



EESTI MAAÜLIKOOL

Veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituut

Erik Ahlberg

**KALAJAHU ASENDAMISE VÕIMALUSED
JAHUMARDIKA (*TENEBRIO MOLITOR*) VASTSETE
JAHUGA VIKERFORELLIL**

**YELLOW MEALWORM LARVAE (*TENEBRIO MOLITOR*) AS
AN ALTERNATIVE PROTEIN SOURCE IN DIETS FOR
RAINBOW TROUT**

Magistritöö

Kalakasvatuse õppekava

Juhendaja: lektor Heiki Jaanuska, *MSc*

Kaasjuhendaja: dotsent Marko Kass, *PhD*

Tartu 2017

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Magistritöö lühikokkuvõte	
Autor: Erik Ahlberg		Õppekava: Kalakasvatus	
Pealkiri: Kalajahu asendamise võimalused jahumardika (<i>Tenebrio molitor</i>) vastsete jahuga vikerforellil			
Lehekülgi: 65	Jooniseid: 14	Tabeleid: 14	Lisaid: 3
Osakond: Vesiviljelus Uurimisvaldkond (ja mag. töö puhul valdkonna kood): Bio- ja keskkonnateadused, 1.12 Juhendaja(d): Heiki Jaanuska, Marko Kass Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu, 2017			
<p>Maailma kalavarude vähenemise tagajärjel on kalapüügimaht alates 1980. aastast olnud stabiilne. Jätkuva toidukala kasvava nõudluse rahuldamiseks on hakatud üha enam kalu kasvatama ning vesiviljeluse jõulise arengu tagajärjel on nõudlus kalajahu- ja õli järele suur. Uurimustöö eesmärgiks oli hinnata jahumardika (<i>Tenebrio molitor</i>) vastsete baasil valmistatud sööda sobivust alternatiivse proteiiniallikana vikerforelli maimude söötmisel. Töö esimeses etapis koguti Eesti vikerforelli kasvatajatelt erinevate vikerforelli söötade söödaproovid ning võrreldi nende söötade keemilist koostist tootjapoolt väljastatud andmetega. Jahumardika vastsetest valmistatud pastadest määrati aminohappeline koostis. Magistritöö peamises etapis viidi Eesti Maaülikooli vesiviljeluse osakonna retsirkulatsioonisüsteemis läbi söötmiskatse selgitamiseks jahumardikate baasil valmistatud sööda sobivust vikerforelli maimude söötmisel.</p> <p>Kalakasvandustest kogutud söödaproovide analüüsi tulemus näitas, et toitainete sisaldused on, valdavalt pisut suuremad kui tooteetiketil märgitud. Jahumardika vastsete pasta aminohapete sisaldus on sarnane kirjanduses toodud andmetele ning märg pasta sarnaneb balti kilu aminohappelise koostisega, kuigi lüsiini ja metioniini sisaldused olid väiksemad. Katses kahe söödaga - kontrollisööt (B1 grupp) ning jahumardika vastsetest valmistatud sööt (B2 grupp) leiti, et B1 rühma kalade keskmine kehamass oli katse lõpus statistiliselt oluliselt ($p=0,007$) suurem, kui B2 rühma kalade kehamass - massid vastavalt 19,39 g ja 16,21 g.</p> <p>Jahumardika vastsete söötmisvõimaluste selgitamiseks tuleks edasistes uuringutes</p>			

keskenduda kalajahu osalisele asendamisele jahumardika vastsetega lõheliste söötades. Lisaks vajab selgitamist selle söötmise mõju kalade kasvukiirusele, ellujäävusele, filee kvaliteedile ning koostisele.

Märksõnad: *Tenebrio molitor*, kalajahu, proteiin, vikerforell, söötmine, kasvukiirus

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Master's Thesis	
Author: Erik Ahlberg		Speciality: Aquaculture	
Title: Yellow mealworm larvae (<i>Tenebrio molitor</i>) as an alternative protein source in diets for rainbow trout			
Pages: 65	Figures: 14	Tables: 14	Appendixes: 3
Department: Aquaculture Field of research (and for Master's Thesis add research field code): Biosciences and Environment, 1.12 Supervisors: Heiki Jaanuska, Marko Kass Place and date: Tartu, 2017			
<p>In consequence of depletion of the world's fish stock, fishing capacity has stabilized since the 1980s. Fish farming has become increasingly important to fulfil the rising demand for fish. Therefore, due to the rapid growth of the aquaculture sector, demand for fishmeal and fish oil is immense.</p> <p>The aim of this thesis was to assess the suitability of mealworm (<i>Tenebrio molitor</i>) larvae as an alternative to fishmeal used in rainbow trout feeds. The data for this master's thesis included feed samples from various feed manufacturers for Estonian rainbow trout farmers. The chemical composition of the collected feed samples were compared to the data provided by the manufacturers. In order to determine the amino acid composition of mealworm larvae, a paste of mealworm larvae was analysed. In the second part of the study, a feeding trial with rainbow trout (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) was conducted in the recirculation system at the Department of Aquaculture of the Estonian University of Life Sciences.</p> <p>The results of the feed sample analysis showed that the nutrient content in feed is more likely to be higher than stated on the label of the product. The amino acid content of mealworm larvae was similar to the results found in the literature, and the amino acid content of the wet paste of mealworm larvae is similar to the amino acid content of Baltic sprat with the difference of lower lysine and methionine content in the paste.</p> <p>The feeding experiment was conducted with two different feeds: control group (B1 group) fed diets containing fishmeal, and an experimental group (B2 group) fed a diet with mealworm larvae. The mean body weight was significantly greater ($p=0.007$) in group B1 (19.39 g) compared to group B2 (16.21 g). In conclusion, yellow mealworm larvae have the potential to replace fish meal in diets for rainbow trout fingerling.</p>			

Keywords: *Tenebrio molitor*, fishmeal, protein feed rainbow trout, feeding, growth rate

SISUKORD

SISSEJUHATUS	8
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE	10
1.1. Vesiviljeluse- ja kalapüügi toodangu kogumaht	10
1.2. Vesiviljelus ja kalapüük Eestis	12
1.3. Kalajahu ja kalaõli kasutamine kalasöötades	13
1.4. Kalajahu osakaalu vähendamine vesiviljeluse söötades	16
1.5. Putukate potentsiaal söödalisandina	19
1.6. Söötmisskatsed putukavastsetega	20
1.7. Vikerforelli sööda koostis	22
1.8. Vikerforelli toitainete tarve	24
1.8.1. Proteiin ja aminohapped.....	24
1.8.2. Süsivesikud	26
1.8.3. Lipiidid.....	27
1.8.4. Vitamiinid ja mineraalained	27
1.9. Vikerforelli söömist mõjutavad tegurit	28
1.9.1. Vee temperatuur	28
1.9.2. Vee hapnikusisaldus ja pH.....	29
1.9.3. Inimtegevuse mõju kalade söömusele	30
2. MATERJAL JA METOODIKA	31
2.1. Katse planeerimine	31
2.2. Katseseadme kirjeldus	32
2.3. Katsegruppide moodustamine.....	34
2.4. Katsegruppide söötmine	35
3. TULEMUSED	38
3.1. Söötade kvaliteet Eesti vikerforelli kasvandustes	38
3.2. Jahumardika vastsete aminohapete sisaldus	41
3.3. Sööda mõju vikerforellide kasvukiirusele RAS süsteemis	42
3.3.1. Maimude suremus.....	44
4. ARUTELU	46
4.1. Eesti vikerforelli kasvandustes kasutatavate söötade kvaliteet	46
4.2. Jahumardika vastsete aminohappeline koostis	47
4.3. Söötade mõju vikerforelli kasvukiirusele RAS süsteemis	49
KOKKUVÕTE	52

SUMMARY	54
KASUTATUD KIRJANDUS.....	56
LISAD.....	62
Lisa 1. Kontrollgrupi maimudele koostatud söötmistabel.	63
Lisa 2. Katsegrupi maimudele koostatud söötmistabel.	64
Lisa 3. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta.....	65

SISSEJUHATUS

Aina kasvav nõudlus toidukala järele on seadnud kalandussektori keerukate probleemide ette. Maailma kalavarude vähenemise tagajärjel on kalapüügimaht alates 1980. aastast püsinud stabiilsena. Toidukala kasvava nõudluse rahuldamiseks on esimest korda ajaloos vesiviljeluse sektori tootmise osakaal ületanud kalapüügimahutusi.

Märkimisväärne kogus maailma kalatoodangust töödeldakse kalajahuks ja -õliks. Seega kaudselt lähevad mõlemad produktid inimtoiduks, sest nii kalajahu kui -õli kasutatakse vesiviljeluses söödakomponentidena. Suureneva nõudluse tulemusel on kalajahu ja -õli hinnad viimasel kümnendil pidevalt tõusnud, mistõttu otsitakse üha enam alternatiive nimetatud söödakomponentide asendamiseks vesiviljeluse söötades.

Suurima osakaalu kalakasvanduste kuludest moodustab söödakulu, mis omakorda sõltub oluliselt söödas kasutatavatest komponentidest. Jätkuva kalajahu ja -õli hinnatõusuga ning üha kasvava nõudlusega toorme järele on hakatud maailmas rohkem tähelepanu pöörama sööda kvaliteedile. Mõned aastad tagasi korraldatud vesiviljeluse vertikaalse integratsiooni uuringust selgus, et Eesti kalakasvatavad peavad vikerforelli sööda kvaliteedi üheks peamiseks kehvade majanduslike tulemuste põhjuseks. Seega võeti antud magistritöös ühe aspektina uurimise alla Eestis kasutatavate vikerforelli söötade keemiline koostis.

Kalajahu on kalasööda kõige kulukam komponent ning sellest tulenevalt on sellele alternatiivallikate otsimisel keskendutud peamiselt looma- ja taimekasvatuses toodetud proteiinirikastele söötadele. Enamikes taimsetes söötades on puudu ühest või mitmest asendamatu aminohappest ning loomsetel lipiididel on kehv seeduvus madalatel temperatuuridel. Peetakse vähetõenäoliseks, et nende kasutamine pakuks täieliku lahenduse kalajahu osakaalu vähendamisele. Samas putukate kasvatamine söödaks oleks üks võimalus, vähendamaks kalajahu ja -õli sisaldust kalasöötades. Putukate kasutamise kasuks kõneleb nende kiire kasv ja paljunemine, lisaks on nad hea söödavääringusega ning nende proteiinisaldus on suhteliselt suur.

Kalajahu tähtsus kala toitumise seisukohalt seisneb peamiselt selle ideaalses aminohappelises koostises ja väga heades maitseomadustes. Kalajahule alternatiivsete söödakomponentide valimisel tuleks arvestada nende proteiinisalduse, aminohappelise koostise, seeduvuse, asendamatute aminohapete sisalduse, toitainete omastatavuse ja maitseomadustega (Gatlin *et al.* 2007). Kahtlemata on uute proteiinsöötade kasutusele võtmisel oluline aspekt majanduslik efektiivsus.

Vikerforell (*Oncorhynchus mykiss*) on Eestis kasvatatavate liikide seas suurima toodangumahuga, moodustades ligikaudu 70% kogu kaubakala müügist. Magistritöö peamine eesmärk on selgitada, kas jahumardika (*Tenebrio molitor*) vastsete baasil valmistatud sööt oleks potentsiaalne asendus kalajahule vikerforelli söödas. Uurimustöö eesmärgi saavutamiseks püstitati kolm uurimisülessannet:

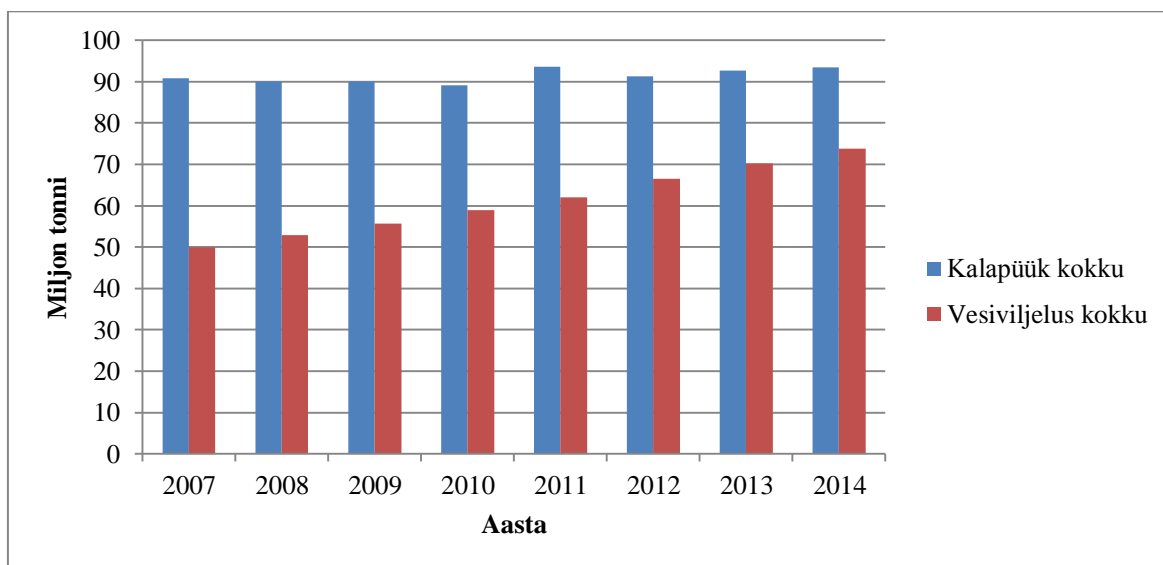
- 1) Uurida Eestis enamkasutatavate vikerforelli söötade kvaliteeti;
- 2) Analüüsida jahumardika vastsete aminohappelist koostist;
- 3) Selgitada jahumardika vastsete baasil valmistatud sööda mõju vikerforelli maimude kasvule.

Magistritöö autor avaldab suurt tänu oma juhendajatele lektor Heiki Jaanuskale ja dotsent Marko Kassile. Autor tänab statistilise analüüsi koostamisel abiks olnud dotsent Tanel Kaarti. Soovin tänada Priit Päkka ja Katrin Kaldret maaülikooli vesiviljeluse osakonnast ning Kulvo Pendrat firmast OÜ Ronanson, kes olid nõu ja jõuga abiks uurimustöö läbiviimisel ja magistritöö koostamisel.

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1. Vesiviljeluse- ja kalapüügi toodangu kogumaht

Maailma kalatoodang on aastasadu sõltunud kalapüügist, kuid viimasel kümnendil on hakatud kalu üha rohkem kasvatama tehistingimustes. Pöördepunkt saavutati 2014. aastal, mil maailma vesiviljelusesektori kalatootmise osakaal inimtoiduks ületas esimest korda ajaloos inimtoiduks suunatud kalapüügi toodangu. Üha kasvav nõudlus toidukala järele on 2030. aasta prognoosi kohaselt paratamatu ning tõsine probleem kogu sektorile. Kui kalapüügimaht on alates 1980. aastast olnud suhteliselt stabiilne, siis vesiviljelus on olnud inimtoiduks mõeldud kalatoodangu märkimisväärse kasvu põhjuseks (FAO 2016). Kui 2007. aastal tootis vesiviljelussektor 49,9 miljonit tonni kala, siis 2014. aastaks oli toodang kasvanud 73,8 miljoni tonnini (FAO 2016) (joonis 1).



Joonis 1. Maailma kalanduse ja vesiviljeluse toodang aastatel 2007-2014. Allikas: FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2016.

Kui 1974. aastal moodustas vesiviljelus inimtarbimiseks 7% kalatoodangumahust, siis 1994. aastaks oli see kasvanud juba 26%-ni ja kümme aastat hiljem 39%-ni. Vesiviljeluse kiire arengu peamiseks põhjuseks on toodangumahtude kasv Hiinas, mis moodustab rohkem kui 60% maailma kogutoodangust. Ka ülejäänud maailm on vesiviljeluse tootmismahude kasvule suuresti kaasa aidanud, kahekordistades alates 1995. aastast inimtoiduks suunatud kogu kalatoodangut (FAO 2016).

Globaalne kalapüügitoodang oli 2014. aastal 93,4 miljonit tonni, millest 81,5 miljonit (87%) püüti mereveest ja 11,9 miljonit (13%) tonni siseveekogudest. Hetkel on suurim merekalapüügi piirkond Hiina, kellele järgnevad Indoneesia, USA ja Venemaa. Vaikse ookeani loodeosa on jätkuvalt kõige produktiivsem kalapüügipiirkond, millele järgneb Vaikse ookeani keskosa, Atlandi ookeani kirdeosa ja India ookeani regioon. Olukord Vahemere ja Musta mere piirkonnas on samuti kriitiline, kuna sealne kalapüük on alates 2007. aastast vähenenud ühe kolmandiku võrra, olles peamiselt tingitud väikeste ookeanikalade nagu anšoovis ja sardiini püügimahtude vähenemisest. Maailma siseveekogude kalapüük oli 2014. aastal 11,9 miljonit tonni, näidates kasvutrendi, sest viimase kümne aasta jooksul on siseveekogude kalapüük suurenenud 37%. Näiteks sektori 16 olulisema riigi aastane sisevete kalapüügi maht on üle 200 000 tonni moodustades 80% kogu maailma toodangust (FAO 2016).

Vesiviljeluse sektori toodang oli 2014. aastal 73,8 miljonit tonni, mille hinnanguline müügi väärtus oli 160,2 miljardit US\$. Sektori toodangust 45,5 miljonit tonni andis Hiina, mis moodustab rohkem kui 60% maailmas toodetust. Teised suurimad tootjad on India, Vietnam, Bangladesh ja Egiptus (FAO 2016).

Lisaks eelnevale kasvatati maailmas 27,3 miljonit tonni veetaimi koguväärtuses 5,6 miljardit dollarit. Veetaimedest kasvatatakse ülekaalukalt vetikaid ning nende kasvatamine on viimastel aastatel kiiresti kasvanud ja seda praktiseeritakse praegu umbes 50 riigis. Keskkonna seisukohalt on oluline, et ligikaudu pool vesiviljeluse toodangust tuleks liikidelt, mis ei vaja lisa söötmist (paks-laup, kahepoolmelised karploomad, vetikad, jne.) (FAO 2016).

