

Toiduteaduse ja toiduainete tehnoloogia õppetool

**Tatjana Belskihh**

**ÕLLERABA KOOSTISE UURIMINE ÜHE EESTI VÄIKE  
ETTEVÕTTE NÄITEL**

**THE RESEARCH OF THE BREWER'S SPENT GRAIN ON THE  
EXAMPLE OF ONE SMALL ESTONIAN ENTERPRISE**

Bakalaureuse töö

Toiduainete tehnoloogia õppekava

Juhendaja: Anna Pisponen, PhD

TARTU 2021

Eesti Maaülikool		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Autor: Tatjana Belskihh		Õppekava: Toiduainete tehnoloogia	
Pealkiri: Õlleraba koostise uurimine ühe Eesti väikeettevõtte näitel			
Lehekülgi: 36	Jooniseid: 2	Tabeleid: 5	Lisasid:
<p>Osakond: Toiduteaduse ja toiduainete tehnoloogia õppetool</p> <p>ETIS-e teadusvaldkond ja CERC S-i kood: 1.7. Toiduteadused, Toiduainete ja jookide tehnoloogia T430</p> <p>Juhendaja(d): Anna Pisponen, PhD</p> <p>Kaitsmiskoht ja aasta: Tartu 2021</p>			
<p>Õlleraba on peamine pruulimise jääkaine. Viimase aastakümne jooksul hakkati seda nimetama õllepruulimise väärtuslikuks kõrvalproduktiks, sest oma keemilise koostise poolest suudab õlleraba konkureerida mõne muu teraviljaga. Peamine valdkond, kus õlleraba kasutatakse, on loomakasvatus. Õlleraba on väärtuslik ja odav söödalisand. Tänu õlleraba sisaldusele söödas võtavad loomad kehakaalu kiiremini juurde, lehmade piimajõud kasvab, samuti paraneb ka liha kvaliteet. Viimasel ajal aga otsitakse võimalusi kasutada seda ka inimtoiduks. Hea keemilise koostise tõttu saab õlleraba kasutada jahutoodete, lihatoodete tootmiseks, rikastades seeläbi lõpptoote toiteväärtust.</p> <p>Käesoleva bakalaureusetöö ülesandeks oli kirjeldada lühidalt õlle tootmistehnoloogiat; uurida selle protsessi jooksul tekkiva õlleraba keemilist koostist; võrrelda õlleraba sarnaste toodetega, nagu nisujahu, oder ja granola ning kirjeldada ka õlleraba kasutusvõimalisi. Töö eesmärgiks oli uurida ühes Eesti väikeettevõttes tekkiva õlleraba keemiline koostis ning pakkuda välja, millised tegurid võivad mõjutada õlleraba koostisese näitajaid.</p> <p>Katsematerjalina kasutati ühe Eesti väikeettevõtte poolt saadud õlleraba. Sellest analüüsiti niiskusesildust (nii toor- kui ka kuivatatud õllerabas), valkude, rasva, süsivesikute ning</p>			

mõnede mineraalainete sisaldust. Tulemused näitasid, et kuivatatud õlleraba niiskusesisaldus sõltub suurel määral kuivatusmeetodist. Keskmised õlleraba keemilised näitajad olid sarnased kirjanduses toodud andmetega. Õlleraba keemiline koostis sõltub konkreetse pruulikorra jaoks kasutatud linnaste vahekorrast. Süsivesikutesisaldus sõltub ka õlle valmistamise koostisosadest ja õlle tüübist. Katses leiti, et kõrgeim suhkrutesisaldus oli proovides, mis võeti pärast tumeda õlle valmistamist. Proovides, mille koostis sisaldas palju otra, valke oli rohkem kui teistes samasugustes proovides. Kõrgeim kiudainesisaldus oli õlleraba proovis, kus odrasisaldus oli 100%.

