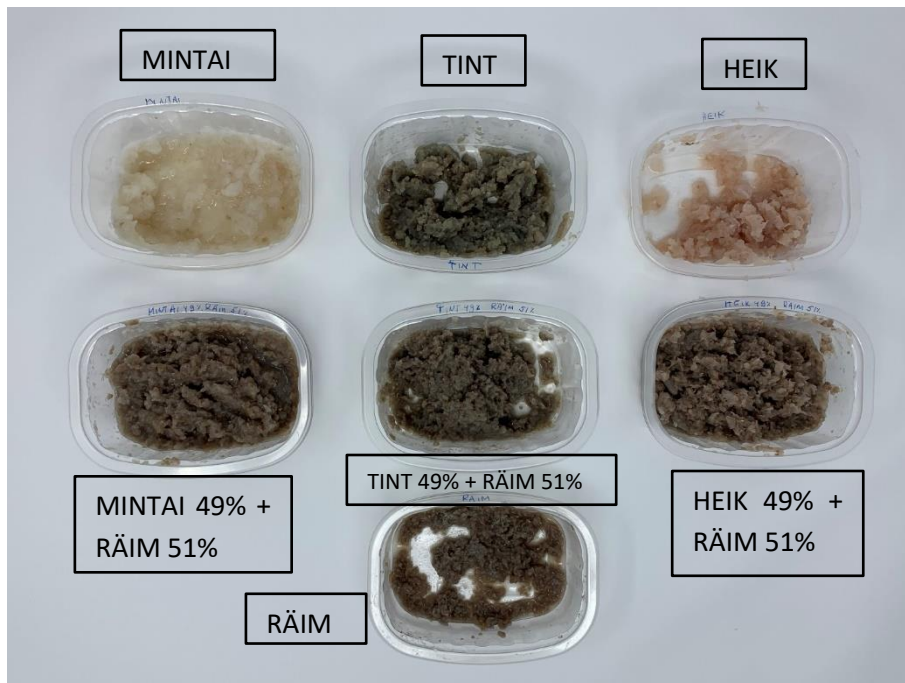
Tabel 7. Lincol White VM hinnad.

Valgendaja kogus	Lincol White VM	Lincol White VM CC	Lincol White VM HQ
1 kg	42,6	31,6	34,9

Tootjapoolset soovitus järgides kasutati maksimaalset kontsentratsiooni 1%, sellisel juhul maksab 1 kilo kalamassi valgendamine tootega Lincol White VM 0,43€, tootega Lincol White VM CC 0,32€ ja tootega Lincol White VM HQ 0,35€. Peale katseid 1-10 g/l kohta soovitas tootja koguseid suurendada 20-30 g/l kohta. Sellisel juhul maksaks 1kg kala valgendamine juba 2-3 korda kõrgemat hinda. Võttes taaskord arvesse räime ja kilu 2020. aasta keskmisi kokkuostu hindu, mis olid vastavalt 0,18€/kg ja 0,17€/kg, muutuks valgendatava toote hind mitmetes kordades kõrgemaks, seega antud juhul ei olnud suuremate koguste katsetamine enam mõttekas.

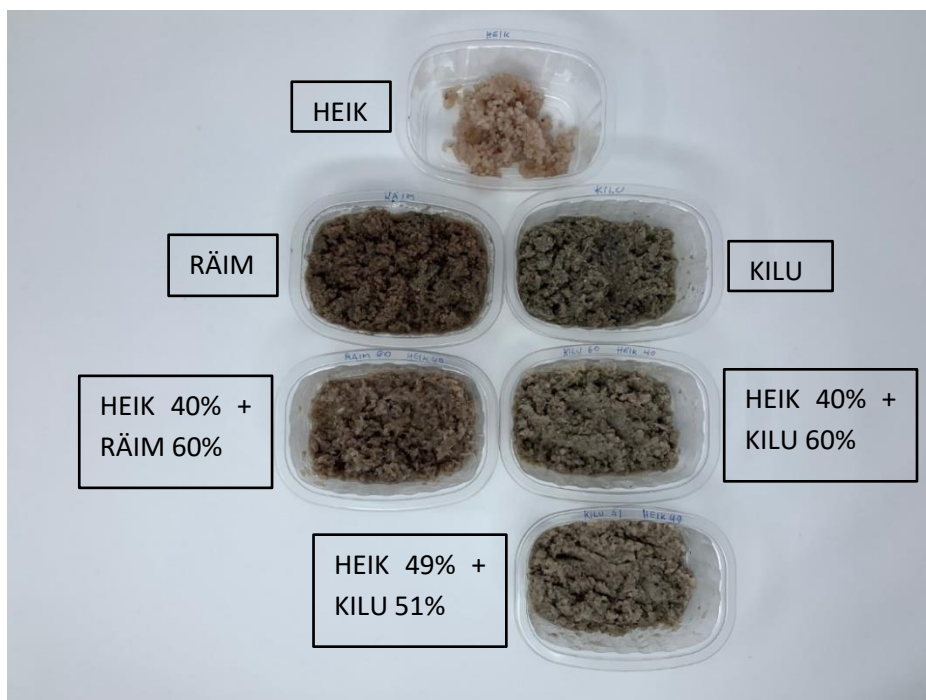
#### 5.1.7.5. Teiste kalaliikide kalaliha lisamine kuni 49% ulatuses

Mõistmaks suurimat saavutatavat efekti lisati räime ja kilu kalalihale esialgu maksimaalne lubatud kogus teiste kalade liha ehk 49%. Joonisel 14 on näha heledama tooniga kalalihade lisamise katseid räime hakkmassile.



Joonis 14. Mintai, tint ja heik segatuna räime hakkmassiga 49/51 vahekorras.

Hinnates Joonisel 14 nähtavaid katsete tulemusi leiti, et parima tulemuse andis heigi liha lisamine räime hakkmassile. Järgnevalt katsetati heigi liha lisamist ka kilu hakkmassile ning katsetati ka väiksema koguse ehk 40% heigi lisamist kilu ja räime hakkmassidele (Joonis 15).



Joonis 15. Heik segatuna kilu ja räime hakkmassiga 40/60 ja 49/51 vahekorras

Tehtud katsete tulemusi kalatööstuse esindajatega analüüsidest leiti, et 40% heigi liha lisamine nii kilu kui ka räime hakkmassidele annab sarnase tulemuse kui 49% lisamine ja pole põhjust suuremat kogust heigi liha segamiseks kasutada. Antud katse tulemustega jäädi rahule ning võttes arvesse heigi kokkuostuhinda ja eespool kirjeldatud teiste valgendamismeetodite katsete tulemusi on selline meetod kilu ja räime hakkmasside heledamaks muutmisel kõige otstarbekam.

### 5.1.8. Sobilikuima tehnoloogia rakendamine kahe püügihooaja kaladele

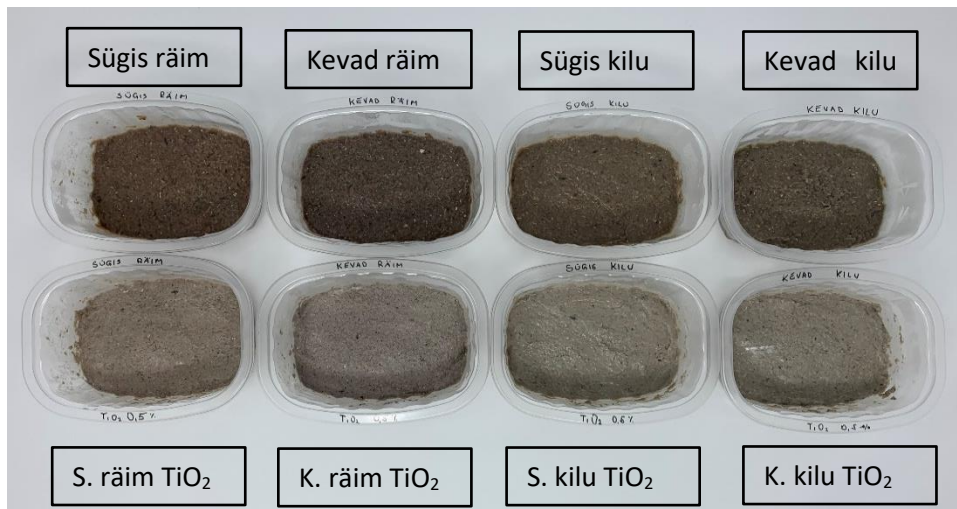
Hindamaks kõikide antud töö raames uuritavate kalade separeerimise saagikust viidi läbi katsed, mille käigus määrati kõikide kalade saagikust tervest kalast hakkmassi valmistamisel (Tabel 8). Kalad sulatati, nõrutati ning seejärel valmistati hakkmass laboriseadmega Reber 3.

Tabel 8. Sügisel ja kevadel püütud terve kilu ja räime hakkmassi saagikus laboriseadmega Reber 3

	Sissepanek, g	Jääk (luu ja nahk), g	Hakkmass, g	Kadu, g
<b>Sügis räim</b>	978	174	770	34
%	100	17,79	78,73	3,47
<b>Kevad räim</b>	656	96	530	30
%	100	14,63	80,79	4,57
<b>Sügis kilu</b>	1070	124	932	14
%	100	11,58	87,10	1,13
<b>Kevad kilu</b>	690	102	570	18
%	100	14,78	82,61	2,61

Tabelis 8 näidatud tulemusi analüüsidest leiti, et kõige suurema saagikuse määraga on sügisel püütud kilud (87,10%) ning kevadel püütud kilud on pea 5% madalama saagikuse määraga (82,61%). Räimede puhul aga saadi kõrgem saagikuse määr kevadel püütud kalades (80,79%) ja sügisel püütud kalade puhul madalam (78,73%). Kilude puhul kõrgema saagikuse saamine oli ootuspärane, sest kilude peaaegu on väiksem ja moodustab kogu keha massis väiksema osa kui räimede puhul. Hooaegadest tingitud erinevused võivad olla tingitud sellest, et kevadel püütud kalade rasvaprotsent on madalam kui sügisel püütud kaladel.

Eespool esitatud kalaliha valgendamise katsed näitasid, et kõige tulemuslikuma tooni erinevuse kalamassi heledamaks muutmisel andis titaanoksiidi lisamine kõrgeima soovitusliku kontsentratsiooniga 0,5%. Joonisel 15 on näidatud tulemus enne ja peale värvimist kõikide töös käsitletavate kalade hakkmasside valgendamisel.