Inimtoiduks suunatud kalatoodangumahu osakaal on viimastel aastakümnetel märkimisväärselt suurenenud. Kui 1960. aastal realiseeriti inimtarbimiseks 67% kalatoodangust, siis 2014. aastal 146 miljonit tonni, moodustades 87% kogutoodangust. Ülejäänud 21 miljonist tonnist 76% kasutati kalajahu ja -õli tootmiseks. Kalajahu ja -õli

peetakse kõige toitaineline rikkamateks ja parima seeduvusega koostisosadeks kasvatatavate kalade söötades. Pideva nõudluse tagajärjel on kalaõli ja -jahu hinnad kasvanud, mistõttu on hetkel nende koostisosade kasutamine kalasöötades langustrendis. Kalajahu ja -õli kasutatakse aina väiksemates kontsentratsioonides erinevate tootmistsükli vahel (FAO 2016).

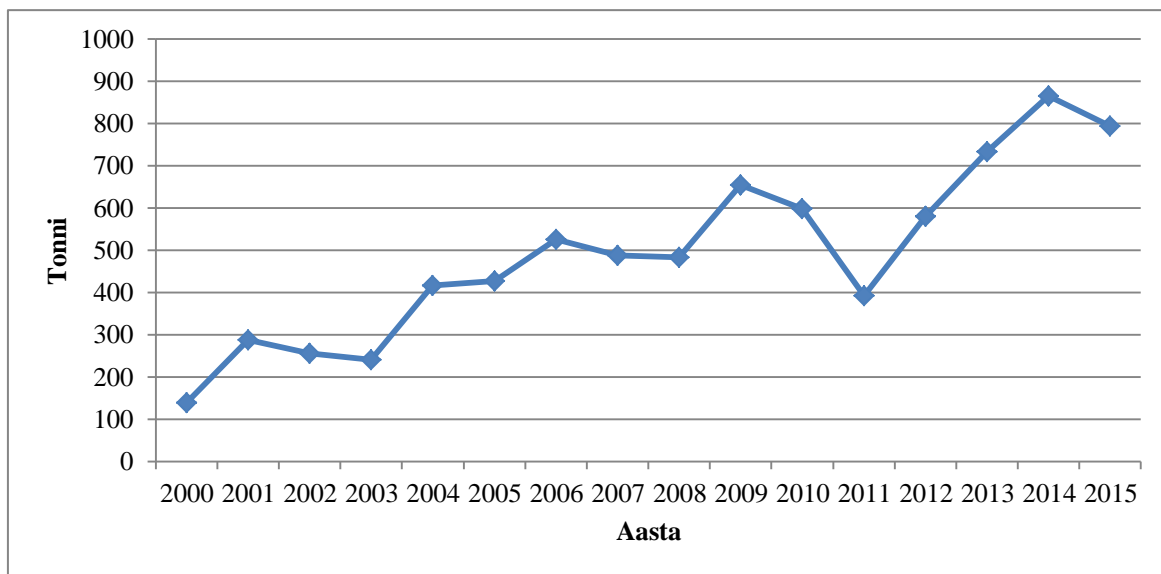
1.2. Vesiviljelus ja kalapüük Eestis

Statistikaameti andmetel kogutakse Eesti kalapüügi kohta infot püügikohtade lõikes: Läänemere-, sisevee- ja kaugpüük. Läänemere kalapüügimaht on viimase kahekümne aasta jooksul märkimisväärselt vähenenud. Kõige rohkem kala püüti Läänemerest 1997. aastal, mil kalapüügi maht ulatus 95 287 tonnini, ent 2015. aastal oli see langenud 59 326 tonnini. Avamerepüük omab Läänemere kalakoguste mahus suurt rolli – näiteks 2014. aastal oli selle osatähtsus Läänemere püügis 81% (Eesti statistika... 2015).

Siseveekogude kalapüügimaht 2014. aastal oli 2847 tonni olles püsinud sarnases mahus viimased kümme aastat. 2014. aastal moodustas 88% kogu siseveepüügist kalapüük Peipsi, Pihkva ja Lämmijärvest.

2014. aastal püüti kaugpüügipiirkondadest 10 850 tonni kala, mis on 1100 tonni vähem kui eelneval aastal. Võrreldes 2009. aasta püügimahtudega olulisi muutusi pole toimunud. (Eesti statistika... 2015).

Eesti vesiviljelussektoris on toimunud aastatel 2000-2015 märkimisväärne areng (joonis 2). Kui kaubakalamüük oli 2000. aastal 140 tonni, siis 2015. aastaks oli see kasvanud 794,7 tonnini. Vesiviljelussektori kaubakala müük oli suurim aastal 2014, mil müüdi 864,9 tonni kala. Kaubakala müügist suurima osakaalu moodustas oli vikerforell. 2015. aastal müüdi vikerforelli 559 tonni, mis moodustab ligikaudu 70% kogu kaubakala müügist (Statistikaamet 2016).



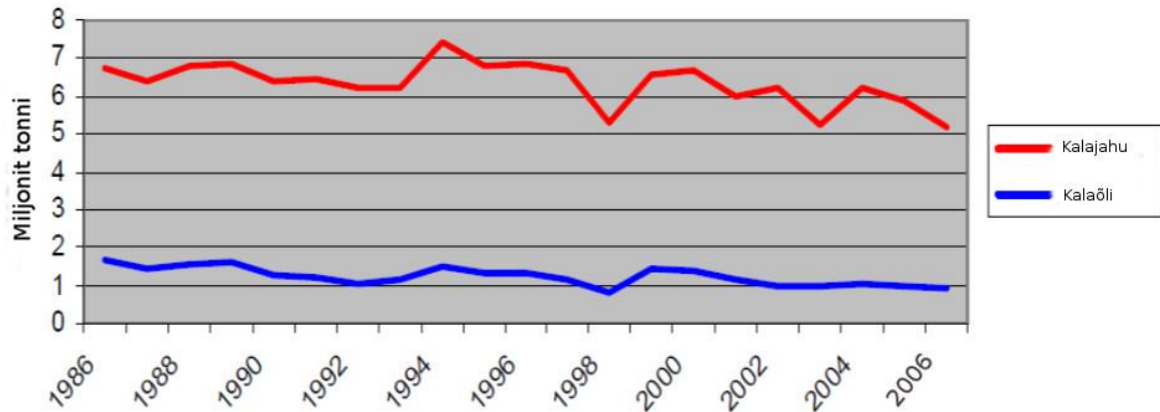
Joonis 2. Eestis kasvatatud kaubakala müük aastatel 2000-2015. Allikas: Statistikaameti andmebaas, külastatud 15.12.16.

1.3. Kalajahu ja kalaõli kasutamine kalasöötades

Märkimisväärne kogus maailma kalatoodangust töödeldakse kalajahuks ja -õliks, kuid mahud on jätkuvalt kahanevad. Seega kaudselt lähevad mõlemad produktid inimtoiduks, sest nii kalajahu ja -õli kasutatakse vesiviljeluses söötades (FAO 2016). Suurim kalajahu tarbija on vesiviljeluse sektor, kasutades 70% kogu maailma kalajahust kalasöötade tootmiseks. 22% kalajahust kasutatakse seakasvatuse söötades ja 6% linnukasvatuse söötades (Seafish 2016). Kalajahu saadakse peamiselt väikestelt ookeanikaladelt, nagu heeringas, anšoovis ja sardiin. Väikesed kalad peenestatakse, õli ja vesi pressitakse välja, tekkiv mass kuumtöödeldakse ning peenestatakse jahuks. Töötlemisel pressitud vedelikust eemaldatakse vesi ning kalajahu tootmise kõrvalsaadusena saadakse kalaõli (Boyd 2015).

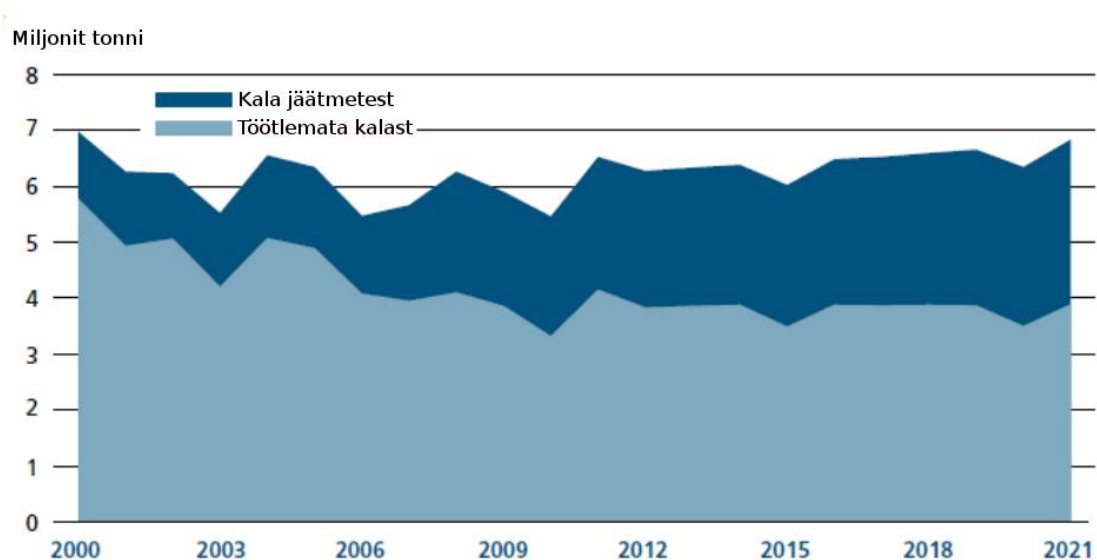
Kalajahu tootmine maailmas jõudis suurimate mahtudeni 1994. aastal, kui 31,1 miljonit tonni eluskala kasutati kalajahu tootmiseks. Hilisematel aastatel on kalajahu tootmine olnud pidevalt langustrendis (joonis 3). Seoses kasvava nõudlusega kalajahu ja -õli järele vesiviljeluses ja teisalt seoses kõrgete hindadega, on suurenenud kala kõrvalsaaduste

kasutamine kalajahu tootmiseks. Varasemalt jäeti nimetatud kõrvalsaadused kalajahu tootmisest kõrvale (FAO 2016).



Joonis 3. Kalajahu ja kalaõli tootmine maailmas: 1986-2006. Allikas: IFFO

Hinnanguliselt toodetakse hetkel 25-30% kalajahust kala tootmise kõrvalsaadustest, mis on vähendanud töötlemata kala kasutamist kalajahu tootmises (IFFO *ref* Mallison 2013). FAO ennustuste kohaselt toodetakse 2021. aastal 43% maailma kalajahu toodangust kala kõrvalsaadustest (FAO 2012) (Joonis 4). Täiendava kalajahu tootmiseks vajalik tooraine ei pärine tulevikus ookeanist püütud kaladelt, vaid kalajahu tootmise kasvuks vajaminev toormaterjal peab pärinema kala kõrvalsaadustest, millel võib olla võimalik mõju kalajahu koostisele (FAO 2016).



Joonis 4. Kalajahu tootmine aastatel 2000-2021. Kalajahu tootmine töötlemata kalast ja kala jäätmetest. Allikas: FAO 2012

Jackson (2006) tõdeb, et kalajahu ja -õli on alati olnud tähtsal kohal karnivoorsete ja omnivoorsete kalade söödas. Kalajahu tähtsus kala toitumise seisukohalt seisneb peamiselt selle ideaalses aminohappelises koostises ja väga heades maitseomadustes. Nimetatud näitajad muudavad kalajahu sisaldavad söödad väga atraktiivseks, tagades maksimaalse sööda omastatavuse ja kala juurdekasvu. Kalaõli tähtsus kala toitumise seisukohalt on sarnane kalajahuga. Kalaõli on ideaalne energiaallikas, sisaldades piisavalt asendamatu rasvhappeid ja rikastades lõpptoodangut väärtuslike omega-3 rasvhapetega (Jackson 2006).

Vaatamata suurenenud kalajahu ja -õli tarbimisele vesiviljelussektori poolt on pidevalt vähenenud nende sisaldus söötades. Krevettide söödas on kalajahu sisaldus langenud 28%-lt 20%-ni, merekalade puhul 50%-lt 32%-ni, lõhe söötades 45%-lt 30%-ni, forelli puhul 40%-lt 30%-ni, karpkala 10%-lt 5%-ni, angerja söödas 65%-lt 55%-ni ning säga söödas on tõusnud 5%-lt 10%-ni. Kalaõli sisalduse muutus kalasöötades on järgnev – krevettide söödas 2% (muutus puudub), merekaladel on langenud 15%-lt 8%-ni, lõhel 25%-lt 20%-ni, forelli puhul 20%-lt 15%-ni, karpkala söötades 0%, angerjal 8%-lt 5%-ni ning säga söötades on kalaõli sisaldus tõusnud 1%-lt 1,7%-ni (Tacon, Metian 2008).

Jackson (2010) andmetel on kalajahu osakaal söötades suurematel liigirühmadel järgnev: lõhelised 29%, koorikloomad 26%, merekalad 24%, angerjalised 6%, tilaapia 5%, karpkalalised 4% ja muud kalad 6%. Liikide võrdluses on oodata aastatel 2006-2020

kalajahu kasutamise langust krevettide söötades 37,7%, merekaladel 47,2%, lõhel 44,1%, forellil 57%, sägal 48% ja angerjal 26,2%. Kalaõli kasutamise puhul on oodata kasvu aastatel 2006-2020, vastavalt krevettide söötades 24,6%, 3% merekaladel ja 119,6% säga söötades. Prognooside kohaselt peaks kalaõli kasutamine sel perioodil langema 39,7% lõhe-, 39,3% forelli- ja 1,7% angerja söötades (Tacon, Metian 2008).

Kalajahu hinnatõus, koos jätkuva vesiviljeluse jõulise kasvuga on tekitanud küsimusi, kas sektor on liialt sõltuv kalajahust ja -õlist ning kas kalapüük senistes mahtudes on piisavalt jätkusuutlik tagamaks vesiviljeluse varustatuse (Brown 2007). Seega sektoris otsitakse alternatiive kalajahu ja -õli vähendamisele kasutatavates söötades, asendamaks neid teiste söödalisanditega nagu taimsed söödad (srotid, koogid) ja õlid, loomsed jäätmed ning kala käitlemise kõrvalsaadused (Boyd 2015).

1.4. Kalajahu osakaalu vähendamine vesiviljeluse söötades

Kalajahu asendamisel alternatiivse proteiiniallikaga on tehtud märkimisväärseid edusamme mitmete karnivoorsete liikide, nagu näiteks lõhe, forelli, merikogre ja huntahvena söötades. Nimetatud kalaliikide söötades vähendati kalajahu sisaldust 25-50% võrra, vastavalt kalaliigile ja kasvatamise etapile. Sarnaselt suudeti vähendada kalajahu sisaldust ka omnivoorsete kalade söötades. Kuid kalajahu kasutamine vesiviljeluse söötades suureneb endiselt, kuna vesiviljeluse sektor ise kasvab ja sellest tulenevalt suureneb ka nõudlus kvaliteetse sööda järele (Hardy 2010).

Hetkel on tööstuslikul skaalal kolm võimalikku varianti kalajahu asendamiseks: taime- ja loomakasvatussaadused või kalapüügi ja kalakasvatuse kõrvalsaadused (Klinger, Naylor 2012). Kalajahule alternatiivsete lisandite valimisel tuleb tähelepanu pöörata nende proteiinisaldusele, aminohappelise koostisele, seeduvusele, asendamatute aminohapete sisaldusele, hinnale, toitainete omastatavusele ja maitseomadustele (Gatlin *et al.* 2007). Alternatiivsete söödakomponentide kasutamisel tuleks arvestada ka kalaliigi seedetrakti eripärade, immunoloogiliste parameetrite ja vastupanuvõimega haigustele (Teles *et al.* 2015).

Kõige enam kasutatakse alternatiivsete proteiiniallikatena kalajahu asendamisel taimseid söötasid. Taimset päritolu söötade valik on mitmekesine ning neid on võimalik suurel hulgal toota. Samas on taimsete söötade proteiinisaldus suhteliselt varieeruv, mistõttu võib esineda asendamatute aminohapete defitsiiti, piirates seeläbi nende kasutamist vesiviljeluse söötades. Enamikes taimsetes söötades on puudu ühest või mitmest asendamatust aminohappest, erandiks on sojaproteiini kontsentraat. Asendamatutest aminohapetest on peamised limiteerivad aminohapped lüsiin ja metioniin, kuid trüptofaan, treoniin, arginiin ja histidiin võivad samuti olla mitmete taimsete söötade puhul piiravaks nende kasutamisel vesiviljeluse söötades. Samas mitmetel taimsetel proteiiniallikatel, milles on olulisemaks limiteerivaks aminohappeks metioniin, sisaldavad suhteliselt palju lüsiini ning vastupidi. Seega suurendaks mitme erineva taimse söödakomponendi kasutamine nende potentsiaali asendamaks kalajahu, kuna üks sööt täiendab teist tasakaalustades asendamatute aminohapete profiili (Teles *et al.* 2015).

Kui arvestada karnivoorsete kalade suurt proteiinitarvet, siis alternatiivsete taimsete söötade valik on piiratud (Teles *et al.* 2015). Katmaks karnivoorse liigi suurt proteiinitarvet ja saavutamaks tasakaalustatud aminohappelise koostise, tuleks kasutada taimseid proteiiniallikaid (Rumpold, Schlüter 2013, Teles *et al.* 2015). Kõige perspektiivikam taimne alternatiiv kalajahule on suure proteiinisaldusega jõusööt, mis koosneb peamiselt sojast, lisaks sisaldab ka nisujahu ning teisi teraviljajahusid ja taimseid õlisid (Teles *et al.* 2015). Sojaproteiini peetakse üheks potentsiaalseimaks asenduseks kalajahule, millele viitab selle kasutamine söötades, ulatudes näiteks mitmetes lõheliste söötades kuni 20% (Hardy 2003). Taimsete proteiini kontsentraatide proteiinisaldus on küll suur (60-80%), kuid siiski osa neist söötadest on kallimad võrreldes kalajahuga, seoses suuremate tootmiskuludega (Teles *et al.* 2015). Samas kalajahu suureneva hinna tõttu võib tulevikus suureneda taimsete proteiini kontsentraatide kasutamine karnivoorsete kalaliikide söödas (Teles *et al.* 2015).