Märksõnad: õlleraba, keemiline koostis, kasutamised võimalused, toidutehnoloogia

Estonian University of Live Science Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Bachelor's Thesis	
Author: Tatjana Belskihh		Curriculum: Food technology	
Title: The research of the brewer's spent grain on the example of one small Estonian enterprise			
Pages: 36	Figures: 2	Tables: 5	Appendixes:
Department/ Chair: Chair of Food Science and Technology Field of research and (CERC S) code: 1.7 Food Sciences, Food and drink technology T430 Supervisors: Anna Pisponen, PhD Place and date: Tartu 2021			
<p>Brewer's spent grain is the main brewing waste. Over the last decade, it has been described as a valuable by-product of brewing, because it can compete with other cereals based on its chemical composition. The main area where brewer's spent grain is used is in livestock farming. Brewer's spent grain is a valuable and inexpensive feed additive. If brewer's spent grain has been added to animal feed then the animals gain weight faster, produce more milk and also, the quality of their meat improves. Recently, research has sought ways related to using brewer's spent grain on human food products. Due to its good chemical composition, it could be used for the production of flour products and meat products, thus enriching the nutritional value of the final product.</p> <p>This thesis aimed to briefly describe the technology of beer-brewing; to study the chemical composition of the brewer's spent grain formed during this process; compare the brewer's spent grain with similar products such as wheat flour, barley and granola and also describe the possible uses of the brewer's spent grain. The aim of the thesis was to study the chemical composition of brewer's spent grain in one of Estonia's small</p>			

companies and to suggest which factors may affect the composition of the brewer's spent grain.

The brewer's spent grain from one Estonian small company was used as a test material. The author analysed its moisture content (both raw and dried), protein, fat, carbohydrates and some minerals. The results showed that the moisture content of the dried brewer's spent grain depends to a large extent on the drying method. The average chemical parameters of the brewer's spent grain were similar to the data reported in the literature. The chemical composition of the brewer's spent grain depends on the proportion of malt used for the particular brewing procedure. The carbohydrate content also depends on the ingredients of the beer and the type of beer. The experiment found that the highest sugar content was in the samples taken after the dark beer was made. Samples with a high barley content contained more proteins than other similar samples. The brewer's spent grain had the highest fibre content where the barley content was 100%.

**Keywords:** Brewer's spent grain, chemical composition, methods of application, food technology

## **SISUKORD**

<b>SISSEJUHATUS</b>	7
<b>1.KIRJANDUSE ANALÜÜS</b>	8
1.1. Õllepruulimine	8
1.2. Õlleraba keemiline koostis	12
1.3. Õlleraba kasutamine	15
1.3.1 Kasutamine toidu koostisosana	15
1.3.2. Kasutamine muul otstarbel	18
<b>2.EKSPERIMENTAALNE OSA</b>	22
2.1. Töö eesmärk ja ülesanded	22
2.2. Materjal ja meetodika	22
2.2.1. Uuritav materjal	22
2.2.2. Õlleraba niiskusesisalduse määramine	23
2.2.3. Õlleraba keemilise koostise analüüs	23
2.2.4. Õlleraba tuha analüüs	23
2.2.5. Õlleraba süsivesikute sisalduse analüüs	24
<b>3. TULEMUSED JA ARUTELU</b>	25
<b>KOKKUVÕTE JA JÄRELDUSED</b>	30
<b>KASUTATUD KIRJANDUS</b>	32

## **SISSEJUHATUS**

Õlu on populaarseim madala alkoholisisaldusega jook, mida igal aastal paljudes riikides suures koguses tarbitakse (Rachwal jt 2020). Pruulimisprotsess hõlmab mitmeid etappe, mis viivad linnastes sisalduvate suhkrute kääritamiseni ja muudavad need pärmil abil alkoholiks ning süsinikdioksiidiks (Rachwal jt 2020).

Pruulitööstuse põhijäätmeteks on teraviljajäätmed ehk kulutatud õlleraba, mis moodustab u. 85% õlletööstuse jääkidest (Aliyu jt 2011). Seda koguneb väga suurtes kogustes ja sellel on eriline toiteväärtus. 100 kg linnasest moodustub ca 100-130 kg õlleraba, ehk umbes 22 kg ühe liitri õlle kohta (Kunze 2010). See on linnase meskimisel tekkinud mass, mis koosneb mitmesugustest lahustumatutest ainetest, tähtsast ning linnasekestadest (Kazimirova jt 2015). Õllerabas on suur valgu (71-76%) ja rasvainete (80-82%) ning kiudainete (40-45%) sisaldus (Snicar 2014).

Õllepruulimisest tekkivatele jäätmetele tasub pöörata tähelepanu kui kõrge toiteväärtusega ja bioloogilise aktiivsusega ainete allikatele. Toiteväärtus on üks peamisi näitajaid, mis määrab toote tarbijaomadused. (Bogdanov jt 2013)

Käesoleva lõputöö eesmärgiks oli uurida kohalikust ettevõttest saadud õlleraba keemilist koostist ja võrrelda saadud andmeid muu maailma uuringute andmetega.