Joonis 15. Sügisel ja kevadel püütud kilu ja räime hakkmassi valgendamine 0,5% titaanoksiidiga

Joonisel 15 näidatud hakkmassidest valmistati võrdse suurusega kotletid ning praeti pannil, et mõista hakkmassi värvuse muutumist peale kuumtöötlemist. Kotletid lõigati peale praadimist pooleks. Tulemused enne ja peale praadimist on näidatud joonistel 16 ja 17. Titaanoksiidi keelamise tõttu projekti jooksul otsustati samasugune katse viia läbi ka 40% heigi lihaga tehtud kotlettidega.



Joonis 16. Hakkmassist valmistatud kotletid enne praadimist



Joonis 17. Hakkmassist valmistatud kotletid peale praadimist, lahti lõigatud

Jooniselt 17 selgub, et titaanoksiidiga valgendatud hakkmass pruunistub praadides välispinnalt sarnaselt töötlemata hakkmassiga ent jääb siiski heledama pinnaga. Seest jääb tulemus ka peale praadimist heledam kui töötlemata hakkmass. Lisatud heigiga praetud kotletiga saavutati samuti heledam tulemus kui töötlemata kala hakkmassid, ent mitte nii heledad kui titaanoksiidiga töödeldud hakkmassi puhul.

### 5.1.9. Kalaliha separeerimise katsed tööstuskaalal

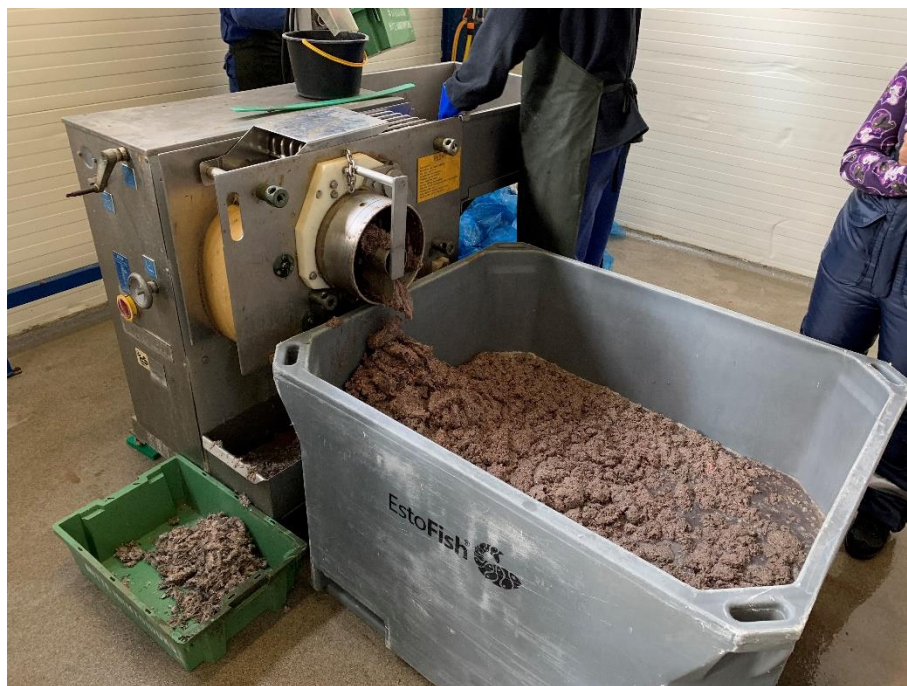
Tööstuskaalal katsed teostati 16. septembril 2021 Pärnumaal AS Hiiu Kalur hoonetes. 616 kilogrammist sulatatud kilust ja 550 kilogrammist räimest separeeriti tööstusliku separaatoriga hakkmass ning määrati erinevate fraktsioonide kogused. Lisaks katsetati väikese koguse värske kilu separeerimist, et näha, milline on vahe külmutatud kala ja värske kala separeerimise vahel.

#### 5.1.9.1. Tööstuskatse saagised

Tööstusliku separaatoriga (Joonis 18) valmistatud kalade hakkmasside saagised on välja toodud tabelis 9.

Tabel 9. Kilu ja räime tööstusliku separeerimise tulemused

	Terved kalad, kg	Jääk (luu ja nahk), kg	Hakkmass, kg	Kadu, kg
<b>Värske kilu</b>	46,3	0,92	41,3	4,08
<b>%</b>	100	1,99	89,20	8,81
<b>Sulatatud kilu</b>	616	18,22	592	5,78
<b>%</b>	100	2,96	96,10	0,94
<b>Sulatatud räim</b>	550	37,04	444	68,96
<b>%</b>	100	6,73	80,73	12,54



Joonis 18. Tööstuskatse. Sulatatud kilust hakkmassi valmistamine.

Tööstuses separeeritud kalade saagikust laboris teostatud katsetega võrreldes selgus, et suurte koguste ja tööstusliku seadmega on saagikus kõrgem. Endiselt on kilu separeerimise tulemus kõrgema saagikusega kui räime puhul, kuid osa erinevusest tulenes ka katset käigus tekkinud kõrge kao protsendi tõttu sulatatud räimede separeerimisel. Tegemist on konkreetse katse käigus tekkinud veaga, kus kogumisanuma kork oli lahti läinud ja osa vedelat faasi jõudis maha voolata.

Värske kilu separeerimisel oli kao protsent kõrgem kui sulatatud kilu puhul. See võib olla seotud külmutamisel toimuva lihasrakkude teatud määral lõhustumisega, mis omakorda soodustab hilisemas separeerimisprotsessi vedeliku eraldumist. Samas võrreldes tekkinud jääkide osakaalu värske ja sulatatud kilu vahel on tulemused sarnased ja võiks väita, et värske kala separeerimist võib soovitada just seetõttu,



et jääb ära energiamahukas külmutamise protsess kogu kalale. Kilu ja räime jääkide osakaalu võrreldes on sarnaselt laboris tehtud katsete tulemustele näha, et räime separeerimisel tekib suurem kogus jääkprodukti.

### 5.1.9.2. Hakkmassi mikrobioloogilised analüüsid

#### Bakterite üldarv

Mõistmaks saadud hakkmasside mikrobioloogilise riknemise võimalust viidi läbi mikroorganismide üldarvu analüüs mille tulemused on tabelites 10 ja 11.

Tabel 10. Mikroorganismide üldarv laboris valmistatud räime hakkmassides

Nimetus	Mikroorganismide üldarv, pmü/g
Räime rümp 0 punkt	$3,5 \times 10^3$
Räime rümp 2 h	$5,2 \times 10^3$
Terve räim 0 punkt	$3,2 \times 10^3$
Terve räim 2 h	$3,2 \times 10^3$

Tabel 11. Mikroorganismide üldarv tööstuses valmistatud kilu ja räime hakkmassides

Nimetus	Mikroorganismide üldarv, pmü/g
Külmutatud kilu hakkmass 0 punkt	$9,7 \times 10^3$
Külmutatud kilu hakkmass 2 tundi	$9,9 \times 10^3$
Külmutatud räim hakkmass 0 punkt	$1,9 \times 10^4$
Külmutatud räim hakkmass 2 tundi	$2,0 \times 10^4$
Värske kilu hakkmass 0 punkt	$1,7 \times 10^4$
Värske kilu hakkmass 2 tundi	$2,1 \times 10^4$

Võrreldes mikroorganismide üldarvu laboris ja tööstuses toodetud hakkmasside vahel järeldub, et puudub väga suur erinevus nimetatud toodete vahel. Natuke rohkem mikroorganisme leidis küll tööstuses saadud räime hakkmassides ja tööstuses saadud värske kilu hakkmassides. Samas ei ole ka need tulemused liiga kõrged ning selliste tulemustega saab jääda rahule, sest ei ületa kalahakklihale rakendatavat kriitilist väärtust  $1 \times 10^6$  pmü/g (Roasto & Laikoja, 2020).

#### *Coli*-laadsed bakterid

Laboris valmistatud hakkmassist teostati *E. Coli* arvuline määramine (lisa 1) ning peale tulemuste saamist soovitati analüüse teostanud laborist edaspidi teostada sarnastest proovidest *Coli*-laadsete bakterite arvuline määramine, sest määrates *Coli*-laadseid baktereid on suurem võimalus, et leitakse mõni inimesele ohtlik patogeen. Seega teostati tööstuses toodetud hakkmassist *Coli*-laadsete bakterite arvuline määramine (lisa 2). Laboris toodetud hakkmassidest *E. Coli* ega ka tööstuse hakkmassidest *Coli*-laadseid baktereid ei leitud ehk mõlemate analüüside tulemused jäid antud juhul alla määramispiiri, mis oli  $<1,0 \times 10^1$  pmü/g.

## **Clostridium perfringens**

Laboris ja tööstuses toodetud hakkmassidele teostati *Clostridium perfringens* arvuline määramine, mille tulemused on esitatud lisades 3 ja 4.

Ühestki võetud proovist *Clostridium perfringens* ei tuvastatud ehk jäi alla määramispiiri, mis oli  $<1,0 \times 10^1$  pmü/g.

## **Listeria monocytogenes**

Lisaks teostati ka *Listeria monocytogenes* tuvastamine nii laboris kui ka tööstuses valmistatud hakkmassidest. Ühestki proovist nimetatud patogeeni ei tuvastatud.

## **5.1.10. Luude pehendamise tulemused**

### **5.1.10.1. Happega töötlemine**

Katsete käigus prooviti esmalt 2-, 6- ja 24-tunnist hoideaega happelahuses. Peale 2-tunnist happes hoidmist hakkasid kalad lagunema ja väljanägemine muutus oluliselt halvemaks. Edasisi katseid otsustati läbi viia kuni 2 tunni vältel.

Äädikaga läbi viidud katsete järel selgus, et töötlus kõrgemate kontsentratsioonidega nagu 3% ja 5% pehmedab küll kalade luid, kuid sealjuures laguneb ka kogu ülejäänud kalaliha liigselt. Väiksema kontsentratsiooni juures olid luude pehendamise tulemused halvemad ning võtsid liiga kaua aega. Ka peale neutraliseerimist läbi viidud maitsemise järel selgus, et kala maitstes liiga hapult ja meenutas marineeritud kala, isegi madalas kontsentratsioonis läbi viidud katsete puhul. Seega antud katsed näitesid, et äädikas räime ja kilu luude pehendamiseks ei sobi, kui just tulemuseks ei soovita äädikamarinaadis kalatoodet.