Loomsed kõrvalsaadused on samuti potentsiaalsed kalajahu alternatiivid. Loomsete kõrvalsaaduste hulka kuuluvad (looma)liha, kondijahu, linnuliha kõrvalsaaduste jahu, sulejahu ning verejahu. Nimetatud kõrvalsaadused on mitmetes riikides kergesti kättesaadavad ja majanduslikult konkurentsivõimelisemad kui taimede või kala baasil proteiiniallikad. Võrreldes taimsete proteiiniga on loomsete kõrvalsaaduste proteiin parema aminohappelise koostisega (sisaldavad palju lüsiini). Samuti on nende seeduvusnäitajad

paranenud seoses viimase 30 aasta jooksul paranenud töötlemis meetodite arenguga. (Klinger, Naylor 2012).

Maismaaloomade lipiidid on suhteliselt odav võrreldes kala- ja taimede baasil valmistatud lipiididega, sisaldades palju küllastunud rasvasid. Samas on loomsetel lipiididel kehv seeduvus kaladel madalatel temperatuuridel, mistõttu tuleks neid segada polüküllastamata rasvadega, et hõlbustada seedimist (Klinger, Naylor 2012). Kasutades loomsete ja taimsete lipiidide segu kombineeritud kalaõliga, mis sisaldab palju kasulikke omega-3 rasvhappeid, aitab saavutada kalalihase tarbijate poolt hinnatud tervisele kasulikke omadusi (Seager *et al.* 2009). Loomsete lipiidide kasutamine vesiviljeluse söötades võib seega aidata kaasa kalajahu ja -õli osakaalu vähendamisele, kuid on vähetõenäoline, et nende kasutamine pakuks täieliku lahenduse kalajahu osakaalu vähendamisele (Klinger, Naylor 2012).

Mereandide jäätmete ja kõrvalsaaduste kasutamise osakaal maailmas vesiviljeluse söötade tootmiseks lähikümneks kasvab. Kalanduses tekkivate jäätmete taaskasutamisel on potentsiaali vähendada kalapüügi mahtusid ja vesiviljelussektori poolt põhjustatud reostatust. Hetkel kasutatakse kalajäätmetest ja kõrvalsaadustest kalajahu tootmiseks 25-30% ning ennustatakse, et tulevikus osakaal suureneb veelgi (Klinger, Naylor 2012). Kala töötlemise kõrvalsaadustest valmistatud kalajahu erineb oma koostiselt töötlemata kalast tehtud kalajahust, sest suur osa peamistest proteiiniallikatest (filee, liha) eemaldatakse, tulemuseks on vähese proteiinisaldusega, kuid suurema tuhasisaldusega (luudest pärit) kalajahu (Seager *et al.* 2009). Suur tuhasisaldus söödas ei ole hea, kuna see võib mõjutada kala seedetrakti koostoimet ja omakorda põhjustada tsingi defitsiiti mitmetel magevee kaladel nagu forell (Hardy 2001 *ref* Seager *et al.* 2009).

Vaatamata suurele potentsiaalile looduslike kalavarude säästmisel kalajäätmete ja kõrvalsaaduste ümbertöötlemise kaudu kalajahuks, eksisteerivad ka siin mitmed probleemid. Probleemiks võib olla kala kõrvalsaadustest valmistatud kalajahu väiksem toiteväärtus, mis vähendab kasvatatavate kalade kasvukiirust. Samuti on probleemiks kalajäätmete ja kõrvalsaaduste transport, kuna mereandidejäätmed ja kõrvalsaadused on kiiresti riknevad ning nende transpordiga ümbertöötlemisepaikadesse kaasnevad suured kulutused. Mereandidejäätmed ja kõrvalsaadused võivad sisaldada mitmeid saasteaineid (bifenüülid, dioksiinid, raskemetallid), mis võivad omakorda sööda kaudu bioakumuleeruda kalakasvandustes (Seager *et al.* 2009).

1.5. Putukate potentsiaal söödalisandina

Looma- ja kalakasvatustaadused on olulised proteiiniallikad kalasöötades enamikes riikides. Kalakasvatus ja kala tarbimine on viimase viiekümne aastaga jõuliselt kasvanud ning selle tõttu on vesiviljeluse sektor laienenud ja moodustab ligikaudu 50% kogu maailma kalatoodangust. Sektori jätkusuutlik kasv sõltub suurel määral looma- ja taimekasvatuse baasil toodetud proteiinidest. Samas nähakse putukate kasutamist kalasöödas üheks alternatiiviks, vähendamaks kalasöötades kasutatavat kalajahu ja -õli (van Huis *et al.* 2013).

Putukate söödaks kasvatamine loomakasvatustes laiemalt on potentsiaalseid lahendusi, tagamaks sööda ja toiduga varustatus (van Huis *et al.* 2013). Putukad kasvavad ja paljunevad suhteliselt kergesti. Putukatele on omane hea sööda väärindus, kuna nad on kõigusoojased ja nad ei kuluta energiat kehatemperatuuri hoidmiseks. Lisaks on oluline aspekt putukate toiduks ja söödaks kasvatamisel, et neid on võimalik pidada ja kasvatada keskkonnasõbralikult (Makkar *et al.* 2014). Nimelt kasvatatakse putukaid bioloogilistel jäätmetel ja ühe kilogrammi putukate biomassi tootmiseks on vaja ligi kaks kilo biojätmeid. Putukad suudavad efektiivselt muundada bioloogilised jäätmed täisväärtuslikuks söögi- ja söödaressurssideks (Collavo *et al.* 2005 *ref* Makkar *et al.* 2014). Kuigi kogu putukate kasvatamise protsess on rangelt kontrollitud, tuleb isegi kiire kasvamise juures nende tootmise hind suhteliselt kõrge, muutes selle kasutamise vähem konkurentsivõimelisemaks võrreldes teiste proteiiniallikatega. Kui kalajahu hinnad senises tempos tõusevad, võib nõudlus putukate järele kasvada, muutes putukatest toodetud söötade hinna konkurentsi võimelisemaks läbi tootmismahdade suurenemise (Koeleman 2014).

Mitmete putukaliikide vastseid on võimalik kasutada söödajahu tootmiseks. Jahumardika (*Tenebrio molitor*) vastne on suure potentsiaaliga vesiviljeluse söötades kasutamiseks, kuna sisaldab suhteliselt palju proteiini ja on sobiva aminohappelise koostisega (Makkar *et al.* 2014). Jahumardika vastne ehk jahuuss kuulub *Coleoptera* seltsi ja *Tenebrionidae* perekonda. Hetkel kasutatakse jahumardika vastseid peamiselt lemmikloomade ja kalade söötamiseks, vähesel määral ka inimtoiduks. Jahumardika vastseid peetakse üheks

perspektiivsemaks putukaliigiks, mis sobib nõ masstootmiseks, seoses nende lihtsa paljunemise ja kasvatusesega. Täiskasvanud jahumardikaid söödana ei kasutata, sest sisaldavad kehamassi kohta suhteliselt palju kitiini, mis on seedumatu (van Huis 2013). Ent nende vastsed on kõrge kvaliteediga sööt, mis sisaldab palju proteiini ja lipiide (Makkar *et al.* 2014). Jahumardika vastseid toodetakse hetkel tööstuslikult Hiinas (Henry *et al.* 2015).

Jahumardika vastse elutsükkel varieerub vahemikus 280 kuni 630 päeva. Vastsed kooruvad 10.-12. päevaselt 18-20 °C juures. Vastsed saavad täiskasvanuks keskmiselt 3-4 kuu vanuselt, kuid ebasoodsate tingimuste puhul võib vastsete etapp ulatuda kuni 18 elukuuni. Jahumardika vastsed on helekollas-pruuni värvi, 20-32 mm pikad ja kehamass on 130-160 mg (Makkar *et al.* 2014) (joonis 5).



Joonis 5. Jahumardika vastsed. Allikas: Zen Birdfeeder, 20.04.2017

1.6. Söötmiskatsed putukavastsetega

Teaduskirjandusest leiab üha rohkem uurimusi, mis on keskendunud jahumardika vastsetest valmistatud sööda kasutamisevõimaluste selgitamisele. Viimastel aastatel

avatud teadustööd keskenduvad peamiselt selle alternatiivse sööda kasutamist proteiiniallikana nii karnivoorsetele kui omnivoorsetele liikidele.

Sageli on uurimuste peamiseks eesmärgiks selgitada, kas vastsejahuga on võimalik asendada osaliselt või täielikult söödaproteiinist. Belforti *et al.* (2015) viisid läbi katse, kus uuriti jahumardika (*Tenebrio molitor*) vastsete jahu baasil (25% ja 50%) tehtud söötade mõju vikerforellide kasvukiirusele, toitainete seeduvusele ja filee keemilise koostisele. Lisaks jahumardika vastsete jahule lisati segasöödale teraviljasid (odrajahu, nisujahu, nisukliid, tärklis), kalaõli ning vitamiinide ja mineraalainete segusid. Kontrollsöödas kasutati proteiiniallikana heeringajahu. Katsest selgus, et katserühmade vahel puudus oluline erinevus juurdekasvus. Ellujäävus oli kontrollgrupil oluliselt suurem, võrreldes katsegrupi forellidega. Proteiini seeduvus oli madalam katserühmal, kuid teiste toitainete seeduvust erinevad söödad ei mõjutanud. Omega-3 ja -6 rasvhapete arv oli suurim kontrollgrupil ja madalaim katserühmal, kellele anti 50% sisaldusega jahumardika vastsetega sööta. Autorid väitsid, et jahumardika vastsed on sobilik sööt vikerforellide kasvatamisel, kuid vaja on täiendavaid uuringuid vähendamaks selle võimalikku negatiivset mõju filee keemilisele koostisele (Belforti *et al.* 2015).

Ng *et al.* (2001) asendasid kahes katses aafrika sägaga (*Glarias garipepinus*) kalajahu purustatud ja kuivatatud jahumardika vastsega (*Tenebrio molitor*). Esimeses katses koostati viis erinevat sööta ja jahumardika vastsed asendasid osaliselt kalajahu. Teises katses kasutati kolme erinevat sööta: tööstuslik säga sööt, tööstuslik säga sööt koos jahumardikatega ning ainult jahumardikatest koosnev sööt. Tulemustest selgus, et 40% kalajahust on võimalik asendada putukavastse jahuga, negatiivse mõjuta kasvukiirusele. Parim kasvukiirus täheldati katserühmas, kus söödas asendati 20% kalajahust putukavastse jahuga. Samas olulist kasvukiiruse vähenemist täheldati katsegrupis, kus söödas asendati kalajahu 60% ja rohkem jahumardika vastse jahuga. Kasvukiirus oli madalaim katsegrupis, mille sööt ei sisaldanud kalajahu. Teises katses näitasid halvemaid juurdekasvu tulemusi ainult jahumardikate sööta saanud katserühm. Seega võib järeldada, et tööstusliku sööda ja jahumardika segu annab paremaid kasvukiiruse tulemusi. Autorid lisasid et mõlemas katses olid jahumardikad või jahumardika jahu põhjal tehtud sööt vastuvõetav aafrika säga poolt, olles potentsiaalne proteiiniallikas antud liigi söödas.

Gasco *et al.* (2016) uurisid jahumardika vastsete jahu baasil valmistatud sööda mõju huntahvena (*Dicentrarchus labrax*) maimudele. Katses kasutati kolme sööta: 25%-lise

vastsejahu sisaldusega, 50%-lise vastsejahu sisaldusega ning kontrollsööt ilma vastsejahuta. Valmistatud katsesöödade põhikoostisosad olid nisugluteen, maisigluteen, nisujahu, nisukliid, tärklis, kalaõli ja ussijahu ning kontrollgrupi söödal kalajahu, lisaks veel vitamiinide ja mineraalainete segud. Söödakomponendid segati kokku enne granuleerimist (graanuli suurus oli 1mm) ning kuivatati hiljem temperatuuril 40°C ja hoiustati -20°C. Tulemustest selgus, et 50%-lise vastsejahu sisaldusega sööt pidurdas kasvukiirust, mistõttu antud katserühma kalad olid väiksemad. Kalade suremus oli kontrollrühmal 4,67%, 25%-lise vastsejahuga grupil 8,67% ja 50%-lise vastsejahuga grupil 6,67%. Samas oli kontrollrühmal suremus väiksem kui teistel rühmadel, kuid see ei olnud statistiliselt oluline.

1.7. Vikerforelli sööda koostis

Vikerforell on röövakala, kelle menüüsse kuuluvad toiduobjektid olenevad aastaaajast, veetüübist ja kala suurusest. Vikerforell toitub looduslikes veekogudes kirpvähilistest, limustest, putukavastsetest ning teistest väikestest kaladest. Vikerforellikasvandustes söödetakse isendeid spetsiaalse söödaga.

Sööt peab sisaldama loomadele kõiki vajalike toitaineid ning piisavalt energiat kasvuks ja paljunemiseks. Seega on olulised aspektid sööda koostamisel seotud toitainete ja energia kättesaadavusega. Oluline on ka asjaolu, et sööda omastatavus ei ole seotud ainult sööda keemilise koostisega, vaid sõltub ka looma tundlikkusest nende komponentide vastu (Boyd 2015).

Tööstuslikult toodetud kalasöödad on koostatud vastavalt liikide toitainete tarbe järgi. Need söödad on koostatud mitmesugustest kõrge kvaliteediga söödalisanditest, mis sisaldavad kalajahu, kalmaarijahu, taimset jahu, purustatud maisi, nisu-, riisi-, lihajääkide jahu, sulejahu, kondijahu, kalaõli, taimset õli, antioksidante jne. Tänapäeva söödad koosnevad peamiselt kalajahust ja taimsetest jahudest, kuid nende sisaldus söödas varieerub vastavalt kasvatatavale kalaliigile ja kasvuetapele.

Tabel 1. Vikerforelli erinevatel eluetappidel kasutatavad enamlevinud söödakomponendid koos sisaldustega Allikas: FAO 2016

Koostisosad (%)	Kasvuetapid			
	Vastne	Maim	Noorkala	Suguküps
Kalajahu	68	46	30	24
Maisigluteenjahu	0	2	4	4
Linnuliha kõrvalsaaduste jahu	2	5	6	8
Sulejahu	0	4	6	5
Sojasrott	0	5	12	10
Verejahu	1	2	4	4
Jahvatatud nisu	17	20	22	20
Sojaõli	0	0	5	0
Kalaõli	10	12	9	10
Vitamiinide segu	1,5	1,5	1,5	1,5
Mineraalainete segu	0,5	0,5	0,5	0,5

Suurim kalajahu sisaldus on vikerforelli vastsete söödas 68%, maimudel 46%, noorkala söödas 30% ning suguküpsedel kaladel 24% (tabel 1). Vitamiinide ja mineraalainete tarbe katmiseks kasutatakse eelsegusid (tabel 2 ja 3).

Tabel 2. Vikerforelli söödas kasutatavate enamlevinud vitamiinide segu koostis ning sisaldus. Allikas: FAO 2016.

Koostisosa	g/kg
Vitamiin B ₁	1
Vitamiin B ₂	1
Vitamiin B ₆	1
Vitamiin B ₅	4
Inositol	50
Biotiin	0,02
Foolhape	0,5
Vitamiin B ₄	100
Niatsiin	15
Vitamiin B ₁₂	0,002
Vitamiin A	250 000 RÜ
Vitamiin E	3000 RÜ
Vitamiin K	1
Vitamiin C	40
Vitamiin D ₃	240 000 RÜ

Tabel 3. Vikerforelli söödas kasutatavate enamlevinud mineraalainete segu koostis ning sisaldus. Allikas FAO 2016.

Koostisosa	g/kg
FeSO ₄ 7H ₂ O	6
ZnSO ₄ 7H ₂ O	15
MnSO ₄ H ₂ O	9
CuSO ₄ 7H ₂ O	3
Ca(IO ₃)6H ₂ O	1

Kalajahuta söödad sisaldavad tavaliselt proteiiniallikana sulatatud liha jääke, kuid varasemad katsed on näidanud, et mõned kalaliigid kasvavad edukalt ainult taimsete proteiinide baasil tehtud söödaga. Vesiviljeluse söötade toorproteiini sisaldus herbivoorsetel liikidel on 25% ja omnivoorsetel 55% varajases elustaadiumis (Boyd 2015).

1.8. Vikerforelli toitainete tarve

1.8.1. Proteiin ja aminohapped

Proteiin on kalale esmatähtis toitaine, sest see moodustab 70% lihaste kuivainest. Samas on proteiin kõige kallim sööda koostisosa. See on tinginud asjaolu, et enim teadusuuringuid on kaladel läbiviidud just proteiini ja aminohapete tarvete kohta. Kasvatatavate kalade proteiini vajadus jääb vahemikku 20-50% ning seda mõjutavad geneetika, kasvukiirus, söömisharjumused, sööda omastamine ja keskkonnatingimused (Li, Robinson 2015). Proteiini tarve väheneb kala kasvades, olles suurim vastsetel ja maimudel, eriti aga karnivoorsete kalaliikide puhul (NRC 2011 ref Li, Robinson 2015). Enamik meres elavaid liike on karnivoorid, vajades 40-55% -lise proteiinisaldusega sööta (tabel 4), samas kui mageveekaladel on proteiinitarve 25-40% (Boonyaratpalin 1997). Kaaludes kalajahu asendamist, siis putukates on keskmine proteiinisaldus 50-82% kuivainest (Schabel

2010). Arvestades putukate toiteväärtust, on nende kasutamine kalade söödana suure potentsiaaliga, pealegi on kasvatamisel ruumikasutus vähene ning putukad on toiduna aktsepteeritud kalade poolt, sest kuuluvad nende looduslikku toiduvalikusse. Lisaks sellele saab söödaks kasutatavaid putukaid kasvatada eetiliste vastuoludeta mitmetel orgaanilistel jäätmetel nagu näiteks sõnnik või kalajäätmed (Mitsubishi 2010 ref Rumpold, Schlüter 2013). Tänapäeva tööstuslikult toodetud kala söödad sisaldavad kalajahu, sest kalajahu on suure proteiinisaldusega ning sisaldades asendamatuid aminohappeid (Nguyen *et al.* 2009).