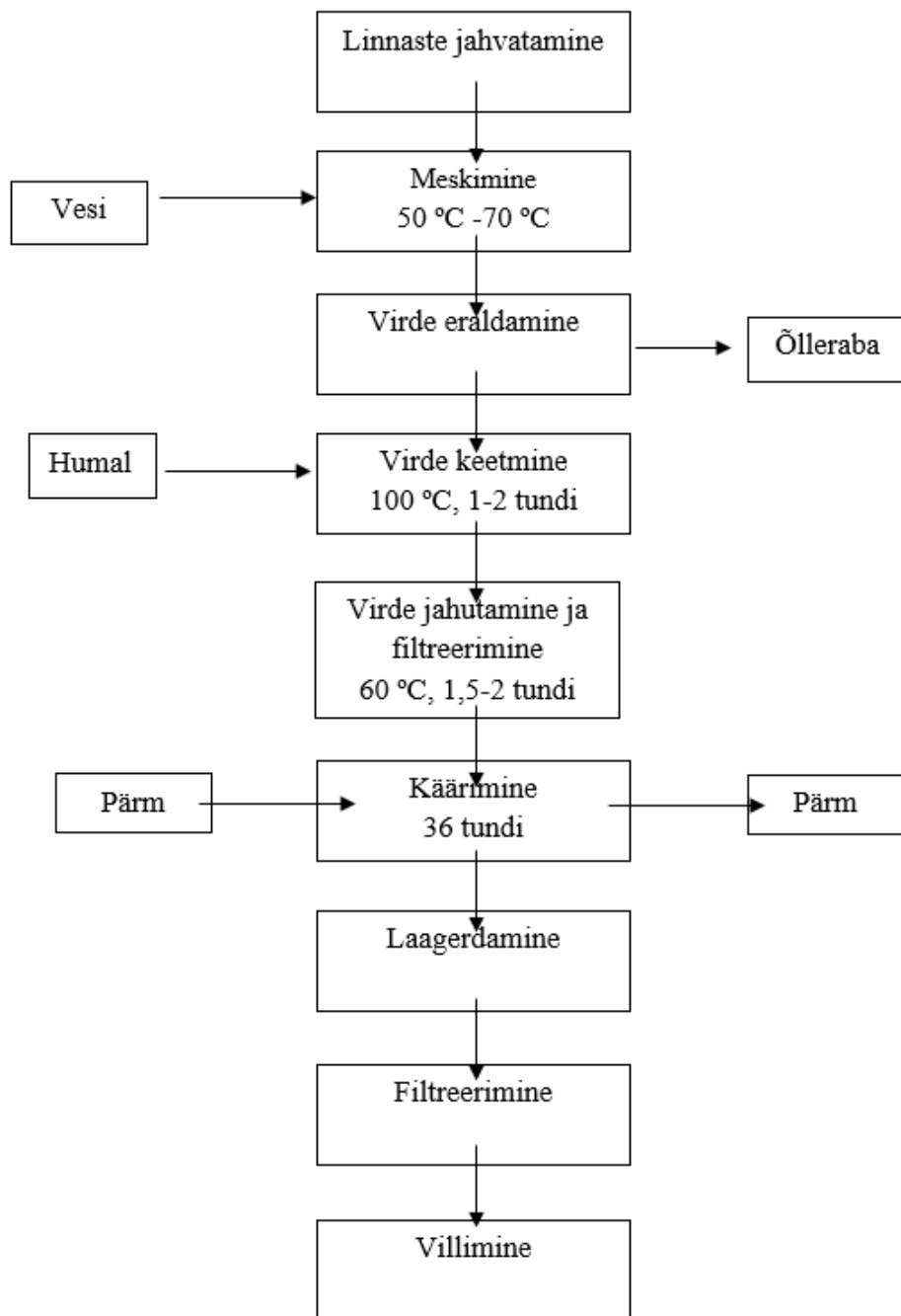
# 1.KIRJANDUSE ANALÜÜS

## 1.1 Õllepruulimine

Õllepruulimine oli üks esimetest protsessidest, mis algas käsitööst ja muutus tööstusmastaabiks. Õlle valmistamismeetod on aastaid muutumatuna püsinud (Graham 2002). Tööstusmastaabis valmistatakse õlu virde käärimise kaudu. Virre on rikkalik suhkruga, lämmastikuühendite ja mikroelementide poolest (Campbell 2017). Fermenteerimise alguses lisatakse virdele pärmid, fermenteerimise käigus pärmide populatsioon suureneb (Graham 2002). Esmane kääritamine toimub kääritamistangis ja pärast jätkub laagerdamistangis, kokku on protsessi kestvus 40 kuni 120 tundi (Campbell 2017). Kääritamise käigus tekivad etanool, süsihappegaas ja teised metaboliidid. Mõned nende hulgast mõjutavad õlle lõhna (Graham 2002). Pärast pärmide eemaldamist nimetatakse õlut rohelisteks. Seejärel pumbatakse õlu laagerdamiseks (Graham 2002, Campbell 2017).