Katsed soolhappes töödeldud kaladega andsid paremaid tulemusi kui äädikaga töödeldud kaladega. Peale töötlust säilitas kala oma struktuuri ja välimuse paremini ega lagunenu nii kergesti. Ometi võis märgata ka kalade lihas toimunud muutusi – liha tuli peale töötlust luude küljest paremini lahti ja oli käega murtav. Ka siin võis märga äädikhappega täheldatud tulemusi, kus kontsentratsioonide juures  $>5\%$  kala liha ja nahk hakkasid lagunema. Madalamate kontsentratsioonide puhul ja eelkõige kontsentratsiooni 1,5% puhul toimusid muutused lihas minimaalselt, kuid samas saavutati ka pehmenenud luud. Edasise töötluste huvides tuli siiski kaladega ettevaatlikult ümber käia, sest tekstuur nõrgenes. Soolhappega töötlustele peab järgnema neutraliseerimine söögisooda lahusega, sest vastasel korral jäävad kalad liiga hapu maitsega. Sensoriselt parim tulemus saavutati 1,5% soolhappes töödeldud kaladel. Kalade luud pehmenesid märkimisväärselt ning neutraliseerimine osutus edukaks ehk soolhappega töötlustest tulenevat haput maitset oli kas minimaalselt või üldse mitte tunda.

Erinevate lahuste töötluste aja ja temperatuuri katsest selgus, et kilude töötlemisel puudus hooajast tingituna vajadus kasutada erinevat töötlemise aegu, kuna erinevused sügiseste ja kevadiste kalade luudes olid kas väga väikesed või puudusid täiesti. Räimede puhul oli aga hooajaline erinevus väga selge: sügisel püütud kalade töötlemiseks kulus ligi kaks korda rohkem aega kui kevadel püütud räimede jaoks.

Kusjuures kevadiste räimede töötlemiseks kulub sama palju aega kui kilude töötlemiseks. Töödeldud kalade hindamiseks need paneeriti ja frititi laboris (Joonised 19 ja 20).



Joonis 19. Kalade fritimine laboris



Joonis 20. 1,5% soolhappes erinevate töötlushaegadega valmistatud kalade frittimise eelkatse

### 5.1.10.2. Neutraliseerimine

Katsed näitasid, et 30-minutilise neutraliseerimise tulemusega ei saanud rahule jääda, kala liha maitstes peale töötlemist liiga hapukalt. Tulemusi andsid töötlemised, mille aeg oli vähemalt 1 tund. Katsetulemusi

üldiselt kokku võttes selgus, et parim sensoorne tulemus saadakse, kui neutraliseerimise aeg on ligilähedaselt sama pikk kui ka happega töötlemise aeg. Neutraliseerimiseks osutus parimaks 3% söögisooda lahuse kasutamine, sest siis ei jäänud kalad liiga happelised ega võtnud ka veel külge sööda aluselist maitset.

### 5.1.10.3. Töötlusrežiimi valimine

Katsete käigus selgus, et erinevus erineval hooajal püütud kalade vahel tuleb märkimisväärselt esile vaid räime puhul. Sügishooajal püütud räime selgroog ning ribid on selgelt tugevamad ning suus tuntavamad kui kevadhooajal püütud räimedel. Kevadhooajal püütud räime luud sarnanesid kilu luudega ning eelkaitsed näitasid, et nende puhul tasub kasutada sarnast töötlusrežiimi. Sügisel püütud räime töötlemiseks kulus ligikaudu poole kauem aega. Neutraliseerimiseks kasutati sama pikka leotusaega söögisoodas kui pikk oli happetöötlus.

Sensorsete hindamiste tulemusena leiti, et kõige paremad tulemused andsid tabelis 12 esitatud töötlusrežiimid.

Tabel 12. Optimaalsed töötlus režiimid 1,5% HCl lahuses ja 3% NaHCO<sub>3</sub> lahuses

Sügis räim	Kevad räim	Sügis kilu	Kevad kilu
2,5 tundi HCl	1,5 tundi HCl	1 tundi HCl	1 tundi HCl
2,5 tundi NaHCO <sub>3</sub>	1,5 tundi NaHCO <sub>3</sub>	1 tundi NaHCO <sub>3</sub>	1 tundi NaHCO <sub>3</sub>

### 5.1.11. Luude pehendamise katsed tööstuskaalal

Tööstuskatsed viidi läbi 16.-17.09.2021 Läätsa Kalatööstuses Saaremaal.

Kala rümbad valmistati tööstuses ette mehhaaniliselt masina poolt. Tööstuskatse käigus prooviti laboris välja töötatud töötlusrežiimi suuremas mahus: 10 kilogrammi nii sulatatud räime- kui ka kilurümpa töödeldi 20 liitris 1,5% soolhappes ning neutraliseeriti 20 liitris 3% soodalahuses (Joonis 21).

Kilu rümpade töötlemiseks valiti töötlemise režiim 1 tund happes + 1 tund soodalahuses ning räime rümpade töötlemiseks režiim 2 tundi happes + 2 tundi soodalahuses. Kahe töötluse vahel kalad kurnati ning loputati puhta voolava veega, kalu liigselt raputamata, et vältida mehhaanilisi vigastusi. Peale neutraliseerimist kalad taaskord kurnati ning loputati puhta voolava veega ning asetati jahekambrisse kuni järgmise töötlemise etapini, mis antud katses toimus järgmisel päeval ehk kalad seisis üleöö jahekambris.



Joonis 21. Kilu ja räime töötlemine tööstuses.

Järgmise töötlustapina kalad paneeriti ning küpsetati praepliidil õlis. Kasutati kahte paneeringut: riivsaia ning taigen. Enne riivsaiaaga katmist kasteti kalad munamassi sisse ning seejärel lasti üleliigselt munasegult maha nõrguda. Seejärel kaeti kalad riivsaiaaga ning asetati praepliidi pannile. Taigenaga paneerimiseks kaeti kalad taigenaga kalu ettevaatlikult segades, kuni ühtlase tulemuse saavutamiseni, seejärel asetati taigenaga kaetud kalad praepliidi pannile (Joonis 22.).



Joonis 22. Kalade katmine taigenaga.

Kilusid kuumtöödeldi 160°C juures 3 minutit, räimi 4 minutit (Joonis 23). Antud režiimide valikul lähtuti tööstuses kasutusel olevale praktikale ja kasutati antud seadmete ning toorainele sobivat optimaalset küpsetusrežiimi.



Joonis 23. Praepliit kalatööstuses.

Peale kuumtöötlemist asetati kalad jahtuma (Joonis 24).



Joonis 24. Kalad peale kuumtöötlemist

Kuumtöödeldud ja jahtunud kalad pakendati tööstuses olemasoleval pakkeliinil (Joonis 25), mis võimaldas kalade pakkimise kindla gaasiseguga keskkonda. Kasutatud gaasisegu sisaldas 25% süsinikdioksiidi ja 75% lämmastikku.



Joonis 25. Kalade pakendamine gaasikeskkonda.

## 5.1.12. Tööstuskatse säilivuskatsete tulemused

### Bakterite üldarv

Bakterite üldarvu tulemused +4 °C juures hoitud proovidele alates 0 proovist kuni 4. nädalani on näidatud tabelis 13.

Tabelites 13 ja 14 on osade tulemuste taga seisev lühend „Est“, mis tähendab, et tulemus on hinnanguline. Seda kasutatakse siis, kui tulemuste loendamisel kolooniate arv on väike ja vastus pole nii täpne vaid pigem hinnanguline. „Est“ lühendit võib kasutada kas siis, kui kolooniate arv ületab ettenähtud normi, aga suuremaid lahjendusi pole saadaval ehk pole nii palju lahjendusi analüüsitud.

Tabel 13. Külmkapis +4 °C juures hoitud proovide mikroorganismide üldarvu määramine

Proovi nimetus	Mikroorganismide üldarv, pmü/g
Kilu töötlemata, 0 punkt	$1,6 \times 10^2$
Räim töötlemata, 0 punkt	$6,0 \times 10^1$ Est
Kilu riivsaia, 0 punkt	$<4,0 \times 10^1$
Kilu riivsaia, 1. nädal	$2,1 \times 10^2$
Kilu riivsaia, 2. nädal	$4,0 \times 10^2$
Kilu riivsaia, 3. nädal	$1,5 \times 10^7$
Kilu riivsaia, 4. nädal	$1,1 \times 10^3$
Räim riivsaia, 0 punkt	$5,1 \times 10^2$
Räim riivsaia, 1. nädal	$4,0 \times 10^2$
Räim riivsaia, 2. nädal	$5,5 \times 10^2$
Räim riivsaia, 3. nädal	$2,4 \times 10^5$
Räim riivsaia, 4. nädal	$1,0 \times 10^3$
Kilu taigas, 0 punkt	$5,0 \times 10^1$ Est
Kilu taigas, 1. nädal	$<4,0 \times 10^1$
Kilu taigas, 2. nädal	$6,0 \times 10^1$ Est
Kilu taigas, 3. nädal	$6,6 \times 10^2$
Kilu taigas, 4. nädal	$1,2 \times 10^5$
Räim taigas, 0 punkt	$4,0 \times 10^1$ Est
Räim taigas, 1. nädal	$6,1 \times 10^2$
Räim taigas, 2. nädal	$8,1 \times 10^2$
Räim taigas, 3. nädal	$1,7 \times 10^3$
Räim taigas, 4. nädal	$5,2 \times 10^3$

Tabelis 13 on näha, et bakterite üldarvu näitajad vastavad soovituslikele juhendnäitudele, kus kriitiliseks väärtuseks kuumtöödeldud kalade kohta on  $1 \times 10^6$  pmü/g (Roasto & Laikoja, 2020). Ainsa erandina on liiga kõrge näitajaga „Kilu riivsaia 3. nädal“, mille tulemus  $1,5 \times 10^7$  pmü/g ületab kriitilist väärtust  $1 \times 10^6$  pmü/g. Tulemust võib lugeda juhuslikuks kõrvalekaldeks, mis võib olla tingitud käsitsi pakendamisest, sest samas toote varasemates ja hilisemates proovides olid tulemused alla piirmäära. Ilmselt oli tulemus ühekordse saastumise põhjus ja sellest lähtuvalt üldiseid säilivusaja negatiivseid järeldusi teha ei saa, küll aga juhib see tähelepanu protsessi vajalikule puhtusele. Katsetootmises oli aga tavapärasest rohkem käsitööd, sest mahud olid väikesed, seega oht juhuslikuks kõrvalekaldeks suurem.