Tabel 4. Soovituslik proteiinisaldus vikerforelli söödas. Allikas Hardy 2002

Kasvu etapp	Proteiinisaldus söödas	Rasvasisaldus söödas
Vastne	45-50%	16-18%
Maim	42-48%	20-24%
Suguküps kala	35-40%	14-16%

Aminohapped jagatakse kala toitumisel nende tähtsusest tulevalt asendamatuteks ja asendatavateks. Kümme asendamatut aminohapet on arginiin, histidiin, isoleutsiin, leutsiin, lüsiin, metioniin, fenüülalaniin, treoniin, trüptofaan, valiin (tabel 5). Asendamatuid aminohappeid ei saa kala ise sünteesida ning seega peavad need olema kättesaadavad söödast. Lisaks asendamatutele aminohapetele on ka asendatavaid aminohappeid (alaniin, aspaarthape, aspargiin, glutamiin, glutamiinhape, seriin, proliin), mida kala saab ise lihtsatest lähteainetest sünteesida (Lall, Dumas 2015).

Tabel 5. Vikerforelli aminohapete tarve. (% söödast). Allikas: Lall, Dumas 2015

Aminohape	Tarve (% söödast)
Arginiin	1,5
Histidiin	0,8
Isoleutsiin	1,1
Leutsiin	1,5
Lüsiin	2,4
Metioniin	0,7
Metioniin + tsüsteiin	1,1
Fenüülalaniin	0,9
Fenüülalaniin + türosiin	1,8
Treoniin	1,1
Trüptofaan	0,3
Valiin	1,2

1.8.2. Süsivesikud

Phillips *et al.* (1948) uurimus oli esimene, mis kirjeldas kalade süsivesikute energiaks kasutamist ja järeldati, et kõige optimaalsem tärgluse sisaldus vikerforelli söödas on 12% (Hemre *et al.* 2002). Sellele järgnesid mitmed publikatsioonid, kus tehti rangelt vahet karnivoorsete ja omnivoorsete kalade süsivesikute omastamise kohta: omnivoorsed kalad tulevad toime kõrgemate süsivesikute kogustega söödas ja on võimelised säästma märksa rohkem proteiini kui karnivoorsed kalad (Hemre *et al.* 1995 ref Hemre *et al.* 2002) Süsivesikud on kõige odavam energiallikas kalade ja loomade söödas, kuid süsivesikute toiteväärtus on kalaliigiti väga erinev (Lall, Dumas 2015). Soojaveelised kalaliigid suudavad süsivesikuid kasutada toiduks palju paremini võrreldes külmaveeliste liikidega ja merekaladega. Kaladel ei ole välja toodud kindlat vajalikku süsivesikute kogust söödas. Juhul kui söödas puuduvad süsivesikud, kataboliseeritakse energiaks ning erinevateks bioloogiliselt oluliste ühendite sünteesiks, mis saadakse tavaliselt süsivesikutest, teisi komponente nagu proteiinid ja lipiidid. Seega on oluline, et sööt sisaldaks süsivesikuid (Roberts 1994).

1.8.3. Lipiidid

Lipiidid on oluliseks energia- ja asendamatute rasvhapete allikaks, mida on vaja kala normaalseks kasvuks ja arenguks. Lipiidide rasvhappeline koostis on tähtis tagamaks optimaalne kasv, paljunemine, tervis ja kala liha kvaliteet. Lipiidid aitavad rasvlahustuvatel vitamiinidel paremini imenduda (Lall, Dumas 2015).

Sarnaselt teistele selgroogsetele ei suuda kala ise sünteesida asendamatutest rasvhapetest linoolhapet 18:2n-6 ja linoleenhapet 18:3n-3. Seega peavad mõlemad rasvhapped pärinema söödast (Roberts 1994). Üldjuhul rahuldatakse mageveekalade asendamatute rasvhapete vajadused 18:3n-3 ja 18:2n-6 rasvhapetega, kuid merekalade rasvhapete varustamiseks on vajalikud pikaahelised polüküllastumata rasvhapped nagu eikosapentaenehape 20:5n-3 ja dokosaheksaenehape 22:6n-3 (NRC 1993, 2011 ref Lall, Dumas 2015). Asendamatute rasvhapete puudulikkus kalasöödas võib põhjustada sabauime mädanemise (inglise keeles *fin rot*), südamelihasepõletikku (inglise keeles *myocarditis*), kasvukiiruse vähenemise ja sööda omastavuse, šoki sündroomi (inglise keeles *shock syndrome*) ja suurt suremust. Asendamatute rasvhapete defitsiit mõjutab isaste ja emaste kalade paljunemisvõimekust, põhjustades madalat viljastamisvõimekust ja marja koorumist, embrüonaalseid väärenguid ja järglaste madalat ellujäävust (Lall, 2010, Hamre *et al.* 2013). Samas liialt suur asendamatute rasvhapete sisaldus söödast võib põhjustada kahjulikku mõju kala kasvukiirusele ja sööda omastavusele (Erdal *et al.* 1991 ref Lall, Dumas 2015). Seega peaks vastsete sööda rasvasisaldus olema vahemikus 16-18%, maimudel 20-24% ja suguküpsete kaladel 14-16% (Hardy 2002).

1.8.4. Vitamiinid ja mineraalained

Vitamiinid on orgaanilised ühendid, mis on vajalikud kalade normaalseks kasvuks ja terviseks. Sageli ei suuda kalad vitamiine ise sünteesida, seega peavad need olema tagatud söödaga. Vitamiinid jagunevad vees- ja rasvlahustuvateks. Veelahustuvad vitamiinid on B-vitamiin, koliin, inositol, pantoteenhape, biotiin ja C-vitamiin. Rasvlahustuvad A-, D-,

E-, K-vitamiinid. Kõige olulisem nendest on E-vitamiin, millel on oluline roll antioksidandina. Vitamiinide defitsiit väljendub kõige sagedamini kasvukiiruse aeglustumises (Graig, Helfrich 2009).

Mineraalained on mitteorgaanilised ühendid, mis jagatakse makro- ja mikroelementideks. Makroelementide hulka kuuluvad naatrium, kloriid, kaalium ja fosfor. Mikroelemendid on vask, kroom, jood, tsink ja seleen. Mineraalaineid on vaja kala normaalseks elutegevuseks, nende põhilised funktsioonid on luustiku struktuuri moodustamine, happe-aluse tasakaalu reguleerimine ja osmoregulatsioon. Mineraalained on olulised hormoonides ja ensüümides, nad aktiveerivad ensüümid (Roberts 1994). Kalad suudavad mitmeid mineraalaineid absorbeerida välisest keskkonnast lõpuste ja naha kaudu, see võimaldab neil teatud määral kompenseerida mineraalainete vaest sööta (Graig, Helfrich 2009). Kaltsium, magneesium, naatrium, kaalium, raud, tsink, vask ja seleen omastatakse kalade poolt tavaliselt veekeskkonnast (Roberts 1994).

1.9. Vikerforelli söömist mõjutavad tegurit

Kala sööda tarbimine sõltub tema võimest meeltega tajudes sööta leida, seda püüda, käsitleda ning manustada ning füsioloogilisest ja biokeemilisest võimest sööta seedida ning muundada imendunud toitaineid kasvuks vajalikeks. Lisaks on sööda tarbimise puhul määravaks füüsikalise-keemilised tegurid, nagu temperatuur, hapnikutase ja pH (Kestemont, Baras 2001).

1.9.1. Vee temperatuur

Vikerforelli isu on kõige optimaalsem temperatuuril 7-18 °C. Sellest temperatuurist madalamal või kõrgemal hakkab forellide söömuse langema. Samas kui temperatuur tõuseb liialt kõrgele üle optimumi, lõpetavad kalad söömise. Temperatuuri tõustes on kalade söömine intensiivsem, kuid vee temperatuuri ülemiseks piiriks on 18 °C. Üle 18 °C

vikerforelli isu ja sööda omastamine väheneb oluliselt või lõpeb täielikult. Arvestades, et intensiivse söömuse ja sööda seeduvuse vahel on pöördvõrdeline seos, siis 18 °C juures söövad vikerforellid intensiivselt, kuid sööda seeduvus on sel temperatuuril väiksem (Woynarovich *et al.* 2011).

1.9.2. Vee hapnikusisaldus ja pH

Lõhelastele omaselt on vikerforellil suur hapnikuvajadus. Maksimaalne hapnikusisaldus vees sõltub selle temperatuurist, sest vees võib lahustuda ainult teatud hulk hapniku, mis on kindlaks määratud hapniku osarõhu järgi atmosfääris. Kõrgema temperatuuri puhul on vee hapnikusisaldus madalam ning vastupidi (Woynarovich *et al.* 2011).

Soovitatav minimaalne hapnikusisaldus vees on kalaliikide puhul erinev. Külma veelistel kaladel peaks vee hapnikusisaldus olema vähemalt 6 mg/l. Troopilistel magevee- ja merekaladel vähemalt 5 mg/l. Hapnikusisalduse ajutist langust võib märgata kalade söötmise- ja söötmissjärgsel ajal, sest kalade tarbivad söömise ja seedimise ajal rohkem hapniku. Kalad küll taluvad lühiajaliselt madalamat vee hapnikusisaldust, kuid see võib põhjustada stressi. Vähenenud hapnikusisaldus väljendub kala isutuses või sööda tarbimise lõpetamises. Madala hapnikusisalduse korral kogunevad kalad basseini sissevoolu juurde, kus hapnikusisaldus on kõrgem. Ühtlasi muutuvad kalad uimaseks ning ei reageeri välisele ärritustele (Mallya, 2007).

Kui hapnikusisaldus on lähedane küllastuspunktile või sellest kõrgem on kalade söögiisu hea ja söödakoeffitsient madal ning juurdekasv näitab paremaid tulemusi. Näiteks vikerforellide söögiisu väheneb kui hapnikuküllastus vees langeb alla 60% (Jobling 1995 *ref* Mallya 2007).

Vikerforelli vee pH taluvus on erinevatel kasvuetappidel varieeruv. Viljastatud marjaterade ja maimude optimaalne vee pH vahemik on 6,5-8,0. Optimaalne pH maimu etapist kaubakalani on vahemikus 6,0-8,5 ning kalade jaoks letaalne pH on alla 4,0 ja üle 11,0 (Woynarovich *et al.* 2011).

1.9.3. Inimtegevuse mõju kalade söömusele

Rutiinsed tegevused nagu kalade käsitlemine, basseinide puhastamine, profülaktika ja haiguste ravimine või söötmine mõjutavad kalade käitumist. Kalade häirimine nagu näiteks kaalumine või transportimine ühest basseinist teise, põhjustab neil söögiisu langust mitmest tunnist kuni mitme päevani (Boujard *et al.* 1992 *ref* Kestemont, Baras 2001).

Ajutised häiringud nagu liikumine või müra basseinide lähedal, võib vähesel määral mõjutada kalade söömust ja nad söötjate juurest eemale ajada, kuid üldjuhul kalad jätkavad söömist mõne minuti jooksul peale häiringu lõppemist. Kui tõsistel häiringutel on negatiivne mõju kala söömusele, siis mõned häiringud mõjuvad ka positiivselt. Näiteks vikerforellide puhul on parema söögiisuga need isendid, kes on lähemal kalakasvanduse teenindusteele. Varasemates uuringutes on leitud, et kalad, keda pidevalt väliste tegurite kaudu häiriti, tarbisid ligikaudu 7% rohkem sööta kui need kalad, keda ei häiritud. Suurenenud söögiisu põhjus võib olla seotud inimese kui kalade söötja kohaloluga (Speare *et al.* 1995 *ref* Kestemont, Baras 2001).

2. MATERJAL JA METOODIKA

2.1. Katse planeerimine

Söötiskatsele eelnesid kohtvisiidid mõningates Eesti kalakasvandustes ajavahemikul 3. maist kuni 17. maini 2016. Eesti kalakasvandustes kasutatavate söötade kvaliteedi uurimiseks koguti vikerforellikasvatajatelt nelja erineva söödatootja söödaproovid. Kvaliteetse ja söödapartiid iseloomustava proovi saamiseks segati sööta enne proovide võtmist põhjalikult ning proov pakendati õhukindlasse ja puhtasse plastikaatkotti. Söödaproovide keemiline koostis analüüsiti Eesti Maaülikooli söötmissosakonna sööda ja ainevahetuse uurimise laboris üldtunnustatud meetodikate alusel (AOAC, 2005). Söödaproovidest määrati toorproteiini-, toortuha-, toorkiu-, toorrasva-, kaltsiumi-, fosfori- ja NaCl sisaldused. Kuivainesisalduse määramisel kuivatati proovid termostaadis 130 °C juures konstantse kaaluni. Toorproteiinisisaldus määrati Kjeldahli meetodil ($N \times 6,25$) Kjeltec Auto 1030 analüsaatoriga. Toortuhasisalduse määramiseks põletati proove muhvelahjus temperatuuril 500-550 °C 6 tundi. Toorkiusisaldus määrati Fibretec'i süsteemiga ja toorrasvasisaldus Soxtec 1040 analüsaatoriga. EMÜ söötmissosakonna labori analüüsitud söödaproovi tulemusi võrreldi söödatootjate poolt tootepakenditel märgitud andmetega.

Ettevõttest OÜ Ronanson pärinev jahumardika vastsete pasta saadeti 11.05.2016 aminohappelise koostise määramiseks AS Toidu ja Fermentatsiooni Tehnoloogia Arenduskeskuses laborisse. Jahumardika vastsete pasta määrati kuivaine, lüofiliseeritud pasta ja märja pastast aminohapete sisaldused vedelikkromatograafia-UV meetodil. Proovid hüdrolyüsiti temperatuuril 105 °C 22 tundi. Seejärel lahjendati proove 200 korda milliQ veega ning derivatiseeriti temperatuuril 55 °C 10 minutit. Proovid analüüsiti Acuity kõrgefektiivse vedelikkromatograafia (UPLC) seadmega temperatuuril 55 °C ja aminohapped eraldati AccQ-Tag vedelike abil.

Söötmisskatse vikerforellidega viidi läbi Eesti Maaülikooli vesiviljeluse osakonna retsirkulatsioonisüsteemis ajavahemikul 9. novemberist – 2. detsemberini 2016. Katse oli algselt planeeritud kahes etapis kuni 29. detsembrini. Esialgse plaani kohaselt oleks esimene etapp lõppenud 4. detsemberil vahekaalumise, andmete kogumise ning söötmistabeli kohandamiseks teiseks etapiks. Katse algset ülesehitust muudeti, kuna käigus kalad haigestusid. Haiguspuhangu tuvastati 2. detsembril, mil paljudel kaladel puudus isu ning täheldati ebatavalist käitumist. Osa kalu oli hukkunud. Tingituna haiguspuhangust esimese katse etapi lõpus otsustati katse teine etapp enne selle algust ära jätta. Magistritöö käsitletavat tulemust on kogutud katse esimesest etapist.

Tegevused etapiti katsele eelnenud perioodil ja katse ajal:

- 6. november 2016 maimude transport OÜ Simuna Ivax Nõmme kalakasvandusest EMÜ vesiviljelusosakonna retsirkulatsiooni süsteemi
- 6–8. november 2016 läbivoolukasvanduse ja RAS süsteemi veetemperatuuri erinevuse ühtlustamine
- 8. november 2016 maimude individuaalne kaalumine, mõõtmine ja gruppidesse jagamine
- 9. november 2016 söötmisskatse algus
- 2. detsember 2016 söötmisskatse lõpp, maimude kaalumine ja mõõtmine

2.2. Katseseadme kirjeldus

Katsesüsteem koosnes viiest 700 liitrise veemahuga basseinist, 600 liitrise veemahuga setitist, biofiltri anumast ning nõrgfiltrist (joonis 6). Katsesüsteemis oleva vee kogumaht oli 5500 liitrit ning stabiilne veeringlus oli tagatud pumbaga võimsusega 8000 liitrit tunnis, mis tagas kogu süsteemi veevahetuse ligikaudu 1,5 korda tunnis. Basseinide veevahetust reguleeriti pealevoolutoru kraanidest. Lahustunud hapnikusisalduse mõõtmiseks kasutati kalibreeritud oksümeetri Marvet Junior 2000 (Soome). Hapnikusisaldust mõõdeti setitist, kuhu oli suunatud katsebasseinide väljavool. Optimaalse hapnikutaseme tagamiseks oli mõlemasse katsebasseini paigutatud õhudifuuser. Süsteemi veetaseme normaaltasemel hoidmiseks oli süsteemis ujuk, mis tagas veetaseme hoidmise trassivee survega.



Joonis 6. EMÜ vesiviljeluse osakonna RAS süsteem.

Uurimustöö viidi läbi kahe kalabasseiniga, milles kasutuses olnud vesi suunati setitsisse, kus toimus setete kogumine. Setitist pumbati vesi edasi biofiltrisse, kus toimus vees lahustunud lämmastikuühendite oksüdatsioon. Biofilter on silindrikujuline anum, mis on täidetud suure eripindalaga spetsiaalse plastikust filtrimaterjaliga, millel kasvavad nitrifitseerijad bakterid. Nitrifitseerijad bakterid muudavad kaladele mürgise ammoniaagi nitritiks ning lõpuks kõige vähem toksiliseks nitraadiks. Biofiltri anuma põhjas asus õhudifuusor, millest väljuv õhk tagas filtrielementide pideva liikumise. Edasi juhiti vesi läbi nõrgfiltrit, kus toimus CO₂ eraldamise protsess. Igapäevaselt registreeriti vee kvaliteedi parameetritest temperatuur, hapnikusisaldus, pH ja redokspotentsiaal. Lisaks fikseeriti igapäevaselt ruumi õhutemperatuur ning ööpäevane puhta vee pealevooluhulk.