Õlle tooraineks on odralinnased, ühe liitri õlle kohta kulub tavaliselt mitusada grammi (Keukeleire 2000). Sõltuvalt tingimustest (aeg, temperatuur) on linnased helepruuni, merevaigukollast või isegi tumedat värvi ja värvus tuleneb suhkrute karamellistumisest. Õlle värvus sõltub kasutatavast linnasest (Keukeleire 2000). Ekstraktiivainete eraldamiseks kuumutatakse jahvatatud linnased vees, saadakse suhkruga ja valgurikas lahus – virre (Campbell 2017). Kui odralinnase ja vee segu kuumutatakse temperatuurini umbes 60 °C, lagundavad linnaseensüümid, peamiselt amülaasid, tärklise lihtsamateks suhkruteks; proteaasid aga tärklise, mille tulemuseks on suhkrute ja peptiidide või happeliste aminorühmade segu. Tärklise muundamine suhkruks peatatakse kuumutamise teel. Humala lisamine keevasse virdesse hoiab virret ja käärivat õlut kauem riknemise eest, kuna humalal on antibakteriaalne toime. Humal annab õllele ka mõru maitset (Campbell 2017) ning stabiliseerib valmis õlle vahtu (Keukeleire 2000).

Allpool on toodud lihtsustatud skeem õlle tootmisest, mis illustreerib kogu protsessi.



**Joonis 1.** Õllepruulimise üldine tehnoloogiline skeem (Poikalainen jt 2017)

Kõigepealt saadetakse linnased jahvatamiseks linnaseveskisse. Jahvatamise tulemusena saadakse linnasejahu (Sánchez 2017). Linnase jahvatamisel tuleb jälgida, et linnaste kest jääks võimalikult terveks ja endosperm jahvatuks peeneks (Poikalainen 2018, Kunze 2010). Virde filtreerimise käigus linnase kest peab moodustama filterkatlas koheva, sobiva tihedusega filterkihi. Liiga peeneks jahvatatud kestad moodustavad tihedalt kokku vajunud filterkihti, mille tulemusena virde eraldamine takistub. Linnase endosperm jahvatatakse

võimalikult peeneks, et kõik ekstraktiivained ning ensüümid seguneksid meskimise käigus korralikult veega ning oleks tagatud kiire ja täielik nende ainete ensümaatilise hüdrolüüsi (Kunze 2010). Jahvatamise meetoditena eristatakse järgmisi tüüpe: tavaline kuivjahvatamine, kuivjahvatamine eelniisutamise ja määrimisega ning määrimisega (Garbuz 2014, Нарцисс 2007).

Meskimine on protsess, kus linnased segatakse sooja veega ja valmistatakse vedelfaas, ehk virre (Garbuz 2014). Meskimise tangis on segur selleks, et meskimise ajal vee ja linnaste segu pidevalt segada (Sánchez 2017). Meskimise käigus linnaste ekstraktiivained lahustuvad ja tärklis muudetakse lihtsamaks tüüpi suhkruteks. Selle etapi eripäraks on optimaalse temperatuuri leidmine (Garbuz 2014), sest muundatud suhkrud tüüp sõltub valitud meskimise režiimist: mõned suhkrud on kääritatavad (maltoos), teised aga mitte kääritatavad (dekstriinid). Nende suhkrute osakaal annab valmis õllele täidlase tunde (Sánchez 2017). Selle etapi lõpus omandab virre magusa maitse (Garbuz 2014). Seejärel pumbatakse meski filterkatlasse, kus mõne aja jooksul tekib õllerabast filterkiht. Kõigepealt lastakse algvirre katlast välja. Pärast algvirde eraldamist toimub rabasse jäänud ekstrakti väljapesemine veega (Poikalainen 2018). See protsess võtab umbes 1,5 tundi. Pärast seda kogutakse jääkainena õlleraba (Sánchez 2017). Filtreeritud virde läbipaistvuse kontrollimiseks kasutatakse tehases vaateklaasi, mille abil jälgitakse hägususe näitu, vajadusel lülitatakse filtreerimisprotsess ringlusse ja vastupidi. Mida selgem virre, seda parem on õlu. (Garbuz 2014)

Järgmisena suunatakse virre keedukatlasse, kus seda keedetakse koos humala, mida lisatakse ühes või mitmes korras. Tavaliselt annavad keemise alguses lisatud humalad õllele spetsiifilise kibeduse (Garbuz 2014). Pärast seda, kui kogu virre on katlas, keedetakse vedelikku vähemalt 60 minutit. See tagab virde steriilsust. Keetmisel virre muutub selgemaks ning tänu sellele, et osa veest aurustub, tõuseb ka virre kontsentratsioon (Sánchez 2017). Humala lisamine keemisprotsessi lõpus lisab aroomi ja pehmendab kibedust. Pärast keedutanki kuum virre pumbatakse tangentsiaalselt filtreerimistankisse e. *Whirlpool* katlasse. Virre pöörleb mahutis, mille tulemusel toimub humala, valkude ja fermentide koagulatsioon ning sadestus (Sánchez 2017).