Bakterite üldarvu tulemused -20 °C juures hoitud proovidele alates 1 kuust kuni 6 kuuni on näidatud tabelis 14.

Tabel 14. Sügavkülmas -20 °C juures hoitud proovide mikroorganismide üldarvu määramine

Proovi nimetus	Mikroorganismide üldarv, cfu/g
Kilu riivsaia, 1. kuu	$2,5 \times 10^2$
Kilu riivsaia, 2. kuu	$6,0 \times 10^1$ Est
Kilu riivsaia, 3. kuu	$2,9 \times 10^2$
Kilu riivsaia, 4. kuu	$7,0 \times 10^1$ Est
Kilu riivsaia, 5. kuu	$<1,0 \times 10^1$
Kilu riivsaia, 6. kuu	$<4,0 \times 10^1$
Räim riivsaia, 1. kuu	$2,7 \times 10^3$
Räim riivsaia, 2. kuu	$<1,0 \times 10^1$
Räim riivsaia, 3. kuu	$4,1 \times 10^2$
Räim riivsaia, 4. kuu	$<4,0 \times 10^1$
Räim riivsaia, 5. kuu	$<4,0 \times 10^1$
Räim riivsaia, 6. kuu	$<4,0 \times 10^1$
Kilu taigas, 1. kuu	$2,7 \times 10^2$
Kilu taigas, 2. kuu	$1,0 \times 10^2$
Kilu taigas, 3. kuu	$<4,0 \times 10^1$
Kilu taigas, 4. kuu	$7,0 \times 10^1$ Est
Kilu taigas, 5. kuu	$7,0 \times 10^1$ Est
Kilu taigas, 6. kuu	$1,4 \times 10^2$
Räim taigas, 1. kuu	$2,1 \times 10^2$
Räim taigas, 2. kuu	$1,4 \times 10^2$
Räim taigas, 3. kuu	$4,0 \times 10^1$ Est
Räim taigas, 4. kuu	$4,0 \times 10^1$ Est
Räim taigas, 5. kuu	$<4,0 \times 10^1$
Räim taigas, 6. kuu	$1,1 \times 10^2$

Antud analüüside tulemused jäävad juhendnäitude piiridesse ja on ootuspärased. Säilivusaja jooksul ei toimunud ootuspäraselt mikrobioloogilisi muutusi.

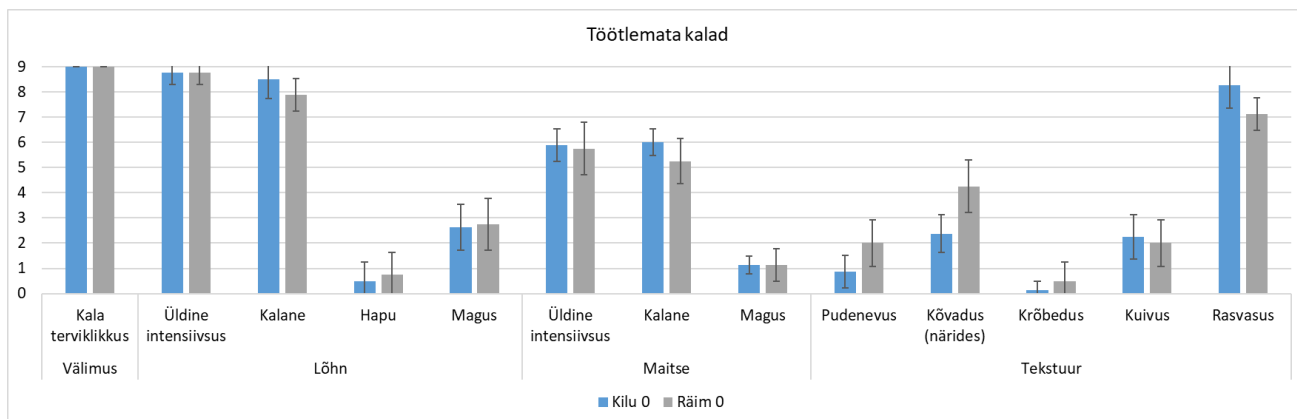
#### **Coli-laadsed bakterid**

Coli-laadsete bakterite arv +4 °C juures hoitud proovidele alates 0 proovist kuni 4. nädalani on näidatud lisa 5. Kõikides analüüsitud proovides jäi tulemus alla  $<1,0 \times 10^1$  määramispiiri

Coli-laadsete bakterite arv -20 °C juures hoitud proovidele alates 1 kuust kuni 6 kuuni on näidatud lisa 6. Kõikides analüüsitud proovides jäi tulemus alla  $<1,0 \times 10^1$  määramispiiri

#### **5.1.12.1. Sensoorne analüüs**

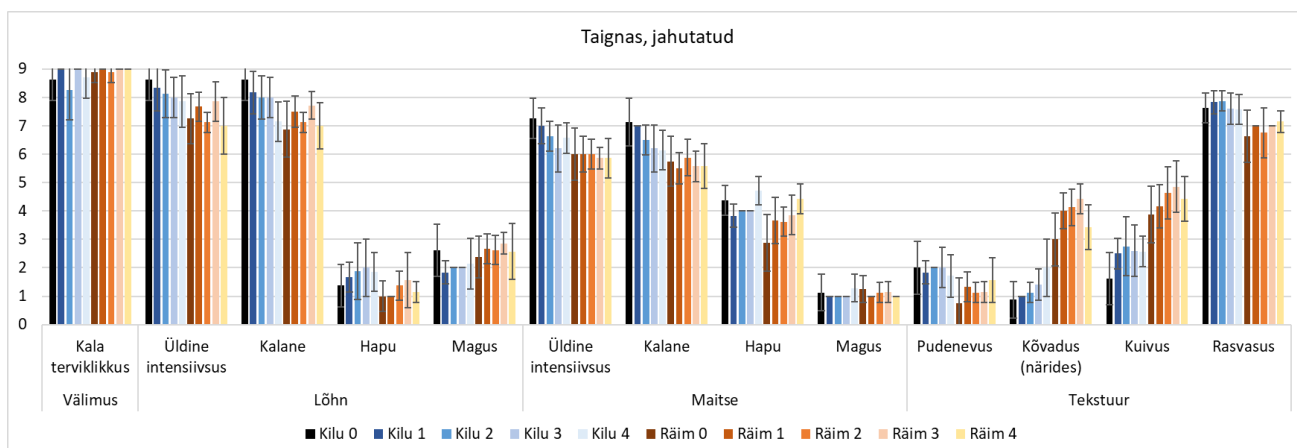
Joonisel 26 on näidatud töötlemata kalade sensoorsed omadused kohe peale tööstuses kalade töötlemist.



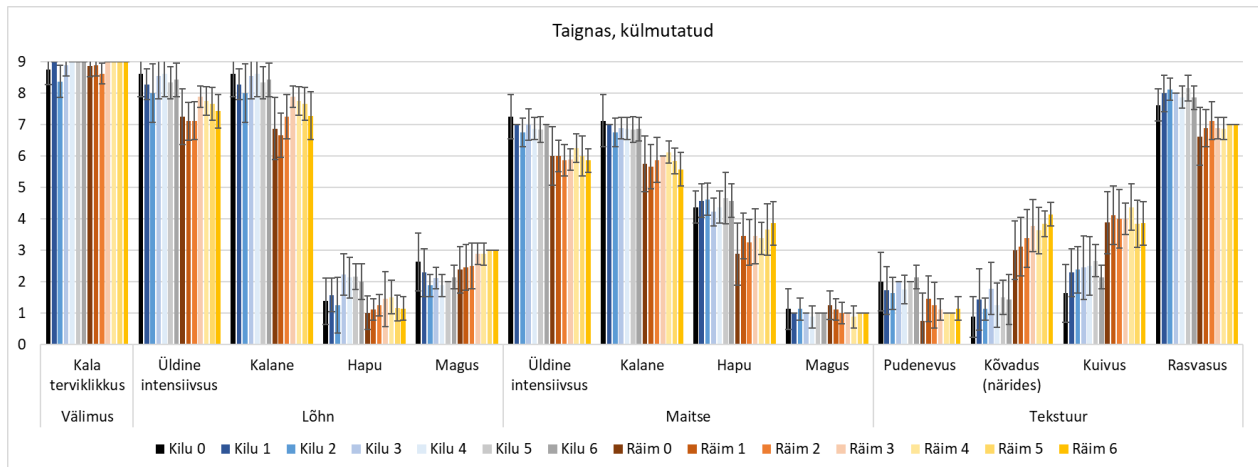
Joonis 26. Tööstuskatsete käigus valminud happega töötlemata kilu ja räime sensoorne võrdlus

Kilu ja räime omavahelises võrdluses saab välja tuua, et kuigi kalade hinnatud väärtused olid sarnased, esines siiski erinevusi. Näiteks on raim lõhna poolest natuke vähem intensiivne kui kilu, aga veidi enam hapu ja magus kui kilu. Maitse poolest oli raim kilust vähema kalasusega, kuid üldise intensiivsuse ja magususe poolest väga sarnane. Suurimad erinevused tõusevad esile tekstuuris, sest räime puhul hinnati pudenevust, kõvadust ja krõbedust kõrgemalt kui kilu puhul, samas kilu puhul kuivust ja rasvasust kõrgemalt kui räime puhul. Joonisele ei lisatud rääsunud lõhna ja kõrvallõhnu, maitsetest rääsunud maitset, haput ja kõrvalmaitseid, sest nende väärtused olid 0.