2.3. Katsegruppide moodustamine

Katses kasutatud maimud toodi kolm päeva enne katse algust OÜ Simuna Ivax Nõmme kalakasvandusest 6. novembril. Maimude transpordiks kasutati kahte identset 100 l mahuga plastikanumat, mis olid poolenisti täidetud veega. Optimaalse hapnikusisalduse tagamiseks vett aereeriti. Maimud toodi veeläbivoolul põhinevast kalakasvandusest ning sellest tulenevalt oli transpordi alguses veetemperatuur 5 °C. Kuna pärast transportimist oli veetemperatuur plastikanums tõusnud 5,5 °C-ni, ühtlustati veetemperatuurid enne maimude ümberpaigutamist. RAS-süsteemi veetemperatuur oli 17 °C. Veetemperatuuri ühtlustamine toimus astmeliselt kolme päeva jooksul. Ühtlustamise lõpuks saavutati veetemperatuuri erinevus 1 °C.

Enne gruppidesse (8. novembril) asustamist maimud kaaluti elektroonkaaluga täpsusega ± 0,01g.

Andmete kogumiseks kaaluti ja mõõdeti individuaalselt katses osalenud maimud:

- 1) Esmalt valmistati ette uinutamise vesilahus ainega MS-222, mida lisati 0,75g 10 L vee kohta;
- 2) Kalad tõsteti kahvaga uinutamislahusesse;
- 3) Peale maimude uinutamist kalad kaaluti kuivkaalumismeetodil, kaalu kuivatati peale igat kaalumist pabersalvrätikuga;
- 4) Mõõdeti iga kala kehapikkus ninamiku tipust sabauime keskmiste kiirte alguseni;
- 5) Maimud sorteeriti kahte gruppi keskmise kehamassi alusel ja asetati värskesse vette taastumiseks.

Kõik kogutud andmed fikseeriti töölehel. Katse lõpus toimus maimude kaalumine sama meetodika alusel. Peale taastumist maimud asustati kahte 700 l suurusesse kalabasseini, mõlemasse 60 isendit. 48 tundi pärast katse algust asustamisjärgset suremist ei täheldatud. Basseinid nimetati vastavalt söötmissgruppide järgi B1 (kontroll) ja B2 (katsegrupp).

2.4. Katsegruppide söötmine

Kontrollgrupi söödana kasutati Soomes tööstuslikult toodetud vikerforelli sööta Raisio Hercules (joonis 7). Tootespetsifikatsiooni järgi sisaldab sööt kalajahu, sojajahu, rapsiõli, nisujahu, kalaõli, põlduba, nisugluteeni, linnuliha jahu, verejahu, maisigluteeni ja mineraalainete premikse. Nimetatud sööda keemilise koostise määramiseks võeti representatiivne proov ning viidi Eesti Maaülikooli söötmise osakonna laborisse keemilise koostise analüüsiks (tabel 6).

Tabel 6. Katses kasutatud kontrollgrupi ja katsegrupi söötade keemiline koostis.

Koostis	Kontrollgrupp	Katsegrupp
Kuivaine, %	94,6	94,6
Sööda kuivaines:		
Toorproteiin, g/kg	536	381
Toortuhk, %	7,6	4,4
Toorkiud, %	1,6	4,2
Toorrasv, %	22	26,8
Kaltsium, g/kg	15,6	6,2
Fosfor, g/kg	11	8,3

Katsegrupi maimudele valmistatud sööt põhines vikerforelli erinevatel eluetappidel kasutatavatest söödakomponentidest (tabel 1). Sööt sisaldas jahumardika vastsete jahu (68%), nisujahu (13%), kalaõli (7,5%), sulejahu (4%), sojajahu (3%), linnuliha kõrvalsaadusi (2%), verejahu (1%) ning vitamiine ja mineraalaineid. Sööda granuleerimisel kasutati graanuliliimi. Valminud segasöödast (joonis 7) võeti proov keemilise koostise määramiseks (tabel 6).



Joonis 7. Vasakul katsegrupi sööt ja paremal kontrollgrupi sööt.

Mõlema grupi söötmisratsioon koostati vastavalt söödafirma AllerAqua poolt väljatootatud soovituslike söötmisnormide järgi (tabel 7). Kuna maimude keskmine kaal jäi katse alguses vahemikku 7-15 g ja katse süsteemi veetemperatuur oli 17,5-18 °C, võeti tabelist 7 soovituslikuks söötmisnormiks 2,3% kehamassist päevas. Valitud söötmisnormiga koostati mõlemale grupile eraldi söötmistabel (lisa 1 ja lisa 2). Söötiskatse kestel jälgiti igapäevaselt kalade söömiskäitumist ning hinnati söömata jäänud sööda kuhjumist basseini põhja.

Tabel 7. Soovituslik söötmisnorm päevas (kg sööta 100kg kala kohta päevas) vastavalt kala suurusele ja veetemperatuurile. (Allikas: <http://www.aller-aqua.com/>)

Kala mass, g	Graanuli läbimõõt, mm	Veetemperatuur, °C				
		10	12	14	16	18
0,5-2	0,5-1,0	2,53	3,03	3,23	3,37	3,17
2-7	0,9-1,6	2,15	2,58	2,75	2,86	2,69
7-15	1,3-2,0	1,83	2,19	2,34	2,43	2,29
15-25	1,6-2,4	1,55	1,86	1,99	2,07	1,94
24-40	1,6-2,4	1,4	1,68	1,79	1,86	1,75

Katses kasutati konveierlindiga automaatsöötjaid (Saksamaa), mis asetati katsebasseinide kohale, tekitades basseini keskele varjulise koha, kus on võimalik kaladel toituda. Automaatsöötja tegevust reguleeriti kellamehhanisi abil, mille maksimaalseks söötmistsükli pikkuseks on 24 tundi. Teisisõnu täielikult väljatõmmatud automaatsöötja lint kerib end kokku ligikaudu 24 tunniga, mis jooksul sellel asetsev sööt langeb väikestes kogustes basseinidesse. Antud katses oli söötmistsükli pikkuseks 12 tundi ehk välja tõmmatud konveierlindile oli sööt asetatud poole lindu ulatuses.

Andmete töötlus, tabelite ja jooniste tegemine viidi läbi programmiga MS Excel 2010. Tulemuste keskmiste vahelise erinevuse statistilist olulisust testiti t-testiga.

3. TULEMUSED

3.1. Söötade kvaliteet Eesti vikerforelli kasvandustes

Eesti vikerforellikasvandustest kogutud söötade keemilise koostise ja kvaliteedi hindamiseks võrreldi söödalaboris analüüsi käigus saadud andmeid söödatootja poolt tootepakenditel toodud vastavate näitajatega.

Söödaproovi A (Raisio Hercules, Soome) analüüsimisel selgus, et toorproteiini sisaldus oli 1,8% suurem kui tootja poolt pakendile märgitud (tabel 8). Toorkiusisaldus oli analüüsitud proovis 1,1% suurem ning kaltsiumi ja fosfori sisaldused olid vastavalt 0,8 ja 0,5 g suuremad. Samas toorrasvasisaldus oli 0,1% väiksem ning NaCl sisaldus erines tootjapakendilt märgitust 1,5%. Toortuha sisaldustes erinevusi ei leitud.

Tabel 8. Raisio poolt toodetud sööda keemilise koostise võrdlus.

Näitaja	Info pakendil	Analüüsi tulemus*	Erinevus
Kuivaine, %		96,7	
<i>Sööda kuivaines:</i>			
Toorproteiin, %	40	41,8	1,8
Toortuhk, %	5,0	5,0	0
Toorkiud, %	1,6	2,7	1,1
Toorrasv, %	30	29,9	-0,1
Kaltsium, g/kg	6,0	6,8	0,8
Fosfor, g/kg	8,0	8,5	0,5
NaCl, %	3,0	1,5	-1,5

*analüüsitud EMÜ söötmisosakonna laboris.

Sööda B (Skretting T2P Optiline, Norra) söödaproovi toorproteiinisaldus erines pakendil toodust 2%, toorkiu puhul 0,1% ja toorrasval 2,7% (tabel 9). Analüüsitud söödaproovi

fosforisisaldus oli 1,1 g võrra suurem kui tootja poolt märgitud. Tulemuste võrdlemisel leiti suurim erinevus kaltsiumi sisaldustes. Kui tootepakendil oli kaltsiumisisalduseks märgitud 3,0 g kg sööda kuivaines, siis laboris läbiviidud analüüsi tulemusel oli vastavaks näitajaks 14,7 g. Nii toortuha kui NaCl sisaldused olid väiksemad kui tootepakendil märgitud.

Tabel 9. Sööda B (Skretting T2P Optiline) keemilise koostise võrdlus.

Näitaja	Info pakendil	Analüüsi tulemus*	Erinevus
Kuivaine, %		92,6	
<i>Sööda kuivaines:</i>			
Toorproteiin, %	42,5	44,5	2
Toortuhk, %	7,0	6,9	-0,1
Toorkiud, %	1,6	1,7	0,1
Toorrasv, %	28	30,7	2,7
Kaltsium, g/kg	3,0	14,7	11,7
Fosfor, g/kg	9,0	10,1	1,1
NaCl, %	1,5	1,3	-0,2

*analüüsitud EMÜ söötmissosakonna laboris.

Sööda C (Coppens, Holland) keemiline koostis erines laboris analüüsitust võrreldes tootepakendilt kõige enam toorproteiini sisalduse põhjal (vahe 3,7%). Kui tootja oli toorproteiini sisalduseks märkinud 44,0%, siis vastav näitaja labori analüüsil oli 47,7% (tabel 10). Teiste toitainete sisaldustes oli erinevused väiksemad. Näiteks labori analüüs näitas suuremaid sisaldusi nii toortuha, toorkiu, toorrasva ning fosfori osas, erinevused olid vastavalt 0,6%, 0,7%, 0,1% ja 0,6 g. Kaltsiumi ja NaCl sisaldused oli laboris määratuna väiksemad kui tootepakendilt näidatud, vastavalt 1,3 g ning 1,1%.

Tabel 10. Sööda C (Coppens) analüüsi tulemused võrdluses pakendil olevate andmetega.

Näitaja	Info pakendil	Analüüsi tulemus*	Erinevus
Kuivaine, %		92,3	
<i>Sööda kuivaines:</i>			
Toorproteiin, %	44	47,7	3,7
Toortuhk, %	6,6	7,2	0,6
Toorkiud, %	1,9	2,6	0,7
Toorrasv, %	22	22,1	0,1
Kaltsium, g/kg	17	15,7	-1,3
Fosfor, g/kg	11	11,6	0,6
NaCl, %	2,0	0,9	-1,1

*analüüsitud EMÜ söötmissosakonna laboris.

Sarnaselt teistele söötadele leiti sööda D (Biomar 790, Taani) analüüsimisel erinevusi tootjapakendil märgitu ja söödaproovi analüüsimisel leitu vahel (tabel 11). Ka antud sööda analüüsimisel leiti suurem toorproteiinisaldus võrreldes tootja poolt edastatud informatsiooniga. Esimesel juhul oli sisaldus 45,8% ja teisel juhul 44,2% sööda kuivaines. Samuti täheldati suhteliselt suur erinevus kahe tulemuse võrdlemisel söödaproovi kaltsiumi ja fosfori sisalduste vahel. Esimese sisaldus oli 2,8 g ning teise näitaja puhul 1,7 g suurem kui pakendil. NaCl sisaldus oli tootepakendil 1,7 protsendipunkti võrra suurem kui leiti söödaproovi analüüsimisel. Teise toitainete puhul olid erinevused väiksemad ning toorrasvasisalduste vahel erinevusi ei leitud.

Tabel 11. Sööda D analüüsi tulemused võrdluses pakendil olevate andmetega.

Näitaja	Info pakendil	Analüüsi tulemus*	Erinevus
Kuivaine, %		93,1	
<i>Sööda kuivaines:</i>			
Toorproteiin, %	44,2	45,8	1,6
Toortuhk, %	5,6	5,8	0,2
Toorkiud, %	1,9	2,2	0,3
Toorrasv, %	25	25	0
Kaltsium, g/kg	7,9	10,7	2,8
Fosfor, g/kg	8,6	10,3	1,7
NaCl, %	2,8	1,1	-1,7

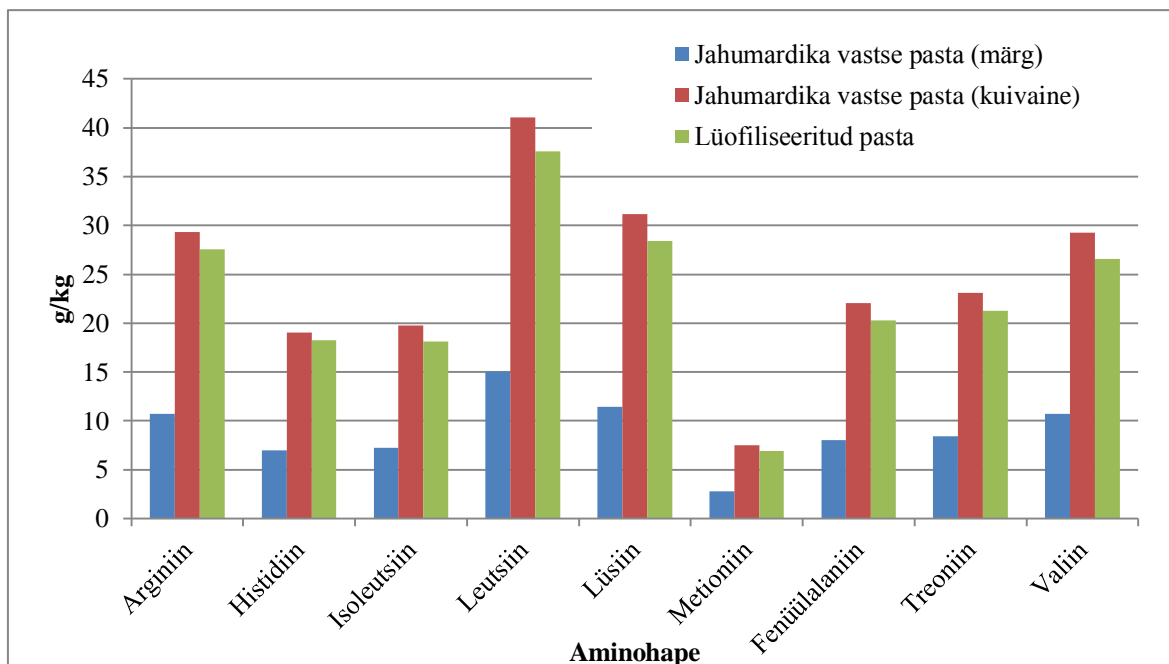
*analüüsitud EMÜ söötmissosakonna laboris.

3.2. Jahumardika vastsete aminohapete sisaldus

AS Toidu ja Fermentatsiooni Tehnoloogia Arenduskeskuse laboris määrati jahumardika vastsete märja pasta, pasta kuivaine ja lüofiliseeritud jahumardika vastsete pasta aminohappeline koostis. Aminohappeline koostis jahumardika (*Tenebrio molitor*) vastsetes on toodud tabelis 12 ja joonisel 8. Kui märja jahumardika vastsete pasta aminohapete sisaldus arvutati pasta kuivaine baasil (märja pasta kuivaine sisaldus oli 36,6%) siis saadi pasta kuivaine ja lüofiliseeritud pasta aminohapete sisalduse vahel saranane tulemus.

Tabel 12. Jahumardika vastse (*Tenebrio molitor*) pasta aminohappeline koostis. Märja pasta kuivaine sisaldus 36,6%. Allikas: Aller 2016

Aminohape	Märj pasta		Kuiv pasta		Lüofiliseeritud pasta	
	Keskmine, g/kg	SD (%)	Keskmine, g/kg	SD (%)	Keskmine, g/kg	SD (%)
Ala	13.407	1.4	36.632	1.4	32.642	0.6
Arg	10.743	1.7	29.352	1.7	27.527	3.0
Asn + Asp	17.803	0.6	48.643	0.6	44.340	4.4
Gln + Glu	26.281	2.1	71.806	2.1	65.431	4.3
Gly	11.252	1.0	30.742	1.0	28.788	1.4
His	6.977	0.4	19.061	0.4	18.253	5.3
Ile	7.233	1.3	19.763	1.3	18.134	1.4
Leu	15.027	0.6	41.058	0.6	37.598	1.3
Lys	11.409	1.0	31.171	1.0	28.429	3.0
Met	2.758	1.4	7.536	1.4	6.916	2.4
Phe	8.063	1.3	22.031	1.3	20.298	2.4
Pro	13.223	0.6	36.130	0.6	33.113	1.6
Ser	10.656	0.0	29.115	0.0	27.122	1.8
Thr	8.453	0.8	23.097	0.8	21.288	2.1
Tyr	17.067	0.5	46.631	0.5	43.554	0.4
Val	10.715	0.3	29.277	0.3	26.605	0.8

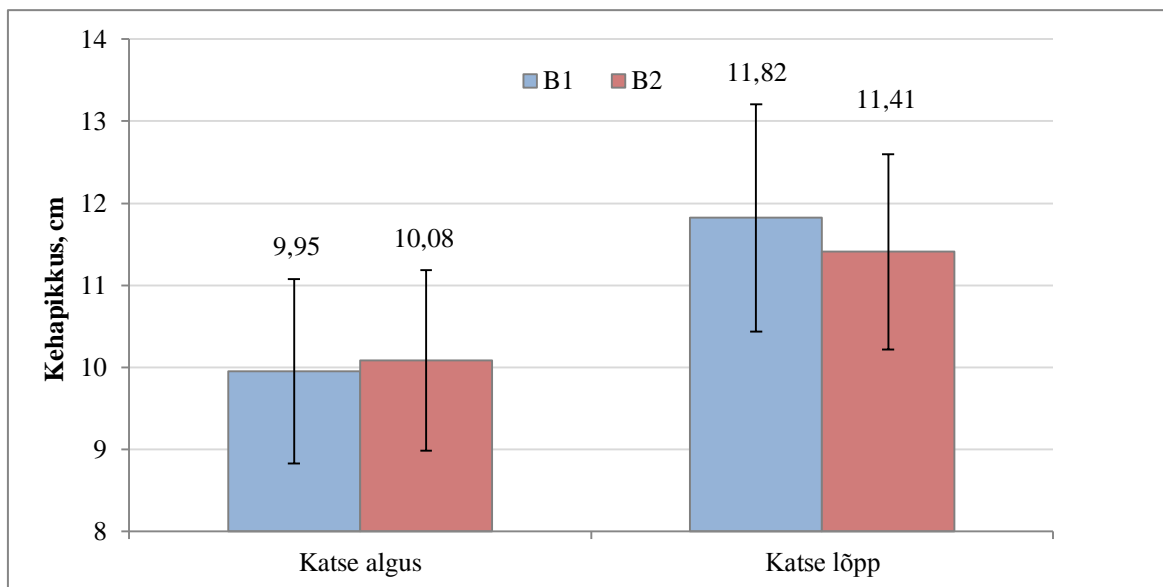


Joonis 8. Üheksa asendamatu aminohappe sisaldus jahumardika vastse pastas. Trüptofaani kohta andmed puuduvad.