Seejärel jahutatakse virre käärimise alustamiseks vajaliku temperatuurini plaatsoojusvaheti abil üks tund (Sánchez 2017).

Virre suunatakse silindrilis-koonilisse mahutisse – käärimistanki. Steriilne suruõhk süstitakse esmalt spetsiaalse pärmi doseerimisseadme kaudu jahutatud õllevirde voolu ja

seejärel doseeritakse õllepärm. Pärm vajab esimese 12-24 tunni jooksul intensiivseks paljunemiseks õhku. (Garbuz 2014). Pärm kääratab virret ja muudab seda õluks (Sánchez 2017). Fermentatsioonitemperatuur varieerub sõltuvalt õlle tüübist, laager-tuupi õlled kääratakse temperatuuril alla 16 °C, *ale*-tüüpi õlled kääratakse temperatuuril üle 20 °C (Sánchez 2017). Sel ajal kääratakse kõik virdes sisalduvad kääritatavad suhkrud, moodustades alkoholi, süsinikdioksiidi ja mitmeid muid aineid: glütseriini, atsetaldehüüdi, äädik-, merevaik-, sidrun- ja piimhapet. Kääritamise kõrvalproduktina aminohapetest tekkivad kõrgemad alkoholid, mis omakorda mõjutavad valmisõlle aroomi ja maitset (Garbuz 2014). Protsessi lõpus eemaldatakse settinud pärm paagi põhjast. Pärm korjatakse fermenteri põhja koonusekujulisest osast, ning kasutatakse järgmise õllepartii kääritamiseks (Sánchez 2017). Seejärel saadetakse käärimisastme läbinud õlu järgmisse etappi – ekstakti lõplik käärimine ja laagerdamine. Õlut laagerdatakse temperatuuril 0-2 °C. Sel perioodil õlu küllastatakse süsinikdioksiidiga, toimub alles jäänud ekstrakti lõplik käärimine, õlle selginemine ning maitse ja aroomi moodustumine. Pärast keemilist analüüsi, mis kinnitab toote valmisolekut ja maitset, saadetakse õlu filtreerimiseks (Garbuz 2014).

Kuna õlle hägusust põhjustavad ühendid on keerulise keemilise koostisega ja nende osakeste arv on suur, peetakse õlle filtreerimist abimaterjalide abil nende eemaldamise parimaks meetodiks (Garbuz 2014). Filtreerimine eemaldab pärmijääke, jättes õlle kristalliselgeks. Mõni õlu ei ole üldse filtreeritud ja sisaldab endiselt pärmi (Sánchez 2017). Lõpuks läbib õlu peenpuhastusetapi, mille käigus eemaldatakse kõige väiksemad osakesed. Vajadusel küllastatakse õlu karbonisaatori kaudu täiendavalt süsinikdioksiidiga ja saadetakse hoiutanki, millest õlut villima hakatakse (Garbuz 2014). Pärast filtreerimist hoitakse õlut külmas (Sánchez 2017).

Vahetangist jõuab õlu villimisliinini. Taarana kasutatakse klaaspudeleid, alumiiniumpurke, PET-pakendeid. Täitmisprotsess erineb sõltuvalt taara tüübist, kuid üldiselt hõlmab see: õlle pastöriseerimist, anumate ettevalmistamist (pesemist ja steriliseerimist), villimist, sildistamist, pakkimist kastidesse ja kaubaalustesse. Pastöriseerimine on vajalik õlle pikema säilivusaja tagamiseks. Selles protsessis kuumutatakse õlut lühikese aja jooksul vajaliku temperatuurini (Garbuz 2014). Villimise ajal täidetakse anumad, olenemata nende tüübist, vasturõhu saavutamiseks süsinikdioksiidiga (kahekordne eeltäitmine) (Sánchez 2017). See efekt võimaldab õllet raskusjõu mõjul aeglaselt pudelisse voolata, hoides ära vahu tekkimise, süsinikdioksiidi lekke, hapniku sissetungimise õllesse ning aitab ka anumal

ühtlaselt täita (Garbuz 2014). Oksüdatsiooni vähendamine selle protsessi käigus tagab, et see ei sisalda kahjulikke mikroobe ja püsib anumastabiilsena (Sánchez 2017). Seejärel korgitakse pudelid, kleebitakse neile sildid, pakitakse termopakendisse, pannakse kaubaalustele ja saadetakse valmistoodete lattu (Garbuz 2014).