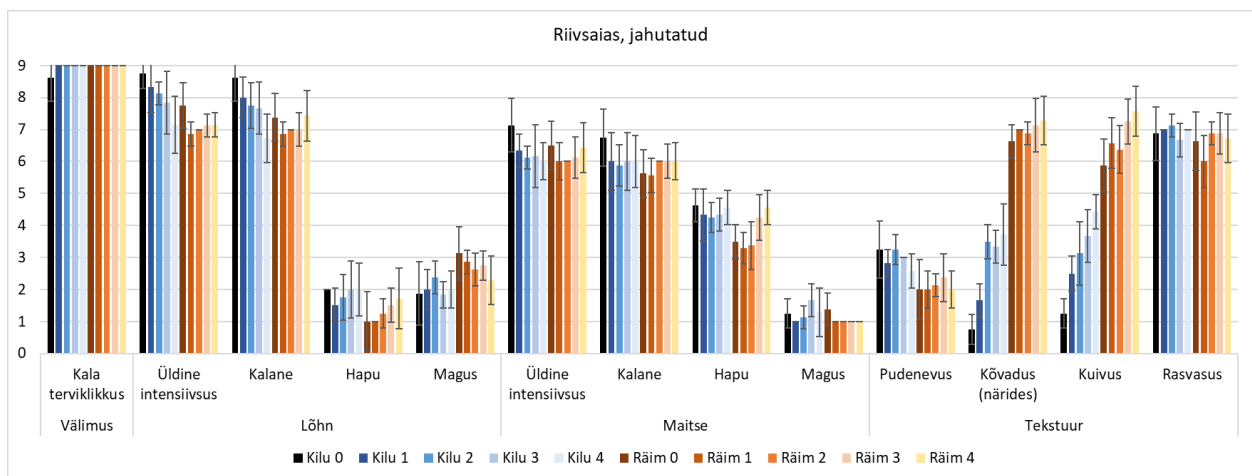
Joonis 27-30 on näha säilivuskatses hinnatud kalade sensorsete omaduste muutused, jahutatud kalade puhul 4-nädalase perioodi jooksul ja külmutatud kalade puhul 6-kuulise perioodi jooksul.



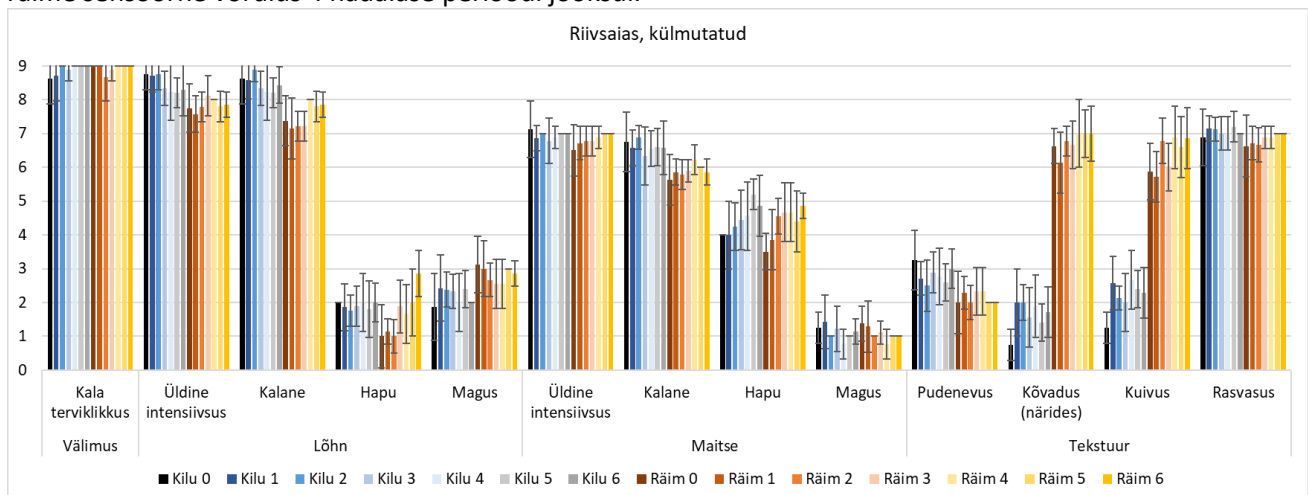
Joonis 27. Tööstuskatsete käigus valminud happega töödeldud ja taignas paneeritud jahutatud kilu ja räime sensoorne võrdlus 4 nädalase perioodi jooksul.



Joonis 28. Tööstuskatsete käigus valminud happega töödeldud ja taignas paneeritud külmutatud kilu ja räime sensoorne võrdlus 6 kuulise perioodi jooksul.



Joonis 29. Tööstuskatsete käigus valminud happega töödeldud ja riivsaias paneeritud jahutatud kilu ja räime sensoorne võrdlus 4 nädalase perioodi jooksul.



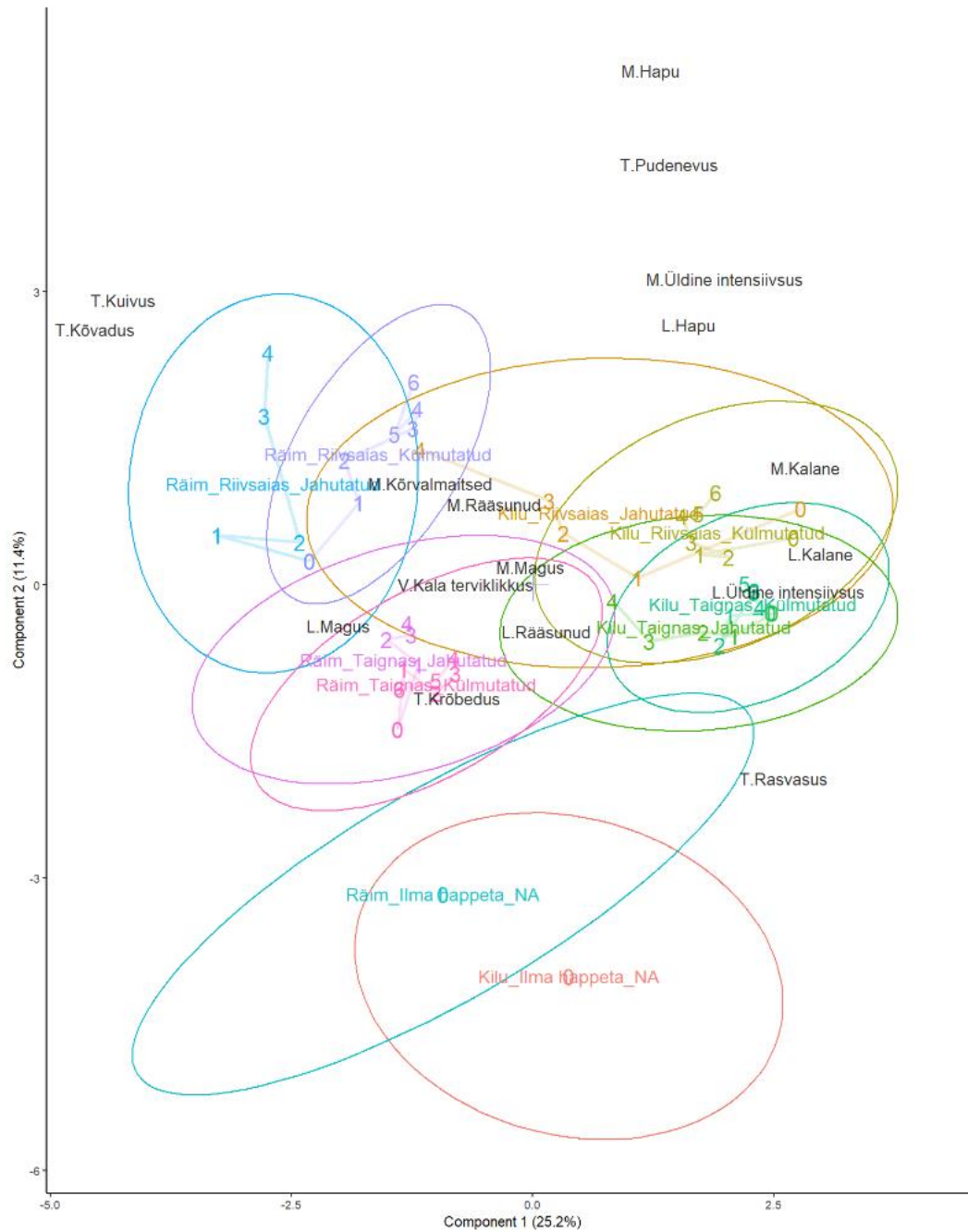
Joonis 30. Tööstuskatsete käigus valminud happega töödeldud ja riivsaias paneeritud külmutatud kilu ja räime sensoorne võrdlus 6 kuulise perioodi jooksul.

Hinnates joonistel 26-30 välja toodud kalade sensoorseid omadusi selgub, et kilu oli lõhnas hapukam ja kalasem ning vähem magusam kogu katse jooksul. Maitse poolest on pilt üsna sarnane, kuid säilivusaja jooksul kipuvad omadused räime proovidega ühtlustuma ehk vähenema. Tekstuurilt oli kilu vähem kuivem, vähem kõvem ja rohkem pudenev. Rasvasus oli sarnane, kuigi taignas proovide puhul tundus assessoritele kilu üldiselt rasvasem. Kala terviklikkust hinnati välimuses individuaalselt ning seega oli tulemuses lubatud suurem kõikumine sõltuvalt erinevatest tükkidest, mis assessoritele serveeriti. Üldpildis olid siiski kalad sarnase terviklikkusega ning väga suuri kõikumisi polnud. Seda näitab ka see, et keskmised hinnete vahed pole väga suured.

Hinnates paneeringu tüüpe omavahel selgus, et lõhnaomadused ei olnud suurte erinevustega, v.a. hapusus, mis kasvas riivsaia kilude puhul kiiremini kui riivsaia räimes ning kõigis külmutatud proovides. Küll aga võis taignaga proovides alates 6.-st kuust tekkida rääsunud lõhn. Samas tuleb tähelepanu pöörata sellele, et ainult külmutatud proove säilitati nii kaua. Samuti oli rääsunud lõhna keskmine hinne niivõrd madal (alla 1 punkti), et seda täheldasid pigem üksikud assessorid, kes sellele tundlikumad on. Joonisel pole rääsunud lõhna tulemusi joonise parema loetavuse eesmärgil eraldi välja toodud. Ka maitstes ei olnud suuri vahesid, kuid tundub, et taignas kalade puhul säilisid omadused paremini. Sellele viitab see, et hapusus (eriti räime puhul) tõuseb ajas, kui taignaga proovidel on muutused aeglasemad. Kalane maitse langeb eriti järsult riivsaia jahutatud kilu puhul, kuid taignas variandi puhul toimub muutus aeglasemalt. Külmutatud riivsaia kalade puhul täheldati maitstes ka kõrvalmaitseid (alates 3. kuu, kirjeldused „kibe“, „vana“) ja rääsumist (alates 4. kuu). Kõige suuremad erinevused paneeringu puhul tekkisid kindlasti tekstuuris. Riivsaia räimed olid kuivemad ja kõvemad taignas räimedest (kilude puhul pigem sarnanesid). Samas olid riivsaia tooted vähem rasvasemad ja rohkem pudenevad võrreldes taignaga.

Joonisel 31 on toodud „partial least squares-discriminant analysis“ (PLS-DA) graafik kalade sensoorse analüüsi tulemuste kohta.