Joonisel 8 on toodud üheksa asendamatu aminohappe sisaldust jahumardika vastsete märjas pastas, kuivaines ning lüofiliseeritud proovis. Suurim asendamatute aminohapete sisaldus leiti jahumardika vastsete pasta kuivaines ning lüofiliseeritud proovis. Väikseim sisaldus on jahumardika vastsete pasta märjas proovis.

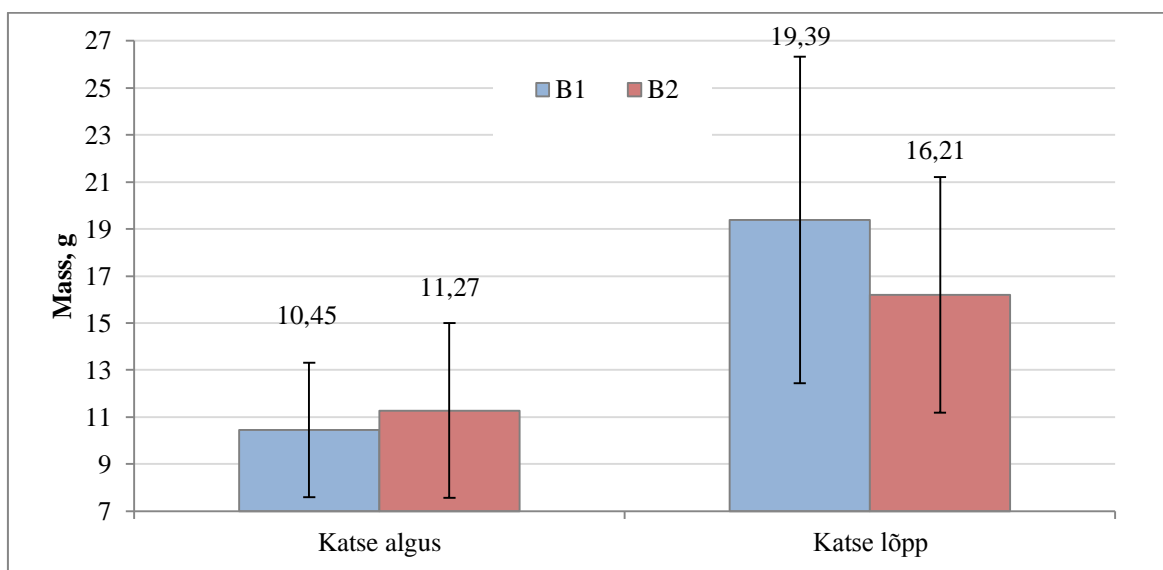
3.3. Sööda mõju vikerforellide kasvukiirusele RAS süsteemis

Mõlema basseini kalad haarasid kogu katseperioodi vältel sööta agressiivselt ning toitusid isukalt. Basseini põhjas ei märgatud söömata jäänud sööta mitte ühelgi söötmispäeval. Katsekalade keskmise kehapiikkuse muutus on toodud joonisel 9. B1 katsegrupi maimude keskmine kehapiikkus oli katse alguses 10 cm ning katseperioodi lõpus 11,82, suurenedes katseperioodi vältel 1,82 cm. Katsegrupi B2 maimudel oli katse alguses keskmine kehapiikkus 10,08 cm ja katse lõpus 11,41 cm. Kehapiikkus suurenes 1,33 cm. Katse lõpus on B1 rühma kalad keskmiselt 0,41 cm pikemad kui B2 rühma kalad, aga see erinevus ei osutunud statistiliselt oluliseks ($p=0,097$; t-test).



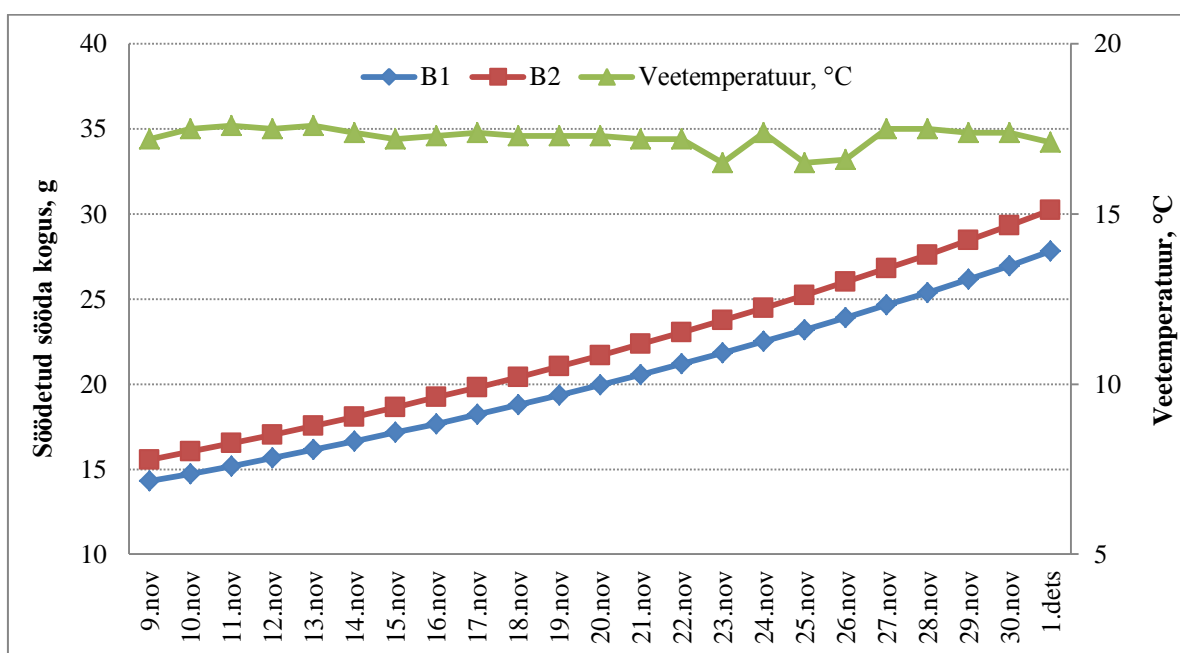
Joonis 9. Kalade keskmine kehapiikkus katse alguses ning lõpus katsegrupiti.

Joonis 10 iseloomustab katsegruppide maimude keskmise kehamassi muutusi, kus on näha B1 katsegrupi kiiremat keskmise massi kasvu. Katsegrupi B1 maimude keskmine kehamass oli katse alguses 10,45 g ning katse lõpus 19,39 g, juurdekasv on 8,94 g. Katsegrupi B2 algne keskmine mass oli 11,27 g ja lõppkaalumisel saadi keskmiseks massiks 16,21 g. Grupi keskmine juurdekasv oli 4,94 g. Katse lõpus on B1 rühma kalade kehamass statistiliselt oluliselt kõrgem, kui B2 rühma kalade mass - massid vastavalt 19,39 g ja 16,21 g ($p=0,007$; t-test).



Joonis 10. Kalade keskmine mass katse alguses ning lõpus katsegrupiti

Joonisel 11 on toodud välja katsegruppidele söödud söödakogused ning katsesüsteemi veetemperatuuri muutused. B1 katsegrupile söödeti kogu katse vältel 467,8 grammi Raisio Hercules sööta ja B2 grupile 508,8 grammi jahumardika vastsete baasil valmistatud katsesööta. Süsteemi veetemperatuur oli katseperioodi kestel stabiilne, püsises ~17,3°C juures.



Joonis 11. Katsegruppidele söödud söödakogused ja katsesüsteemi veetemperatuur.

3.3.1. Maimude suuremus

Söötmisskatse lõpetati enne planeeritud lõpukuupäeva, sest 2. detsembril olid mõlema katsegrupi maimud järsult haigestunud. Osa maimu olid basseinidest välja hüpanud ning hukkunud. Mõlemal katsegrupil puudus söömiskiivsus ning visuaalsel hindamisel oli märgata ebatavalist käitumist. Maimud ei ujunud aktiivselt terve basseini ulatuses vaid reageerisid aeglaselt ning kogunesid rohkem basseinide sissevoolu juurde.

B1 grupis hukkus 2 maimu (3,3%) ning B2 grupis 7 maimu (11,6%). Haigustekitaja määramiseks viidi haigestunud kalad EMÜ vesiviljeluse osakonda lahkamisele. Lahkamise

käigus tuvastati maimudelt ihtüoftirioosi ehk valgetäpihaiguse (*Ichthyophthirius multifiliis*) (joonis 12).



Joonis 12. Ihtüoftirioosi (*Ichthyophthirius multifiliis*) nakatunud vikerforell. Allikas: Noguera *et al.* 2015.

Ihtüoftirioosi (valgetäpihaigus, ICH) puhul on tegu ohtliku mageveekalade algloomatõvega, mis on laialt levinud kalakasvandustes ja looduslikes veekogudes, põhjustades massilise paljunemise perioodil kalade suurt suremust. Kinnistesse kalakasvatussüsteemidesse satub haigustekitaja tabandunud ja töötlemata asustusmaterjaliga (Päkk 2013).

Haigustekitaja ei olnud katsesüsteemis varem esinenud, siis võib järeldada, et see toodi sisse koos maimudega läbivoolukasvandusest. Antud parasiidi kasv ja areng on otseselt seotud veetemperatuuriga ning püsivalt soodsad keskkonatingimused põhjustasid olukorra, kus maimude immuunsüsteem ei tulnud toime haigustekitaja laiaulatusliku tabandumisega. Saadud tulemustest võib oletada, et katsegrupi B2 maimud olid haiguspuhangule rohkem vastuvõtlikumad samuti viitab autor bioturvalisuse reeglite vastu eksimisele.

4. ARUTELU

4.1. Eesti vikerforelli kasvandustes kasutatavate söötade kvaliteet

Proteiin on kõige kallim koostisosa kalasöödas, seetõttu on enim uuringuid tehtud just proteiini ja aminohapete tarvete kohta kaladel. Austren & Refstie (1979) katsest selgus, et vikerforellide kasvukiirus oli kiireim söödaga, mille proteiinisaldus oli kõrgem. Samadele tulemustele jõudsid Beamish & Medland (1986) ja Bilguven & Ak (2013). Kasvatatavate kalade proteiinivajadus jääb vahemikku 20-50% ning seda mõjutavad geneetika, kasvukiirus, söömisharjumused, sööda omastamine ja keskkonnatingimused (Li, Robinson 2015). Karnivoorsete kalade proteiinitarve on erinevatel eluetappidel muutuv ning väheneb kala kasvades. Wilson (2003) järgi peab vikerforelli sööt sisaldama vähemalt 40% proteiini. Hardy (2002) toob välja, et vikerforelli vastsete söödas peab proteiinisaldus olema 45-50%, maimudel 42-48% ja suguküpsedel forellidel 35-40% (tabel 4). Uurimustöös analüüsitud vikerforelli söötadest oli proteiinisaldus kõige kõrgem Coppens söödas 47,7%, millele järgnesid Biomar 790 45,8%, Skretting T2P Optiline 44,5% ja Raisio Hercules 41,8%. Kõik neli sööta ületasid oma proteiinisalduse poolest tooteetiketil väljastatud andmed ning vastavad Hardy (2002) soovituslikule proteiinisaldusele vikerforelli maimude söödas.

Li & Robinson (2015) tõdevad, et vikerforelli söötade toorrasvasisaldus on tavaliselt 20-24%. Hardy (2002) andmete järgi peaks vikerforelli vastsete sööda rasvasisaldus olema 16-18%, maimudel 20-24% ja suguküpsedel 14-16%. Analüüsitud söötade ja toote pakendil märgitud andmete vahel puudus märkimisväärne erinevus, kuid selgub, et tänapäeva vikerforelli söötade toorrasvasisaldus on suurem kui kirjanduse andmetel. Suurima toorrasvasisaldusega oli Skretting sööt, mis sisaldas 30,7% toorrasva. Raisio sööda toorrasvasisaldus oli 29,9%, Biomaril 25% ja Coppensil 22,1%. Graig & Helfrich (2009) märgib, et vesiviljeluse söötades on üha enam suurenenud lipiidide (rasvade) osakaal. Kuigi lipiidide kasutamine söötades vähendab proteiinisaldust ning aitab vähendada

söötade kõrget tootmiskulu on probleemiks liigne rasva ladestumine maksas, mis mõjutab kala tervist. Hilton & Slinger (1981) väidavad, et suurema toorrasva sisaldusega sööt võib olla forellikasvatuse seisukohalt kasulik. Nimelt suurema rasvasisaldusega sööda kasutamisel hakkavad forellid rasva varuma ning selle arvelt proteiine säästma. Bilguven & Ak (2013) katse tulemustest selgus, et vikerforellide kasvukiirus oli suurem söödaga, mille toorrasvasisaldus oli 20% võrreldes 10%-lise toorrasvasisaldusega söödaga. Élineaua *et al.* (2002) katses vikerforellidega saavutati kiireim juurdekasv söödaga, mille toorrasvasisaldus oli 30% ning erinevusi kasvukiirustes ei täheldatud kui sööda toorrasvasisaldus oli 15, 20 või 25%.

Söödaproovide analüüsi tulemuste ning tooteetiketil väljastatud andmete vahel ei olnud märkimisväärseid erinevusi. Tulemustest järeldus, et söötade toitainete sisaldus on pigem suurem, kui tootepakendil. Eesti vikerforelli kasvandusestes kasutatavate söötade kogumine toimus perioodil 3. mai 2016 – 17. mai 2016. Kuna Eestis kasvatatakse vikerforelli peamiselt läbivoolusüsteemi tehnoloogilise lahendusega kasvandustes, mis on ilmastikust sõltuv on just mai kuu aeg, mil kasvandused tellivad enda iga-aastase söödakoguse. Seega võeti proovid värskelt valmistatud söötadest ning ei ole teada, milline on söötade keemiline koostis 4-6 kuu möödudes. Töö autor leiab, et antud andmetega ei ole võimalik hinnata, milline oleks kalakasvataja seisukohalt kõige praktilisem sööt, kuid andmetest saab järeldada, et magistritöö raames analüüsitud söödad vastavad tooteetiketil esitatud andmetele ja vikerforelli toitainete vajadustele.

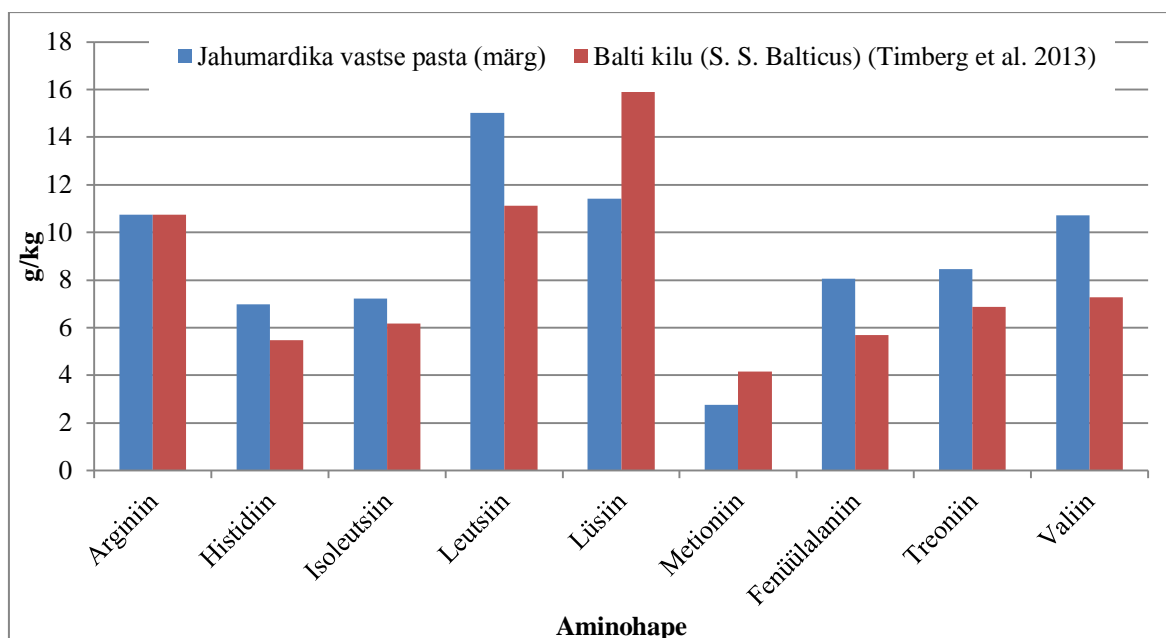
4.2. Jahumardika vastsete aminohappeline koostis

Kalajahule alternatiivsete lisandite valimisel tuleks arvestada nende proteiinisalduse, aminohappelise koostise, seeduvuse, asendamatu aminohapete sisalduse, hinna, toitainete omastatavuse ja maitseomadustega (Gatlin *et al.* 2007).