## 1.2. Õlleraba keemiline koostis

Pruulitööstuse põhijäätmeteks on kulutatud õlleraba, seda koguneb väga suurtes kogustes ja see on erilise toiteväärtusega (Dragone jt 2002, Santos Mathias jt 2014). See on meskimise järel tekkinud mass, mis koosneb mitmesugustest lahustumatutest ainetest, suhkruta tärklisest ning odra- ja linnaseterade kestadest (Kazimirova jt 2015). Õlle tootmise jäätmeid moodustavad peamiselt väga lühikese säilivusajaga niisked tooted. See on üks põhjuseid, miks seda kõrvalsaadust täiel määral ei kasutata. (Kazimirova jt 2015).

Õlleraba on kiudainerikkas materjal, mis sisaldab umbes 17% tselluloosi, 28% mittetselluloosseid polüsahhariide, peamiselt arabinoksülaane ja 28% ligniini (Mussatto jt 2006). Samuti leidub tuha koostises: fosforanhüdriidi (40,5%), kaaliumoksiidi (4%), kaltsiumi (0,5%), magneesiumi (11%), räni (23%) (Kazimirova jt 2015). Õlleraba koostis sõltub otseselt toodetud õlle tüübist (Mussatto jt 2006). Õlleraba võib koosneda odra-, nisu-, riisi või maisijääkidest, mis on lisatud linnastamata toorainena meskimise ajal (Reinolod 1997).

Õlleraba keemiline koostis võib varieeruda mitte ainult tooraine tüübi suhtes, vaid ka teraviljade koristamise aja, töötlemistingimuste, samuti pruulimisel lisatud lisandite kvaliteedi suhtes (Santos jt 2003). Keemiline koostis võib varieeruda ka siis, kui meskimisel kasutati ebakvaliteetset linnast, mille tulemusena ekstraktiivainete lahustumine vees ei olnud täielik ning suur osa nendest jäi rabasse. Kõrge ekstraktiivaine sisaldus rabas võib olla tingitud ka sellest, et kasutatud linnase ensümaatilise aktiivsuse tase oli madal. Samuti ka linnastamata tooraine kasutamine viib tärklise rohke kliisterdumiseni, mis omakorda takistab ekstraktiivaine väljapesu ning suur osa neist jääb rabasse. (Нарцисс 2007) Kasutatud seadmete ebasobiv suurus või ehitus viib filterkihi kokku vajumiseni, mille tulemusel ekstraktiivainete väljapesu takistub (Kunze 2010).

Õlleraba üldine keemiline koostis on toodud Tabelis 1. Valguühendeid õllerabas on 71–76%, rasvad 80–82%, kiudained 40–45% ja ekstraktiiv ühendeid 60–65% (Volotka jt 2013). Õllerabas on palju mineraale, E-vitamiine ja B-vitamiine (Tabel 1). Õlleraba sisaldab ka biotiini, foolhapet, niatsiini, pantoteenhapet, riboflaviini, tiamiini. Aminohapetest leutsiin, glütsiin, türosiin, lüsiin, proliin, treoniin, arginiin, tsüstiin, histidiin, isoleutsiin, metioniin, fenüülalaniin, trüptofaan, glutamiin- ja asparagiinhapped (Santos Mathias jt 2014).

**Tabel 1.** Õlleraba üldine keemiline koostis (Volotka jt2013)

Näitaja ühe kg õlleraba kohta	Toor õlleraba	Kuiv õlleraba
Kuivaine, g	232	887
Toor proteiin, g	58	217
Toor tseluloos, g	39	160
Lämmastikuvaba ekstraktiivsed ained, g	107	406
Toor rasv, g	17	60
Kaltsium, g	0,5	3
Kalium, g	0,3	1,7
Fosfor, g	1,1	6,6
Magneesium, g	0,4	1,9
Natrium, g	0,65	3
Raud, g	50	90
Vask, mg	2,2	21,3
Tsink, mg	22	58
Mangaan, mg	8	17,6
Kobaalt, mg	0,05	0,2
Jood, mg	0,02	0,1
Karotiin, mg	1,6	-
E- vitamiin (tokogerool), mg	14	23
B1 vitamiin (tiamiin), mg	0,2	0,6
B2 vitamiin (riboflaviin), mg	0,3	0,9
B4 vitamiin (koliin), mg	510	1300
B5 vitamiin (nikotiini happe), mg	13	36