Põhilised järeldused PLS-DA joonist analüüsides olid, et kilud olid intensiivsema, kalasema, hapukama maitsega ning räimed magusama maitsega, ent kuivema ja kõvema tekstuuriga. Paneeringu võrdlusel tundus, et riivsaia proovid olid kuivema, kõvema tekstuuriga (eriti räime puhul) ning hapuma lõhnaga (eriti kilu puhul). Külmutatud-jahutatud proovid olid algselt sensorsetelt omadustelt sarnased, kuid näeme, et ajapunktides tekivad suuremad erinevused (vt. nummerdatud jooni). Näiteks Kilu\_Riivsaia\_Külmutatud proovil püsivad erinevad ajapunktid üsna lähestikku, kui aga Kilu\_Riivsaia\_Jahutatud punktid on sealjuures rohkem hajutatud ning viimase katsepunktiga kõige kaugemal 0-punktist. Samas demonstreerib graafik ka seda, et enamuse proove olid omavahel küllaltki sarnased, mida näitavad suuresti kattuvad ringid.



Joonis 31. PLS-DA graafik kalade sensoorsest analüüsist.

### 5.1.12.2. Gaasikeskkonna mõju hindamine säilivusajale

Gaasikeskkonda pakendatud kalade pakendi sisu mõõtmistulemused on esitatud tabelis 15.

Tabel 15. Gaasikeskkonda pakendatud kalade pakendi sisu mõõtmistulemused

Jahutatud kalad				Külmutatud kalad			
	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>		O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
20.09.2021				19.10.2021			
Kilu riiv sai, töötlemata	0,24	26,9	72,9				
Räim riiv sai, töötlemata	0,11	19,7	80,2				
Kilu riiv sai	0,17	27,7	72,1	Kilu riiv sai	0,03	27,9	72,1
Räim riiv sai	9,15	16,1	74,8	Räim riiv sai	0,05	27	72,9
Kilu taignas	0,07	28,2	71,7	Kilu taignas	0	28	72
Räim taignas	0,22	27,3	72,5	Räim taignas	0,01	25,7	74,3
27.09.2021				17.11.2021			
Kilu riiv sai	0,15	27,5	72,3	Kilu riiv sai	0,15	26,8	73,1
Räim riiv sai	0	24,6	75,4	Räim riiv sai	0,06	25,1	74,8
Kilu taignas	0,02	27	73	Kilu taignas	0	25,8	74,2
Räim taignas	0,05	24	76	Räim taignas	0,02	24,1	75,9
05.10.2021				22.12.2021			
Kilu riiv sai	0,2	27,2	72,6	Kilu riiv sai	0,02	22,3	77,7
Räim riiv sai	0,05	25	74,9	Räim riiv sai	0,02	21,3	78,7
Kilu taignas	0,03	26,3	73,7	Kilu taignas	0,17	25,1	74,7
Räim taignas	0,04	23	77	Räim taignas	0,08	20	79,9
11.10.2021				19.01.2022			
Kilu riiv sai	0,14	25,3	74,6	Kilu riiv sai	0,02	23,2	76,9
Räim riiv sai	0,08	23,2	76,7	Räim riiv sai	0,18	24	75,9
Kilu taignas	0,01	22,5	77,5	Kilu taignas	0,21	21,3	78,5
Räim taignas	0,03	20,5	79,5	Räim taignas	0,04	22	77,7
19.10.2021				16.02.2022			
Kilu riiv sai	0,18	21,3	78,5	Kilu riiv sai	0,17	21	78,8
Räim riiv sai	0,06	20,5	79,4	Räim riiv sai	0,09	23,4	76,5
Kilu taignas	0,04	21,1	78,9	Kilu taignas	0,01	20,7	79,3
Räim taignas	0,05	19,4	80,5	Räim taignas	0,04	21,3	78,7
				16.03.2022			
				Kilu riiv sai	0,01	20,9	79,1
				Räim riiv sai	0,19	22,6	77,2
				Kilu taignas	0,22	22,3	77,4
				Räim taignas	0,05	21,9	78

Mõõtmistulemustest selgub, et pakend on gaasisegu hästi hoidnud ja hapnikutase ei ole pakendis tõusnud. Sellest saab järeldada, et antud pakend ja säilitamistingimused on sobilikud kala säilitamiseks valitud meetodil.

## 5.2. Järeldused

- Töö tulemusena selgus, et sobilikum viis kilu ja räime separeerimiseks on kasutades separeerimiseõela avade suurusega 1,1 millimeetrit ning tööstuses oleks soovituslik kasutada samasse suurusjärku jäävate avadega sõela. Suurema sõelaavaga sõela kasutamine ei ole soovitatav, sest sellisel juhul tuleb liiga palju kala sisikonna, naha ja muude soovimatute osade tükke.
- Laboriseadmega kala hakkmassi valmistamisel tuleb saadavat massi mitu korda läbi masina ajada, et väljatulekut maksimeerida. Tööstusliku seadme puhul piisab ühekordsest läbi ajamisest, sest seadmete töömehhanism on erinev. Laboriseade on tiguajamiga, tööstuslik seade aga lindiga.
- Laboris tervetest kaladest hakkmassi separeerimisel on saagis 85%, rümpade kasutamise puhul vaid 58% kalade algmassist. Saagise maksimeerimiseks on majanduslikult kasulik kasutada separeerimiseks terveid kalu. Lisaks puudub sellisel viisil ka täiendab töötlemise etapp ehk rümpade valmistamise etapp.
- Hooajaliste erinevuste tõttu kilu ja räime morfoloogias leiti, et suurima saagikuse hakkmassi valmistamisel saavutatakse sügisel püütud kiludega, mille rasvasisaldus on kõrgem kui kevadel püütud kiludel. Räumede puhul olid tulemused vastupidised ning tingitud ilmselt sügisräime pea suurusest.
- Vesinikperoksiidiga kalaliha valgendamine andis küll teatud efekti, kuid soovitud tulemust siiski ei saavutatud ning kulu materjalidele on suur, lisanduks täiendav töötlemise etapp. Seega on meetod majanduslikult mittetasuv.
- Titaanoksiidiga kalaliha valgendamine andis soovitud tulemuse 0,5% aine kasutamise korral.
- Alternatiivsetest valgendajatest suurima positiivse muutuse kalaliha hakkmassi värvusele saavutati kasutades Avalanche MB P-WD valgendajat 4% lisamisel, mis oli ka tootja poolne maksimaalne soovituslik kogus.
- Alternatiivsete valgendajate efekt oli siiski märgatavalt väiksem kui titaanoksiidi kasutamisel ning alternatiivsete valgendajate hind tõstab saadava hakkmassi omahinda niivõrd palju, et nad ei sobi kasutamiseks sellise hinnaga tooraine nagu kilu ja räim, valgendamiseks.
- Sobilikumaks meetodiks kalaliha valgendamisel osutus teiste, heledamate kalade liha lisamine kilu ja räime hakkmassile. Parimaks lahenduseks oli heigi hakkliha lisamine 40% ulatuses, sest heik on heleda lihaga ning selle kokkuostu hind piisavalt madal, et antud meetod end ära tasuks.
- Hakkmassi tootmine tööstuses ajamahukas protsess ning kala kiiresti riknev toiduaine. Antud töös leiti, et kahe tunni möödudes hakkmassi tootmisest on mass mikrobioloogiliselt riknemise seisukohast ohutu ning selle aja sees sügavkülmutamine on teostatav.
- Kala luude pehmemdamise labori katsetes selgus, et üle kahe tunnine kilu ja räime leotamine happelahuses hakkab kala lagundama.

- Äädikahappega luude pehmemdamisel toimisid laborikatsetel kontsentratsioonid 3% ja 5%, kuid nende kasutamisel lagunes kala liiga palju, et edasine kalade panerimine ja küpsetamine võimalik oleks. Madalamad kontsentratsioonid aga ei pehmenanud luid piisavalt.
- Soolhappega läbi viidud laborikatsed näitasid kõrgemate kontsentratsioonide juures, nagu 5% ja kõrgemad, sarnaseid tulemusi äädikahappega töödeldud kalade puhul, kus kala liha hakkas luude küljest eralduma ja muutuma käega murtavaks.
- Madalama, 1,5% kontsentratsiooni juures toimis soolhape soovitud eesmärgipäraselt – luud pehmenesid, kuid liha jäi luude külge ning kala oli hiljem võimalik veel töödelda, paneerida ning frittida.
- Kõik kalade luude pehmemdamised viidi läbi 1,5% soolhappe lahuses.
- Erinevatel hooaegadel püütud kilu ja räime luude pehmemdamiseks katsetati erineva pikkusega happes leotamise aega. Enim, 2,5 tundi, vajasis sügisel püütud räimed, mis on ka teistest antud katses osalenud kaladest suuremad. Kevadräime luude pehmemdamiseks piisas 1,5 tunnist soolhappes. Nii sügisel kui ka kevadel püütud kilude luude pehmemdamiseks piisas ühe tunnisest happes leotamisest.
- Happega töötlusele peab järgnema ka kalade neutraliseerimine, et soolhape reageeriks ära ega satuks inimese organismi. Selleks katsetati söögisoodas leotamist. Sobilikuks neutraliseerimise meetodiks osutus hapest poole suurema kontsentratsiooniga ehk 3% soodalahuses leotamine sama aja vältel, mil toimus ka happetöötlus, vastavalt kala liigist ja hooajast 1; 1,5 või 2,5 tundi.
- Kalad paneeriti kahes enimlevinud paneeringus –riivsaiaga ning taignas. Sobivaks kuumtöötluseks leiti tööstuslikus praepliidis 160 °C juures küpsetamine, kiludel 3 minuti ja räimedel 4 minuti vältel. Järgnes jahutamine ning gaasikeskkonda pakendamine.
- Kalu säilitati jahekambris +4°C juures 4 nädalat ning sügavkülmas 6 kuud -20°C juures. Jahekambris hoitud kalu hinnati iganädalaselt sügavkülmas hoitud kalu igakuiselt. Hinnati gaasikeskkonna muutust pakendis, kalade sensoorseid omadusi ning mikrobioloogilisi näitajaid. Tulemused näitasid kasutatud pakendi ja säilivusaja sobilikkust antud tootele.