Looduses leidub üle 200 aminohappe, neist 20 on kalade kasvuks olulised ning nendest 10 on asendamatud aminohapped, mida kala ei suuda ise sünteesida ning seega peavad olema

tagatud söödaga. Tavaliselt on esimesteks kalade kasvu limiteerivateks aminohapeteks lüsiin ja metioniin, seega tuleb neile erilist tähelepanu pöörata (Graig, Helfrich 2009).

Joonisel 13 on võrreldud jahumardika vatsete märja pasta aminohappelise koostist balti kilu (*S. S. Balticus*) aminohappelise koostisega. Selgub, et jahumardika vatsete pasta sisaldab rohkem arginiini, histidiini, isoleutsiini, leutsiini, fenüülalaniini, treoniini ja valiini. Jahumardika vatsete pasta lüsiini ja metioniini sisaldus on madalam kui balti kilus. Lüsiini ja metioniini defitsiidi puhul suureneb söötmiskoefitsient, sest kalad tarbivad rohkem sööta, et katta ära aminohapete vajadus (Dabrowski *et al.* 2007).

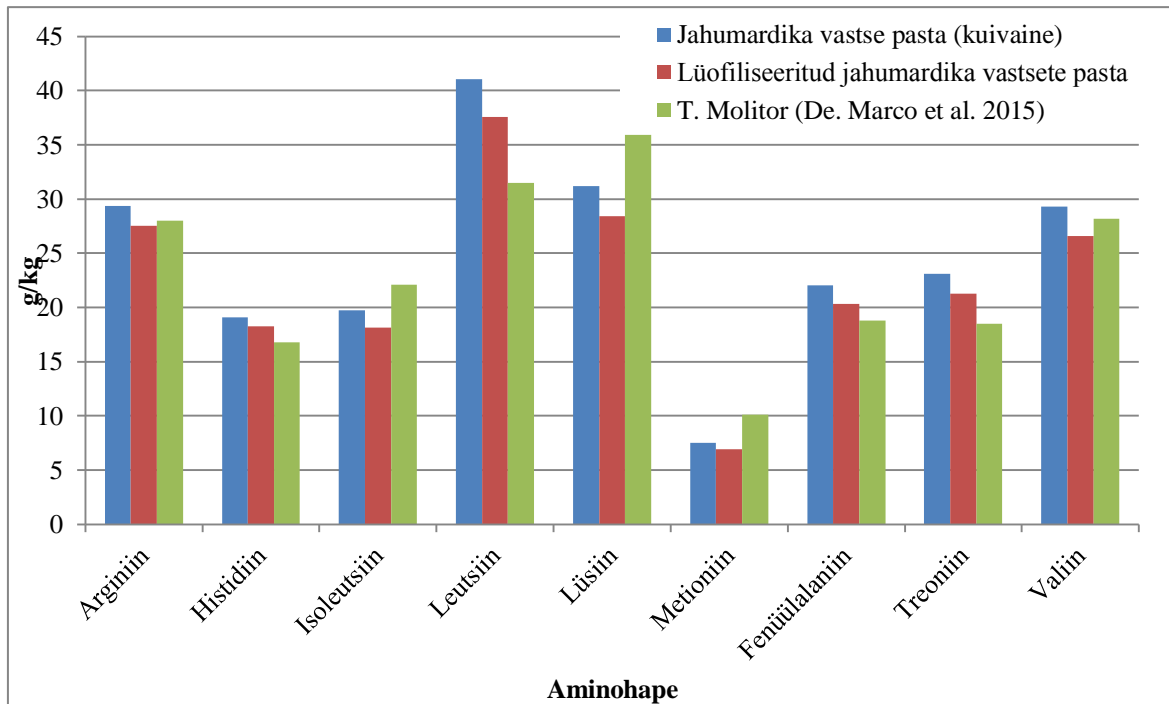


Joonis 13. Jahumardika vastse pasta ja balti kilu üheksa asendamatu aminohappe sisaldus. Allikas Aller 2016.

Barroso *et al.* (2014) tõi välja, et putukate aminohappeline profiil sõltub liigist ning *Diptera* seltsi kuuluvate putukate aminohappeline profiil on kõige lähedasem kalajahu aminohappelisele koostisele. Samas *Coleptera* seltsi (kuhu kuulub ka *Tenebrio molitor*) putukatel võib tulla puudu lüsiinist ja metioniinist.

Joonisel 14 on toodud jahumardika vatsete pasta kuivaine ja lüofiliseeritud pasta aminohappeline koostis ning võrreldud De Marco *et al.* (2015) saadud tulemustega.

Lüofiliseeritud pasta aminohappeline koostis on sarnane De Marco *et al.* (2015) tulemustega.



Joonis 14. Jahumardika vastsete pasta üheksa asendamatu aminohappe sisaldus võrrelduna De Marco *et al.* (2015) tulemustega. Allikas: Aller 2016.

4.3. Söötade mõju vikerforelli kasvukiirusele RAS süsteemis

Magistritöö raames läbi viidud katses uuriti jahumardika vastsete baasil valmistatud sööda mõju vikerforellide kasvukiirusele kinnise veekasutusega süsteemis. Haiguspuhangu ilmnemisel ja hukkunud kalade tõttu ei ole võimalik hinnata maimude söödakoeffitsienti (inglise keeles *food conversion ratio*, FCR), kuid katses koguti piisavalt andmeid, et adekvaatselt hinnata mõlema grupi juurdekasvu. Tabelis 13 on kokkuvõtvalt toodud katsegruppide keskmise kehapiikkuse muutus katseperioodi vältel. B1 katsegrupi maimude keskmine kehapiikkus oli katse alguskuupäeval 10 cm ja B2 grupil 10,08 cm. Katseperioodi lõpuks saavutasid mõlema grupi maimud keskmise kehapiikkuse vastavalt B1 11,82 cm ja

B2 11,41 cm. Selgub, et katsegrupi B1 maimude kehapikkus suurenes 0,49 cm võrra rohkem kui B2 grupi maimudel. Katsegruppide keskmine kehamassi muutus on toodud välja tabelis 14. B1 grupi maimude kehamass oli katse alguses 10,45 g ja B2 grupil 11,27 g. Lõppkaalumise tulemustest võib välja lugeda, et grupi B1 keskmine kehamass oli 19,39 g ja B2 grupil 16,21. Kahe grupi võrdluses selgub, et B1 grupi keskmine mass oli keskmiselt 4 g suurem kui B2 grupil.

Kirjanduses leidub minimaalselt sarnaseid katseid vikerforellidega ning seega on keeruline võrrelda katse tulemusi kirjanduses leiduvate andmetega, sest meetodika on erinev. Belforti *et al.* (2015) läbiviidud katses uuriti 25% ja 50%-lise jahumardika vastsete sisaldusega söötade mõju vikerforellide kasvukiirusele, toitainete seeduvusele ja filee keemilisele koostisele. 90-päevane katse näitas olulise erinevuse puudumist gruppide kasvukiiruste vahel (tabel 13).

Tabel 13. Vikerforellide kasv jahumardika vastseid sisaldanud katsesöötatadega (TM *Tenebrio molitor*), sisaldus söödas % (Belforti *et al.* 2015)

Näitaja	TM0	TM25	TM50
Algkaal, g	116,5	115,2	115,9
Lõppkaal, g	313,8	316,6	308,2
Juurdekasv, g	197,3	201,5	192,4

Ng *et al.* (2001) asendasid kahes katses aafrika sägaga kalajahu purustatud ja kuivatatud jahumardika vastsetega. Esimeses katses koostati viis erinevat sööta ja jahumardika jahu asendas vastavalt 20, 40, 60, 80 ja -100% kalajahu. Teises katses kasutati kolme erinevat sööta: tööstuslik säga sööt, tööstuslik säga sööt koos jahumardikatega ning ainult jahumardikatest koosnev sööt. Esimese katse tulemustest selgub, et 40% kalajahust on võimalik asendada jahumardika vastsetega ilma kasvukiirust mõjutamata. Teises katses näitas halvemaid juurdekasvu tulemusi ainult jahumardikate sööta saanud katserühm (tabel 14).

Tabel 14. Tööstusliku säga sööda, tööstuslik säga sööt koos jahumardikatega ja jahumardikatest koosneva sööda mõju aafrika säga kasvukiirusele.

Näitaja	Säga sööt (granuleeritud)	Jahumardika vastsed + säga sööt	Jahumardika vastsete
Algkaal, g	11 ± 0,1	11 ± 0,1	11 ± 0,1
Lõppkaal, g	66 ± 3,2	69,8 ± 6,1	53,4 ± 1,7
Juurdekasv, %	500 ± 33	540,2 ± 51,7	384,8 ± 18,6

Magistritöö autor leiab, Belforti *et al.* (2015) katse tulemus võis olla tingitud sellest, et katses kasutatud eksperimentaalsed söödad sisaldasid kalajahu koos tööstuslikult toodetud jahumardika vastsete jahuga, mille tulemusel olid kõik söödad suure proteiinisaldusega. Hetkel puuduvad uuringud vikerforelli söötade kohta, milles kalajahu on 100%-selt asendatud jahumardika vastsete jahuga. Magistritöös kasutati sööda koostamisel purustatud ja kuivatatud jahumardika vastseid, mis ei ole hüdrolüüsitud ning seega on suhteliselt suure rasvasisaldusega ning madalama proteiinisaldusega. Ng *et al* (2001) katse on sööda koostamise meetodikalt sarnane magistritöö meetodikale, mõlemas katses kasutati purustatud ja kuivatatud jahumardika vastseid. Tabel 4 on soovituslik proteiinisaldus vikerforelli maimude söödas 42-48% ja rasvasisaldus 20-24% (Hardy, 2002). Katses kasutatud jahumardika vastsete baasil valmistatud sööda proteiinisaldus oli 38,1% ning rasvasisaldus 26,8% (tabel 6). Austreng & Refstie (1979) katsest selgus, et vikerforellide juurdekasv on oluliselt kiirem söödaga, milles on suurem proteiinisaldus. Beamish & Medland (1986) tõdevad, et vähese proteiinisaldusega söödaga söödud vikerforellide juurdekasv oli oluliselt aeglasem kui suure proteiinisalduse söödaga kasvatatud grupil. Kuna magistritöö söötmiskatses söödeti mõlemaid gruppe võrdsetel alustel ning kasvutigimused olid vikerforelli kasvatamiseks ideaalsed (joonis 10) on alust arvata, et B2 grupi aeglasem juurdekasv võis olla tingitud sööda madalamast proteiinisaldusest.

KOKKUVÕTE

Käesoleva magistritöö raames koguti Eesti vikerforelli kasvatajatelt erinevate söödatootjate söödaproovid ning võrreldi söötade keemilist koostist tootja poolt väljastatud andmetega. Jahumardika vastsete aminohappelise koostise määramiseks saadeti jahumardika vastsete pasta AS Toidu ja Fermentatsiooni Tehnoloogia Arenduskeskusesse analüüsimiseks. Viimase etapina viidi läbi vikerforellide söötmiskatse Eesti Maaülikooli vesiviljeluse osakonna retsirkulatsioonisüsteemis. Töö eesmärgiks oli hinnata jahumardika (*Tenebrio molitor*) vastsete sobivust kalajahu alternatiivallikana vikerforelli söödas.

Söödaproovide analüüsi tulemused näitavad, et pigem on söötade toitainete sisaldus kõrgem, kui tooteetiketil kirjas. Kõikide analüüsitud söötade proteiinisaldus ületas tootepakendil toodud andmeid, suurim erinevus Coppens söödal +3,7%. Toorrasva sisaldus vastas tootja poolt väljastatud andmetele ning suurim erinevus oli Skretting söödal +2,7%. Analüüsi tulemuste põhjal võib järeldada, et Eestis kasutatavate vikerforelli söötade toitainete sisaldus vastab tootepakendil esitatud andmetele.

Jahumardika vastsete pasta aminohapete sisaldus on sarnane kirjanduses toodud andmetele. Jahumardika vastsete märja pasta aminohappeline koostis sarnaneb balti kilu aminohappelise koostisega, kuid lüsiini ja metioniini sisaldus on väiksem.

Söötmiskatse viidi läbi kahe erineva söödaga: kontrollisööt (grupp B1) ning jahumardika vastsetest valmistatud sööt (grupp B2). Katse lõpus on B1 rühma kalade keskmine kehamass statistiliselt oluliselt kõrgem, kui B2 rühma kalade kehamass - massid vastavalt 19,39 g ja 16,21 g ($p=0,007$). Haiguspuhangu ilmnemisel ja hukkunud kalade pärast ei olnud võimalik adekvaatselt hinnata maimude söödakoeffitsienti. Kuna magistritöö söötmiskatses söödeti mõlemaid gruppe võrdsetel alustel ning kasvutingimused olid vikerforelli kasvatamiseks ideaalsed on alust arvata, et B2 grupi aeglasem juurdekasv võis olla tingitud katsesööda madalamast proteiinisaldusest.

Jahumardika vastsete aminohappeline koostis on sarnane kalajahu koostisele, kuid kalajahu asendamine 100% jahumardika vastsetega vikerforelli söödas avaldab negatiivset mõju vikerforelli maimude kasvukiirusele. Vastavalt jahumardika vastsete aminohappelisele koostisele ja kirjanduses leitud andmetele on jahumardika vastsete jahu paljulubav komponent kasutamiseks kalasöödas. Teema edasise arendamise käigus tuleks keskenduda kalajahu osalisele asendamisele jahumardika vastsetega lõheliste söötades. Lisaks sellele tuleks uurida selle mõju kasvukiirusele, ellujäävusele, filee kvaliteedile ning koostisele.

SUMMARY

The aim of this thesis was to assess the potential of mealworm (*Tenebrio molitor*) larvae as an alternative to fishmeal used in rainbow trout feeds. Data about the feeds used by rainbow trout farmers in Estonia were collected. The collected feed samples were analysed for chemical composition and compared to the data provided by the feed manufacturers. The mealworm larvae fed as a paste was analysed for amino acid composition in the Competence Centre of Food and Fermentation Technology. In the second part of the study, a feeding trial with rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) larvae was carried out in the recirculation system at the Department of Aquaculture of the Estonian University of Life Sciences.

The results of the feed sample analysis showed that the nutrient content in the analysed feed was more likely to be higher than that shown on the labels of the products. The protein content of feed samples were higher than those declared on the labels of the products. The biggest difference (+3.7%) in protein content was found for the Coppens feed. There was less variation in crude fat and other nutrient contents in feeds comparing the two sources. Based on these results, it was concluded that the nutritional value of rainbow trout feeds available on the Estonian market matches the data provided on the labels of the products.

The amino acid content of mealworm larval feed was similar to the results found in the literature. The amino acid content of the wet mealworm larvae paste was similar to the composition of the Baltic sprat (*Sprattus sprattus balticus*). However, the lysine and methionine contents were lower in the paste used in this study.

The feeding experiment was conducted with two feeds: the control group (B1 group) was fed a diet containing fishmeal, and the experimental group (B2 group) were fed a feed containing mealworm larvae. The mean body weight of larvae was significantly greater ($p=0.007$) in group B1 (19.39 g) compared to group B2 (16.21 g). Due to a disease outbreak, and consequent loss of fish, it was not possible to accurately assess the feed

conversion ratio of the individuals. Since both experimental groups were fed equal amount of feed and growing conditions were ideal for rainbow trout, it can be assumed that the slower growth rate in group B2 may have been caused by the lower protein content in the experimental feed.

In conclusion, the nutritional values of rainbow trout feeds used in Estonia meet the nutritional requirements of rainbow trout. The amino acid composition of mealworm larvae was found to be similar to the composition of fishmeal. However, the complete replacement of fishmeal with mealworm larvae feed may have a negative effect on the growth rate of rainbow trout fry. Therefore, future research should study the effect of partial replacement of fishmeal with mealworm larvae in salmonid feeds and its impact on the growth rate and survival of fish. Moreover, the quality and composition of the fillet of rainbow trout fed mealworm-based diet should also be studied more thoroughly.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. **Aller, K.** (2016). Amino acid analysis in mealworms (*Tenebrio molitor*).
2. **AOAC.** (2005). Official Methods of Analyses. 18th ed. Urban USA.
3. **Austreng, E., Refstie, T.** (1979). Effect of varying dietary protein level in different families of rainbow trout, *Aquaculture* Volume 18, Issue 2, pp 145-156
4. **Barroso, F.G., de Haro, C., Sanchez-Muros, M.J., Venegas, E., Martínez-Sánchez, A., Perez Ban, C.** (2014). The potential of various insect species for use as food for fish. *Aquaculture* 422-423, pp 193–201
5. **Beamish, F.H.W., Medland, T.E.** (1986). Protein sparing effects in large rainbow trout, *Salmo gairdneri*, *Aquaculture*, Volume 55, Issue 1, pp 35-42
6. **Belforti, M., Gai, F., Lussiana, C., Renna, M., Malfatto, V., Rotolo, L., Gasco, L.** (2015). *Tenebrio molitor* meal in rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*) diets: Effects on animal performance, nutrient digestibility and chemical composition of fillets. *Italian Journal of Animal Science*, pp 670-676.
7. **Bilguven, M., Ak, I.** (2013). The effects of different dietary protein and lipid levels and oil sources on the growth performance and body composition of rainbow trout. *Aquaculture and Fisheries Faculty, Aquaculture Department*, pp 24-26.
8. **Boonyaratpalin, M.** (1997). Nutrient requirements of marine food fish cultures in Southeast Asia. *Aquaculture*, pp 283-313.
9. **Boujard, T., Duty, X., Genner, D., Gosset, C., Grig, G.** (1992). Description of a modular, low cost, eater meter for the study of feeding behavior and food preference of fish. *Physiology and Behavior*. Volume 52. pp 1101-1106.
10. **Boyd, C., E.** (2015). Overview of aquaculture feeds: global impacts of ingredient use. *Feed and Feeding Practices in Aquaculture*, pp 32-51.
11. **Brown, J.** (2007). Fishmeal and Fish oil. Will they limit the development of aquaculture? *Feed Technology Update*. pp 1-10.
12. **Collavo, A., Glew, R.H., Huang, Y.S., Chuang, L.T., Bosse, R., Paoletti, M.G.** (2005) House cricket small-scale farming. In M.G. Paoletti, ed., *Ecological implications of minilivestock: potential of insects, rodents, frogs and snails*. pp. 519–544.