Tabelis 2 on toodud kuivatatud õlleraba, jahu, odra ning granola müsli keemiline koostis (Bogdanov jt 2013; Raquel jt 2008; Youssef jt 2016, Ejiofor jt 2016). Koondtabelist selgub, et kuivatatud õllerabas on valku 2,1 korda rohkem kui nisujahus, 1,6 korda rohkem kui odras ja 1,7 korda rohkem kui granolas. Õlleraba kiudainesisaldus on samuti väljapaistev, see on 9,9 korda suurem kui jahu, 6,2 korda suurem kui odra ning 8,8 korda suurem kui granola kiudainesisaldus. Mineraalainete sisaldus õllerabas (2,0%) on suurem, kui jahus (0,75%) ja granolas (1,47%), kuid samasuur kui odras.

**Tabel 2.** Õlleraba, jahu, odra ja granola keemiliste analüüside võrdlustabel (Bogdanov jt 2013\* , Raquel jt.2008\*\* , Youssef jt 2016\*\*\* , Ejiofor jt 2016\*\*\*\*)

Koostisosa	Õlleraba, %*	Nisujahu, %**	Oder, %***	Müsli, %****
Vesi	3,9	13,68	10,47	5,65
Valgud	18,6	8,57	11,61	10,92
Süsivesikud	70,4	86,96	75,63	56,85
s.h kiudained	22,9	2,30	3,54	2,58
Rasvad	5,1	1,29	7,23	22,53
Mineraalained	2,0	0,75	2	1,47

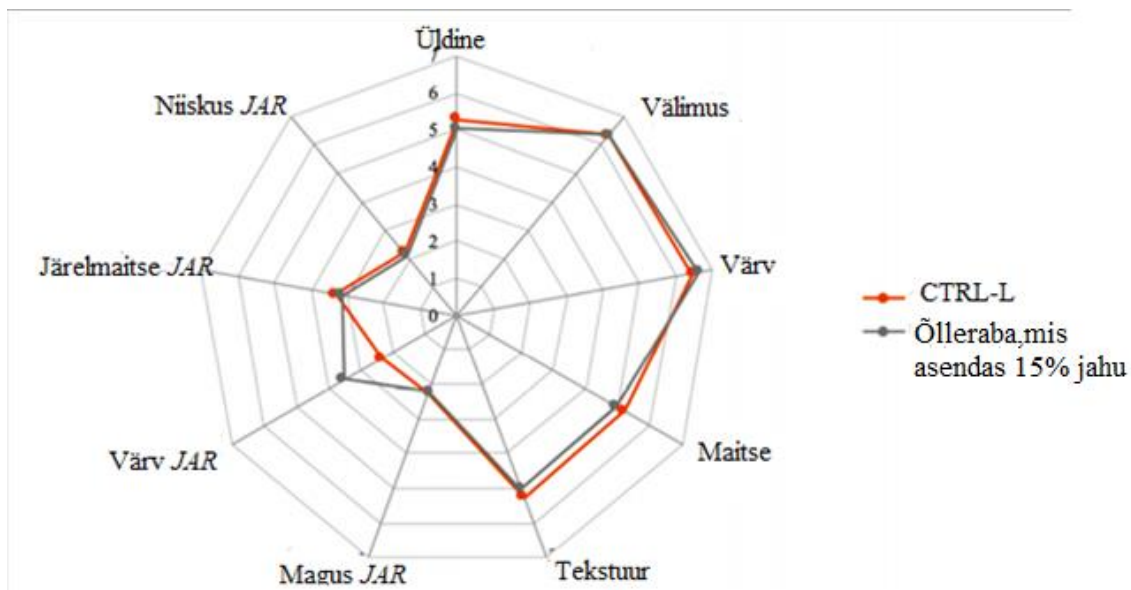
Kuivatatud õlleraba keemilise koostise uuringu tulemused (Bogdanov jt 2013) näitavad, et õlleraba on kõrge valgusisaldusega toode, millel on märkimisväärne süsivesikute, sealhulgas ka kiudainete sisaldus. Õllerabas leiduvaid valke ja selle hüdrolysaate (osaliselt lagundatud valk) saab nende emulgeerivate omaduste tõttu kasutada muude toiduanete tekstuuri tugevdajana (Vieira jt 2013). 100 grammis õlleraba valgus sisaldub 41,4 grammi aminohappeid. Millest leutsiini on 8,6 grammi ja treoniini on 3,4 grammi (Rushchits jt 2013).