## 6. Kokkuvõte

Kalaliha separeerimise katsed näitasid, et nii kilu kui räime puhul on kalaliha võimalik separeerida nii terve kalast kui ka rümbast. Laborikatsete käigus separeeritud räimede puhul saadi saagiseks 85,01% kogu kala massist. Separeerides ainult rümpasid, saadi saagiseks 58,03%. Seega antud saagised näitavad terve kala separeerimise eelist saagise mõttes, miinuseks oli aga asjaolu, et terve kala separeerimisel jõuab kalamassi ka teatud osa sisikonnast. Tööstuskatses separeeriti kokku 1212 kg kala. Separeeriti terveid kalu. Saagised olid kilu puhul 96,10% ning räime puhul 80,73% (antud väärtus võib olla kõrgem, sest tööstuskaala katses eraldus teatud osa vedelikku kogumisanuma avatud korgi tõttu). Mikrobioloogilise analüüsi tulemused näitasid, et toiduohutuse seisukohalt on antud kalaliha mass inimtoiduks sobiv.

Kalaliha valgendamise eesmärgil katsetati mitmeid erinevaid valgendamise ja pleegitamise meetodeid, millest esimene oli pleegitamine vesinikperoksiidiga, mille puhul leiti, et tulemus ei ole piisav, et õigustada tekkivat kulu kemikaalidele ja tootmisprotsessi pikenemist. Seejärel katsetati valgendamist erinevate alternatiivsete valgendajatega, mis andsid küll osalise tulemuse, ent siiski ei osutunud valituks, sest rahuldav ei olnud nii visuaalne tulemus ehk sensoorne kvaliteet kui ka lisanditest juurde tulev omahinna tõus. Tulemus, mida loeti arvestatavaks, saavutati titaanoksiidi lisamisega, kuid projekti jooksul tulid uued seadusandlikud korraldused: 14.01.2022 on Euroopa Komisjon otsustanud titaanoksiidi kasutamise toiduainetes keelata ning alates 7.08.2022 ei tohi müüdavad tooted titaanoksiidi enam sisaldada.

Räime ja kilu liha oli võimalik heledamaks muuta läbi muud liiki kalade liha lisamise. Katetes kasutati tindi, mintai ja heigi liha, sest nende kalade kokkuostu hind on vastuvõetav kilu ja räimega võrreldes. Katsed näitasid et parima tulemuse andis heigi liha segamine vahekorras 40/60, kus 40% moodustas heigi liha ja 60% kilu või räime liha.

Räime ja kilu luude pehmendamiseks katsetati soolhappe ja äädikhappega töötlust erinevatel kontsentratsioonidel ja erineva aja jooksul. Katsed näitasid, et äädikhape ei sobi, sest kõrgematel kontsentratsioonidel muutub kalaliha liiga pehmeks ja laguneb, madalamatel kontsentratsioonidel ei muutu aga luud märkimisväärselt pehmemaks. Soolhape näitas aga positiivseid tulemusi, sest luud muutusid pehmemaks ning liha ei olnud nii lagunev. Erinevate katsetuste tulemustena valiti välja töötlusrežiimid, millede puhul sõltus nii soolhappe lahuse kontsentratsioon kui töötluste aeg nii kalaliigist kui püügihooajast.

Kõige pikem töötlusrežiim osutus vajalikuks sügisel püütud räimede töötlemisel: 2,5 tundi 1,5% soolhappes ja 2,5 tundi 3% soodalahuses leotamist. Kevadel püütud räime puhul on sama happe ja soodalahuse kontsentratsiooni juures töötluste ajad vastavalt 1,5 tundi ja 1,5 tundi. Kilu puhul püügihooajast sõltuvalt erinevat töötlusrežiimi ei ole ja nii kevadel kui ka sügisel püütud kilude puhul peaks kalu töötlemise 1,5% soolhappes 1 tund ja 3% soodalahuses 1 tund.

Väljalititud töötlusrežiime katsetati tööstuskaalal ning saadi sensoorselt aktsepteeritavad kalatooted ning luude pehmenemise efekt. Säilivuskatsed näitasid, et gaasikeskkonda pakendatud paneeritud pehmedatud luudega kalad säilisid jaheruumis ehk +4 °C juures 4 nädalat ning külmruumis ehk -20 °C juures 6 kuud.

## Kasutatud kirjanduse loetelu

- Ali Muhammed, M., Manjunatha, N., Murthy, K. V., & Bhaskar, N. (2015). Design and testing of small scale fish meat bone separator useful for fish processing. *Journal of Food Science and Technology*, 52(6), 3520–3528. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1416-5>
- Andriukaitis, V. (2016). *Parliamentary question - E-002605/2016(ASW)*. [https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/E-8-2016-002605-ASW\\_EN.html](https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/E-8-2016-002605-ASW_EN.html) (09.05.2023)
- Arula, T., Simm, M., Herkül, K., Kotta, J., & Houde, E. D. (2022). A productivity bottleneck in the Baltic herring (*Clupea harengus membras*): Early life-history processes and recruitment variability. *Marine Environmental Research*, 177, 105638. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2022.105638>
- Blaznik, U., Krušič, S., Hribar, M., Kušar, A., Žmitek, K., & Pravst, I. (2021). Use of food additive titanium dioxide (E171) before the introduction of regulatory restrictions due to concern for genotoxicity. *Foods*, 10(8). <https://doi.org/10.3390/foods10081910>
- Booman, A., Márquez, A., Parin, M. A., & Zugarramurdi, A. (2010). Design and testing of a fish bone separator machine. *Journal of Food Engineering*, 100(3), 474–479. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.04.034>
- CFS. (2003). *Use of Hydrogen Peroxide in Food*. [https://www.cfs.gov.hk/english/programme/programme\\_rafs/programme\\_rafs\\_fa\\_02\\_02.html](https://www.cfs.gov.hk/english/programme/programme_rafs/programme_rafs_fa_02_02.html) (14.05.2023)
- COMMISSION REGULATION (EU) 2022/63 of 14 January 2022 amending Annexes II and III to Regulation (EC) No 1333/2008 of the European Parliament and of the Council as regards the food additive titanium dioxide (E 171). (2022). *Official Journal of the European Union*, 65.
- D'aquin, E. L. (1976). *United States Patent ( 19 ) CHEMICAL TREATMENT TO SOFTEN THE BONES OF SMALL FSH FOR EDIBLE PURPOSES. 19*. <https://patents.google.com/patent/US3959507A/en> (11.05.2023)
- Eesti Konjunkturiinstituut. (2016). *Kala ja kalatoodete tarbimine*.
- Eesti Konjunkturiinstituut. (2021). *Hinnainfo nr 10 (289), 2021. a detsember* (Vol. 10, Issue 10).
- EFSA. (2014). Scientific Opinion on the safety and efficacy of formic acid when used as a technological additive for all animal species. *EFSA Journal* 2014;12(10):38272014;12(10):3827, 12(10), 1–16. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2014.3827>
- EFSA. (2021). EFSA 2021 safety assessment of titanium dioxide (E171). *EFSA*. <https://www.efsa.europa.eu/en/news/titanium-dioxide-e171-no-longer-considered-safe-when-used-food-additive> (16.05.2023)
- Espe, M. (2008). Understanding factors affecting flesh quality in farmed fish. In *Improving Farmed Fish Quality and Safety*. Woodhead Publishing Limited. <https://doi.org/10.1533/9781845694920.2.241>
- Euroopa Liidu Teataja. (2022). *Euroopa liidu nõukogu määrus 2022/2090*, (Issue 1380, pp. 1–15).

- ForFish. (2023). *ForFish*. [https://forfish.eu/en/shop\\_items/fish-meat-separator/](https://forfish.eu/en/shop_items/fish-meat-separator/) (04.05.2023)
- Hardy, R. W. (2008). Alternative marine sources of fish feed and farmed fish quality. In *Improving Farmed Fish Quality and Safety*. Woodhead Publishing Limited. <https://doi.org/10.1533/9781845694920.2.328>
- IngredientsNetwork. (2022). *Titanium dioxide still banned in europe*. <https://www.ingredientsnetwork.com/titanium-dioxide-still-banned-in-europe-news119481.html> (20.05.2023)
- Ishikawa, M., MORI, S., WATANABE, H., & SAKAI, Y. (1989). SOFTENING OF FISH BONE. II. EFFECT OF ACETIC ACID ON SOFTENING RATE AND SOLUBILIZATION RATE OF ORGANIC MATTER FROM FISH BONE. *Journal of Food Processing and Preservation*, 13(2), 123–132. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.1989.tb00095.x>
- Liu, Y., Jiang, H., Zhang, L., Tan, Y., Luo, Y., & Hong, H. (2022). Diluted Acetic Acid Softened Intermuscular Bones from Silver Carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) by Dissolving Hydroxyapatite and Collagen. *Foods*, 11(1). <https://doi.org/10.3390/foods11010001>
- Maaeluministeerium. (2021). *2020. a keskmised kala esmakokkuostuhinnad. 19, 3–4*. <https://www.agri.ee/sites/default/files/content/kalandus/kala-keskmised-esmakokkuostuhinnad-2020.pdf> (09.05.2023)
- Meacock, G., Taylor, K. D. A., Knowles, M. J., & Himonides, A. (1997). The improved whitening of minced cod flesh using dispersed titanium dioxide. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 73(2), 221–225. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199702\)73:2<221::AID-JSFA708>3.0.CO;2-U](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199702)73:2<221::AID-JSFA708>3.0.CO;2-U)
- Mikelsaar, N. (1984). *Eesti NSV kalad*. Kirjastus Valgus.
- Min, J. G., Jung, W. Y., Lee, H. H., & Lee, W. K. (2019). A New Method for Bone Softening and Texture Enhancement of Conger Eel (*Conger myriaster*) Kabayaki.pdf. *Journal of Food and Nutrition Research*, 7(4), 255–260. <https://doi.org/10.12691/jfnr-7-4-1>
- Moharamzadeh, K. (2017). 8 - Biocompatibility of oral care products. In R. Shelton (Ed.), *Biocompatibility of Dental Biomaterials* (pp. 113–129). Woodhead Publishing. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100884-3.00008-4>
- P. Miller, M. L. (2006). *Euroopa kalad*. Eesti Entsüklopeediakirjastus.
- Põllumajandus- ja Toiduamet. (2023). *Keskmised kala esmakokkuostuhinnad 2022. aastal* (p. 1). <https://pta.agri.ee/media/6814/download> (23.05.2023)
- Põllumajandusministeerium. (2014). *Eesti vete kalad püügiajad, püügikohad, püügiviisid*. <https://www.agri.ee/media/572/download> (12.05.2023)
- PubChem. (2023). *PubChem Compound, Acetic Acid*. (p. 1). National Center for Biotechnology Information. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Acetic-Acid> (15.05.2023)
- Rannak, L. (1988). *Räim*. Kirjastus Valgus.