13. **Dabrowski, K., Arslan, M., Terjesen, B.F., Zhang, Y.** (2007). The effect of dietary indispensable amino acid imbalances on feed intake: is there a sensing of deficiency and neural signaling present in fish? *Aquaculture* 268, pp 136–142
14. **De Marco M., Martínez S., Hernandez F., Madrid J., Gai F., Rotolo L., Belforti M., Bergero D., Katz H., Dabbou S., Kovitvadhi A., Zoccarato I., Gasco L., Schiavone, A.** (2015). Nutritional value of two insect larval meals (*Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens*) for broiler chickens: Apparent nutrient digestibility, apparent ileal amino acid digestibility and apparent metabolizable energy. pp 209:211-218
15. **Durborow, R. M., Mitchell, A. J., Crosby, M. D.** (1998). Ich (White Spot Disease). Southern regional aquaculture centre. Issue 476. pp 1-6
16. **Eesti Statistika Aastaraamat. Statistical Yearbook of Estonia.** (2015). pp 293-294.
17. **Eesti vesiviljeluse sektori arengustrateegia.** (2013). pp 10.
18. **Élineau, A. G., Orrazeb, G. C., Oujardb, T. B., Arroquetb, L. L., Aushikb, S. K.** (2002). Relation between dietary lipid level and voluntary feed intake, growth, nutrient gain, lipid deposition and hepatic lipogenesis in rainbow trout. pp 487-503.
19. **Erdal, J.I., Evensen, O., Kaurstad, O.K., Lillehaug, A., Solbakken, R., Thorud, K.** (1991) Relationship between diet and immune response in Atlantic salmon (*Salmo salar*) after feeding various levels of ascorbic acid and omega-3 fatty acids. *Aquaculture*. pp 363-379.
20. **FAO (Food & Agriculture Organisation).** (2012). The State of World Fisheries and Aquaculture 2012. Sofia. pp 189.
21. **FAO (Food & Agriculture Organisation).** (2016). The State of World Fisheries and Aquaculture. pp 1-6; 48-51
22. **Garling, D. Jr., Wilson, R.P.** (1977). Effects of dietary carbohydrate to lipid ratios on growth and body composition of fingerling channel catfish. *Prog. Fish-Cult.*, pp 43-47.
23. **Gasco, L. Henry, M., Piccolo, G., Marono, S., Gai, F., Renna, M., Chatzifotis, S.** (2016). *Tenebrio molitor* meal in diets for European sea bass (*Dicentrarchus labrax L*) juveniles: Growth performance, whole body composition and in vivo apparent digestibility. *Animal Feed Science and Technology*. pp 34-45.
24. **Gatlin, D.M., Barrows, F.T., Brown, P., Dabrowski, K., Gaylord, T.G., Hardy, R.W., Herman, E., Hu, G.S., Krogdahl, A., Nelson, R., Overturf, K., Rust, M., Sealey, W., Skonberg, D., Souza, E.J., Stone, D., Wilson, R., Wurtele, E.** (2007). Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. *Aquaculture*. pp 551-579.
25. **Graig, S., Helfrich, L.A.** (2009). Understanding fish nutrition, feeds, and feeding. Virginia cooperative extension. pp 420-256.

26. **Hamre, K., Yufera, M., Rfnnestad, I., Boggione, I.C., Conçeição, L.E.C., Izquierdo, M.** (2013). Fish larval nutrition and feed formulation: knowledge gaps and bottlenecks for advanced larval rearing. *Aquaculture*. 5, pp 526-558.
27. **Hardy, R. W.** (2001). In *Fish Pathology*. Ed. Roberts. J. 3rd edition. pp 347-366.
28. **Hardy, R. W.** (2003). Use of Soybean Meals in Diets of Salmon and Trout, pp 14.
29. **Hardy, R. W.** (2010). Utilization of plant proteins in fish diets: Effects of global demand and supplies of fishmeal. *Aquaculture Research*. pp 770-776.
30. **Hardy, R. W.** (2002) Nutrient requirements and feeding of finfish for aquaculture. UK: CAB International, pp 189-190.
31. **Hemre, G. I., Mommsen, T. P., Krogdahl, Å.** (2002). Carbohydrates in fish nutrition: Effects on growth, glucose metabolism and hepatic enzymes. *Aquaculture Nutrition*, pp 175-194.
32. **Hemre, G. I., Sandnes, K., Lie, Ø., Torrissen, O., Waagbø, R.** (1995). Carbohydrate nutrition in Atlantic Salmon, *Salmo salar* L., growth and feed utilisation, pp 149-154.
33. **Hemre, L. Ø., Sundby, A.** (1993) Dietary carbohydrate utilisation in cod (*Cadus morhua*): metabolic responses to feeding and fasting, *Fish Physiol, Biochem.*, pp 455-463.
34. **Henry, M. Gasco, L., Piccolo, G., Fountoulaki, E.** (2015). Review on the use of insects in the diet of farmed fish: Past and Future. *Animal Feed Science and Technology*, pp 1-22.
35. **Hilton, J. W., Slinger, S. J.** (1981). *Nutrition and Feeding of Rainbow Trout*, Volume 55, pp 15.
36. **Jackson, A.** (2010) Fishmeal, Fish Oil: Prime feed ingredients not limiting factors for responsible Aquafeed. pp 18-21.
37. **Jackson, A.J.** (2006). The importance of fishmeal and fish oil in aquaculture diets. *International Aquafeed*. pp 18-21.
38. **Jobling M.** (1995) *Environmental biology of fishes*. Chapman and Hall Fish and fisheries series 16.
39. **Kestemont, P., Baras, E.** (2001). Environmental factors and feed intake. Mechanism and interactions. pp 131
40. **Klinger, D., Naylor, R.** (2012). Searching for Solutions in Aquaculture: Charting a Sustainable Course. *Annual Review of Environment and Resources*. pp 247-276.
41. **Koeleman, B. E.** (2014). Insects crawling their way into feed regulation. *Allboutfeed*. Volume 22, nr 6. pp 1-4.
42. **Lall, S. P., Dumas, A.** (2015). Nutritional requirements of cultured fish. *Feed and Feeding Practices in Aquaculture*. Elsevier Ltd, pp 54-55.
43. **Lall, S.P.** (2010) Disorders of nutrition and metabolism. In: Leatherland, J., Woo, P. *Fish diseases and Disorders*, vol. 2. CABI, Wallingford, pp 202-237.

44. **Li, M. H., Robinson, E. H.** (2015). Complete feeds – intensive system. *Feed and Feeding Practices in Aquaculture*, pp 111-126.
45. **Makkar, H.P.S., Tran, G., Heuze, V., Ankers, P.** (2014). State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*. pp 1-33.
46. **Mallison, A.** (2013). *Fishery Discards and By-Products: Increasing Raw Material Supply for Fishmeal and Fishoil*. pp 1-4
47. **Mallya, Y. J.** (2007) *The Effect of Dissolved Oxygen on Fish Growth in Aquaculture*. pp 1-30.
48. **Mitsuhashi, J.** (2010). The future use of insects as human food. Forest insects as food: humans bite back. Proceedings of a workshop on asia-pacific resource and their potential for development(Eds P.B. Durst *et al.*) Food and Agriculture organization of the United Nations Regional Office for Asia and the Pacific Bangkok. Thailand. pp 115-122.
49. **National Research Council.** (1993). *Nutrient Requirements of Fish*. The National Academic Press, Washington.
50. **National Research Council.** (2011). *Nutrient Requirements of Fish and Shrimp*. Washington, DC: The National Academies Press.
51. **Naylor, R.L., Hardy, R.W., Bureau, D.P., Chiu, A., Elliott, M., et al.** (2009). Feeding aquaculture in an era of finite resources. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 106:15103–10.
52. **Ng, W.-K., Liew, F., Ang, L., Wong, K.** (2001). Potential of mealworm (*Tenebrio molitor*) as alternative protein source in practical diets for African catfish, *Clarias gariepinus*. *Aquaculture research*, pp 273-280.
53. **Nguyen, T. N., Davis, D. A., Saoud, I. P.** (2009). Evaluation of alternative protein sources to replace fish meal in practical diets for juvenile tilapia, *Oreochromis* spp. *Journal of the World Aquaculture Society*, pp 113-121.
54. **Olivia-Teles, A., Enes, P., Peres, H.** (2015). Replacing fishmeal and fish oil in industrial aquafeeds for carnivorous fish. *Feed and Feeding Practices in Aquaculture*. pp 203-217.
55. **Päkk, P.** (2013). Kalade tervishoiu käsiraamat. Kalanduse teabekeskus. pp 81-82
56. **Roberts, R. J.** (1994). Nutrient requirements of fish. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, pp. 13-16.
57. **Rumpold, B.A., Schlüter. O. K.** (2013). Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, pp 1-11.
58. **Schabel, H. G.** (2010). Forest insects as food: A global review. In P.B. Durst, D. V. Johnson, R.N. Leslie & K. Shono. *Forest insects as food: Humans bite back*. Bangkok, Thailand: FAO, pp 37-64.
59. **Seafish.** (2016). Fishmeal and fish oil figures. *Seafish*, December, pp 11

60. **Seager, M., Wittmann, M., Jacobson, M., Bickel, D., Burno, M., Jones, K., Farrell, A. P.** (2009). Feeding aquaculture in an era of finite resources. *Proceedings of the National Academy of Sciences*.
61. **Shinn, A. P., Picon Camacho, S. M., Taylor, N. G. H.** (2009). Mechanical control of *Ichthyophthirius multifiliis* Fouquet, 1876 (Ciliophara) in rainbow trout hatchery. Volume 1876. pp 1-7
62. **Speare, D. J., MacNair, N. Hammell, K. L.** (1995). Demonstration of tank effect on growth indices of juvenile rainbow trout (*O. mykiss*) during an ad libitum feeding trial. *American Journal of Veterinary Research*, Volume 56. pp 1372-1379.
63. **Tacon, A. G. J., Metian, M.** (2008). Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. *Aquaculture*. pp 146-158.
64. **Timberg L., Koppel, K., Kuldjärv, R., Paalme, T.** (2013). Ripening and sensory properties of spice-cured sprats and sensory properties development. *J Aquat Food Prod T*. pp 129-145.
65. **Van Huis, A.** (2013). Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annual Review of Entomology*. pp 563-583.
66. **Wilson, R. P.** (2002). Amino acid and proteins. In: Halver, J. E., Hardy, R. W. *Fish Nutrition*. Academic press, San Diego.
67. **Woynarovich, A., Hoitsy, G., Moth-Poulsen, T.** (2011). Small-scale rainbow trout farming. *FAO fisheries and aquaculture technical paper No. 561*. Rome. pp 81
68. **Värnik, R., Jaanuska, H., Aro, K., Vahejõe, K., Rahnu, A., Kolju, J.,** (2015). Vertikaalne integratsioon vesiviljeluses, senine kogemus, sotsialmajanduslik mõju ja vesiviljeluse laiendamiseks sobivaimate alade kaardistamine, vajalike infrastruktuuride arendamine ja innovatsiooniliste tehnoloogiate elluviidavuse uuring Eestis Saaremaa näitel. *Uuringu lõpparuanne*. pp 22-44

Internetiallikad

1. FAO 2016. Tabel 1. Vikerforelli erinevate eluetappide üldlevinud sööda koostisosad ja nende sisaldus.
http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/affris/docs/Trout/English/table_3.htm 1.12.16
2. FAO 2016. Tabel 2. Üldlevinud vikerforelli söödas kasutatava vitamiinide segu koostis.
http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/affris/docs/Trout/English/table_6.htm 1.12.16
3. FAO 2016. Tabel 3. Üldlevinud vikerforelli söödas kasutatava mineraalainete segu koostis.
http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/affris/docs/Trout/English/table_7.htm 1.12.16

4. IFFO (The Marine Ingredients Organisation). Joonis 3. Kalajahu ja kalaõli tootmine <http://www.iffo.net/fishmeal-and-fish-oil-production> 6.12.16
5. Jahumardika vastse nimetus. Jahumardika vastne ehk jahuuss. <http://www.kalapeedia.ee/jahumardika-vastne-jahuuss.html?q=uss&qf> 11.12.16
6. Noguera *et al.* (2015) Joonis 11. Ihtüofitrioosi nakatunud vikerforell. The Fish Necropsy Manual, december. <https://necropsymanual.net/en/> 05.04.2017
7. Statistikaameti andmebaas. Eesti kaubakala kasvatamine ja müük 2000-2015. <http://pub.stat.ee/px-web.2001/Dialog/varval.asp?ma=KA40&ti=KAUBAKALA+KASVATAMINE+JA+M%DCK+KALALIIGI+J%C4RGI&path=../Database/Majandus/08Kalandus/&lang=2> 15.12.16
8. Zen Birdfeeder. Joonis 5. Jahumardika vastsed. http://wildbirdsunlimited.typepad.com/the_zen_birdfeeder/2011/05/faqs-about-feeding-mealworms-to-the-birds.html 20.04.2017

LISAD

Lisa 1. Kontrollgrupi maimudele koostatud söötmistabel.

	Kalade arv	Kesk.kaal, g	Mass, g	Bassein - B1		Sööta päevas, g	Juurdekasv, g
				Söötmissnorm	Koefitsient		
9.nov.16	60	10,365	621,9	2,3	0,75	14,304	19,072
10.nov.16	60	10,683	641,0	2,3	0,75	14,742	19,656
11.nov.16	60	11,010	660,6	2,3	0,75	15,194	20,259
12.nov.16	60	11,348	680,9	2,3	0,75	15,660	20,881
13.nov.16	60	11,696	701,8	2,3	0,75	16,141	21,521
14.nov.16	60	12,055	723,3	2,3	0,75	16,636	22,181
15.nov.16	60	12,424	745,5	2,3	0,75	17,146	22,861
16.nov.16	60	12,806	768,3	2,3	0,75	17,672	23,562
17.nov.16	60	13,198	791,9	2,3	0,75	18,214	24,285
18.nov.16	60	13,603	816,2	2,3	0,75	18,772	25,029
19.nov.16	60	14,020	841,2	2,3	0,75	19,348	25,797
20.nov.16	60	14,450	867,0	2,3	0,75	19,941	26,588
21.nov.16	60	14,893	893,6	2,3	0,75	20,553	27,403
22.nov.16	60	15,350	921,0	2,3	0,75	21,183	28,244
23.nov.16	60	15,821	949,2	2,3	0,75	21,833	29,110
24.nov.16	60	16,306	978,3	2,3	0,75	22,502	30,003
25.nov.16	60	16,806	1008,4	2,3	0,75	23,192	30,923
26.nov.16	60	17,321	1039,3	2,3	0,75	23,903	31,871
27.nov.16	60	17,852	1071,1	2,3	0,75	24,636	32,848
28.nov.16	60	18,400	1104,0	2,3	0,75	25,392	33,856
29.nov.16	60	18,964	1137,9	2,3	0,75	26,171	34,894
30.nov.16	60	19,546	1172,7	2,3	0,75	26,973	35,964
1.dets.16	60	20,145	1208,7	2,3	0,75	27,800	37,067

Lisa 2. Katsegrupi maimudele koostatud söötmistabel.

	Bassein - B2					Sööta päevas, g	Juurdekasv, g
	Kalade arv	Kesk.kaal, g	Mass, g	Söötmissnorm	Koefitsient		
9.nov.16	60	11,272	676,3	2,3	0,75	15,556	20,741
10.nov.16	60	11,618	697,1	2,3	0,75	16,033	21,377
11.nov.16	60	11,974	718,4	2,3	0,75	16,524	22,032
12.nov.16	60	12,341	740,5	2,3	0,75	17,031	22,708
13.nov.16	60	12,720	763,2	2,3	0,75	17,553	23,404
14.nov.16	60	13,110	786,6	2,3	0,75	18,092	24,122
15.nov.16	60	13,512	810,7	2,3	0,75	18,646	24,862
16.nov.16	60	13,926	835,6	2,3	0,75	19,218	25,624
17.nov.16	60	14,353	861,2	2,3	0,75	19,808	26,410
18.nov.16	60	14,794	887,6	2,3	0,75	20,415	27,220
19.nov.16	60	15,247	914,8	2,3	0,75	21,041	28,055
20.nov.16	60	15,715	942,9	2,3	0,75	21,686	28,915
21.nov.16	60	16,197	971,8	2,3	0,75	22,351	29,802
22.nov.16	60	16,693	1001,6	2,3	0,75	23,037	30,716
23.nov.16	60	17,205	1032,3	2,3	0,75	23,743	31,658
24.nov.16	60	17,733	1064,0	2,3	0,75	24,471	32,629
25.nov.16	60	18,277	1096,6	2,3	0,75	25,222	33,629
26.nov.16	60	18,837	1130,2	2,3	0,75	25,995	34,661
27.nov.16	60	19,415	1164,9	2,3	0,75	26,793	35,723
28.nov.16	60	20,010	1200,6	2,3	0,75	27,614	36,819
29.nov.16	60	20,624	1237,4	2,3	0,75	28,461	37,948
30.nov.16	60	21,256	1275,4	2,3	0,75	29,334	39,112
1.dets.16	60	21,908	1314,5	2,3	0,75	30,233	40,311

Lisa 3. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Mina, Erik Ahlberg,
(autori nimi)

sünniaeg 26.03.1993,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö

„Kalajahu asendamise võimalused jahumardika (*Tenebrio molitor*) vastsete jahuga vikerforellil“,

(lõputöö pealkiri)

mille juhendaja(d) on lektor Heiki Jaanuska ja dotsent Marko Kass,

(juhendaja(te) nimi)

1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,

1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja

1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor _____

(allkiri)

Tartu, _____

(kuupäev)

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

(juhendaja nimi ja allkiri) (kuupäev)

(juhendaja nimi ja allkiri) (kuupäev)