- Reber. (2023). *Reber*.  
[https://www.rebersrl.it/en/Site/Prodotto/Household/Electric\\_tomato\\_machines/TOMATO\\_SQUEEZER\\_N5\\_EL\\_HP080/1/6](https://www.rebersrl.it/en/Site/Prodotto/Household/Electric_tomato_machines/TOMATO_SQUEEZER_N5_EL_HP080/1/6) (25.04.2023)
- Roasto, M., & Laikoja, K. (2020). *TOIDU SÄILIMISAJA MÄÄRAMINE*. [https://toiduteave.ee/wp-content/uploads/2020/09/Toidu\\_sailimisaja\\_maaramise\\_juhend\\_II-osa\\_2020.pdf](https://toiduteave.ee/wp-content/uploads/2020/09/Toidu_sailimisaja_maaramise_juhend_II-osa_2020.pdf) (03.05.2023)
- S Ramadhani, B Iswanto, P. P. (2018). *Waste utilization of red snapper ( Lutjanus sp .) fish bone to improve phosphorus contents in compost*. <https://doi.org/DOI 10.1088/1755-1315/106/1/012091>
- Stephenson, R. L., & Smedbol, R. K. (2001). Small Pelagic Species Fisheries. *Encyclopedia of Ocean Sciences*, 2814–2820. <https://doi.org/10.1006/rwos.2001.0447>
- Taskaya, L., Chen, Y. C., & Jaczynski, J. (2010). Color improvement by titanium dioxide and its effect on gelation and texture of proteins recovered from whole fish using isoelectric solubilization/precipitation. *LWT - Food Science and Technology*, 43(3), 401–408. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.08.021>
- Timberg, L. (2019). *Kala eluskaalu ümberarvutustegurite leidmine Eestis püütud kilule (Sprattus sprattus balticus) ja räimele (Clupea harengus membras)*. TTÜ kirjastus.
- Tuomisto, J.; Frøyland, L. (2008). *The risk and benefits of consumption of farmed fish – in Improving farmed fish quality and safety*. Woodhead Publishing Ltd, Cambridge.
- USP Technologies. (2013). Hydrogen Peroxide (H2O2) Safety and Handling Guidelines. *FMC Pollution Control Release No. 24, 1*. <http://www.h2o2.com/technical-library/default.aspx?pid=66&name=Safety-amp-Handling> (18.05.2023)
- Veldre, I. (1986). *Kilu*. Kirjastus Valgus.
- Witt Gas. (2023). <https://www.wittgas.com/products/gas-analysers/mobile-analysers/gas-analyser-oxybaby-60/>(07.05.2023)
- Younes, M., Aquilina, G., Castle, L., Engel, K. H., Fowler, P., Fürst, P., Gürtler, R., Gundert-Remy, U., Husøy, T., Mennes, W., Moldeus, P., Oskarsson, A., Shah, R., Waalkens-Berendsen, I., Wöflle, D., Boon, P., Crebelli, R., Di Domenico, A., Filipič, M., ... Frutos Fernandez, M. J. (2019). Re-evaluation of hydrochloric acid (E 507), potassium chloride (E 508), calcium chloride (E 509) and magnesium chloride (E 511) as food additives. *EFSA Journal*, 17(7). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2019.5751>
- Zilmer, M.; Kokasaar, U.; Vihalem, T. (2004). *Normaalne söömine*. Kirjastus Avita.

## 7. Lisad

Lisa 1. *Escherichia Coli* arvuline määramine laboris valmistatud räime hakkmassides

Nimetus	<i>Escherichia Coli</i> arvuline määramine, pmü/g
Räime rümp 0 punkt	$<1,0 \times 10^1$
Räime rümp 2 h	$<1,0 \times 10^1$
Terve räim 0 punkt	$<1,0 \times 10^1$
Terve räim 2 h	$<1,0 \times 10^1$

Lisa 2. *Coli*-laadsete bakterite arvuline määramine tööstuses valmistatud kilu ja räime hakkmassides

Nimetus	<i>Coli</i> -laadsed, arvuline määramine, pmü/g
Külmutatud kilu hakkmass 0 punkt	$<1,0 \times 10^1$
Külmutatud kilu hakkmass 2 tundi	$<1,0 \times 10^1$
Külmutatud räim hakkmass 0 punkt	$<1,0 \times 10^1$
Külmutatud räim hakkmass 2 tundi	$<1,0 \times 10^1$
Värske kilu hakkmass 0 punkt	$<1,0 \times 10^1$
Värske kilu hakkmass 2 tundi	$<1,0 \times 10^1$

Lisa 3. *Clostridium perfringens* arvuline määramine laboris valmistatud räime hakkmassides

Nimetus	<i>Clostridium perfringens</i> arvuline määramine, pmü/g
Räime rümp 0 punkt	$<1,0 \times 10^1$
Räime rümp 2 h	$<1,0 \times 10^1$
Terve räim 0 punkt	$<1,0 \times 10^1$
Terve räim 2 h	$<1,0 \times 10^1$

Lisa 4. *Clostridium perfringens* arvuline määramine tööstuses valmistatud kilu ja räime hakkmassides

Nimetus	<i>Clostridium perfringens</i> arvuline määramine, pmü/g
Külmutatud kilu hakkmass 0 punkt	$<1,0 \times 10^1$
Külmutatud kilu hakkmass 2 tundi	$<1,0 \times 10^1$
Külmutatud räim hakkmass 0 punkt	$<1,0 \times 10^1$
Külmutatud räim hakkmass 2 tundi	$<1,0 \times 10^1$
Värske kilu hakkmass 0 punkt	$<1,0 \times 10^1$
Värske kilu hakkmass 2 tundi	$<1,0 \times 10^1$

Lisa 5. Külmkapis +4 °C juures hoitud proovide *Coli*-laadsete bakterite tuvastamine.

<b>Proovi nimetus</b>	<b><i>Coli</i>-laadsed bakterid, pmü/g</b>
Kilu töötlemata, 0 punkt	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
Räim töötlemata, 0 punkt	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
Kilu riivsaia, 0 punkt	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
Kilu riivsaia, 1. nädal	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
Kilu riivsaia, 2. nädal	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
Kilu riivsaia, 3. nädal	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
Kilu riivsaia, 4. nädal	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
Räim riivsaia, 0 punkt	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
Räim riivsaia, 1. nädal	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
Räim riivsaia, 2. nädal	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
Räim riivsaia, 3. nädal	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
Räim riivsaia, 4. nädal	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
Kilu taigas, 0 punkt	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
Kilu taigas, 1. nädal	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
Kilu taigas, 2. nädal	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
Kilu taigas, 3. nädal	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
Kilu taigas, 4. nädal	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
Räim taigas, 0 punkt	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
Räim taigas, 1. nädal	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
Räim taigas, 2. nädal	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
Räim taigas, 3. nädal	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
Räim taigas, 4. nädal	<1,0 x 10 <sup>1</sup>

Lisa 6. Sügavkülmas -20 °C juures hoitud proovide *Coli*-laadsete bakterite tuvastamine.

Proovi nimetus	<i>Coli</i> -laadsed bakterid, pmü/g
Kilu riivsaia, 1. kuu	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
Kilu riivsaia, 2. kuu	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
Kilu riivsaia, 3. kuu	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
Kilu riivsaia, 4. kuu	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
Kilu riivsaia, 5. kuu	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
Kilu riivsaia, 6. kuu	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
Räim riivsaia, 1. kuu	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
Räim riivsaia, 2. kuu	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
Räim riivsaia, 3. kuu	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
Räim riivsaia, 4. kuu	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
Räim riivsaia, 5. kuu	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
Räim riivsaia, 6. kuu	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
Kilu taigas, 1. kuu	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
Kilu taigas, 2. kuu	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
Kilu taigas, 3. kuu	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
Kilu taigas, 4. kuu	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
Kilu taigas, 5. kuu	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
Kilu taigas, 6. kuu	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
Räim taigas, 1. kuu	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
Räim taigas, 2. kuu	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
Räim taigas, 3. kuu	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
Räim taigas, 4. kuu	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
Räim taigas, 5. kuu	<1,0 x 10 <sup>1</sup>
Räim taigas, 6. kuu	<1,0 x 10 <sup>1</sup>

## Lisa 7. Senseorse hindamise näidis (1.)

VÄLIMUS

Kala terviklikkus

R, K

Not recognizable | Completely intact

Kommentaariid

LÕHN

Üldine intensiivsus

R K

None Very weak | Moderate | Very strong

Kalane

R K

None Very weak | Moderate | Very strong

Hapu

R K

None Very weak | Moderate | Very strong

Magus

K R

None Very weak | Moderate | Very strong

Rääsunud

K,R

None Very weak | Moderate | Very strong

Kõrvallõhnad

K,R

None Very weak | Moderate | Very strong



## Lisa 8. Sensorse hindamise näidis (2.)

MAITSE

Üldine intensiivsus



Kalane



Hapu



Magus



Rääsunud



Kõrvalmaitsed ⓘ



Lisakommentaariid

### Lisa 9. Sensorse hindamise näidis (3.)

#### TEKSTUUR

##### Pudenevus



##### Liha kõvadus (närides)



##### Krõbedus



##### Kuivus



##### Rasvasus



##### Lisakommentaariid

**Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks<sup>1</sup>**

Mina, Karl Mattias Ruus,

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

**Kilu (*Sprattus sprattus balticus*) ja räime (*Clupea harengus membras*) hakkliha valgendamise ja luude pehmendamise võimaluste uurimine,**

mille juhendaja on Rain Kuldjärv,

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

---

\_\_\_\_\_ (kuupäev)

---

<sup>1</sup> Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal vastavalt üliõpilase taotlusele lõputööle juurdepääsupiirangu kehtestamiseks, mis on allkirjastatud teaduskonna dekaani poolt, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil. Kui lõputöö on loonud kaks või enam isikut oma ühise loomingu tegevusega ning lõputöö kaas- või ühisautor(id) ei ole andnud lõputööd kaitsvale üliõpilasele kindlaksmääratud tähtjaks nõusolekut lõputöö reprodutseerimiseks ja avalikustamiseks vastavalt lihtlitsentsi punktidele 1.1. ja 1.2, siis lihtlitsents nimetatud tähtaja jooksul ei kehti.