Õlleraba on saadaval suurtes kogustes aastaringselt, kuid selle peamine kasutusala piirdub loomade söötmisega. Suure valgusisalduse ja kiudainesisalduse tõttu (vastavalt umbes 20% ja 70% kuivainesisaldusest) võib see olla aga ka atraktiivne lisa inimese toidulauale. (Mussatto jt 2006).

## 1.3. Õlleraba kasutamine

### 1.3.1 Kasutamine toidu koostisosana

Üldiselt on õlleraba odav valgu- ja kiudaineallikas, mis võib inimese toidusedelisse kaasates pakkuda mitmeid eeliseid. Sel põhjusel on see potentsiaalselt oluline toidu koostisosa, eriti alatoidetud elanikkonnaga arengumaades. Õlleraba on suhteliselt madala hinna ja kõrge toiteväärtuse tõttu hinnatud pannkookide, täisteraleibade, küpsiste ja suupistete jaoks. Kuid õlleraba on liiga teraline, et seda otse toidule lisada, ja see tuleb kõigepealt jahuks muuta (Öztürk jt 2002). Jahu kasutamisel valgulisandina või traditsioonilise jahu osalise asendajana on selle värvi ja maitse tõttu siiski mõned piirangud (Miranda jt 1994). Õlleraba on värvilt pruunikas ja seetõttu saab seda kasutada ainult valkjates toodetes nagu heledad küpsised, koogid, leib või spagetid, mis on valmistatud täielikult täisterajahust (Hassona jt 1993; Townsley jt 1979). Ehkki Shih jt (2020) näitasid uuringus, et kuivatatud õlleraba kasutamise tulemusena oli muffinite tekstuur kergem ja nende värv oli rohkem küllastunud. Töö käigus leiti, et õlleraba sissetoomise meetod (kuivas või kuuma veega töödeldud kujul) ei mõjutanud leiva kvaliteeti, füüsikalisi-keemilisi, organoleptilisi ja küpsetuslikke näitajaid ning märgiti kõvenemisprotsessi vähenemist (Kazimirova jt 2015). Viidi läbi ka sensoorseid uuringuid, et paremini mõista tarbijate huvi selle toote vastu. Selles katses oli muffinite koostis võimalikult lihtne, sisaldamata lisandeid, pähkleid või kuivatatud puuvilju. Joonisel 2 on toodud diagramm, milles on toodud viis keskmist hinnangut (välimus, värv, maitse, tekstuur, üldmulje) ja samuti neli JAR-skaalat (magusus, värvus, niiskus ja järelmaitse) (Shih jt 2020).



**Joonis 2.** Diagramm üheksast koogikese sensoorsest näitajaid koos ölleraba lisamisega ja ilma. (Shih jt 2020)

Üldine hinnang olulist erinevust välja ei toonud, kuid ölleraba sisaldav proov näitas välimuselt ja värvilt keskmisest kõrgemat taset. See aga näitas, et keskmiselt olid öllerabaga rikastatud koogid tarbijate seas populaarsemad kui kontrollkoogid. Selle põhjuseks võib olla asjaolu, et tumedam värv andis meeldivama tunde (Shih jt 2020). Pealegi võib lõpptoote maitse ja füüsiliste omaduste (nt tekstuuri) muutuste tõttu lisada ainult suhteliselt väikseid koguseid (5-10%) (Miranda jt 1994). Ehkki empiiriliselt, näitas JARi skaalal muffin, milles asendati 15% jahu kasutatud öllerabaga, samu tulemusi kui muffin, mille koostises oli 0% kulutatud ölleraba. Väärtused olid minimaalse erinevusega: vastavalt 2,26 ja 2,21 (Shih jt 2020).

Shih jt. 2020. katses lisati muffinitele jahvatatud ölleraba, et hinnata lõpptoote omadusi. Analüüsiti niiskusesisaldust, veeaktiivsust, rasva, valku, lahustuvat suhkrut, toidukiude ja tuhka (mineraalijäägid pärast kuumutamist) (Shih jt 2020). Muffinitaignal, kuhu oli lisatud ölleraba, oli kõrgem viskoossus kui kontrollrühmal. Selle põhjuseks võib olla kõrge kiudainesisaldus, mis toimib paksendajana. Kõigil ölleraba kasutataval muffinitel oli vee aktiivsus suurem kui kontrollrühmal. Kuigi see võib olla tingitud asjaolust, et katserühma lisati rohkem piima. Mahu poolest oli katserühmal kontrollrühmaga (15,77 cm) võrreldes kõige väiksem maht (14,83 cm). Keemilise koostise osas ei näidanud proovid mineraalide sisalduses erinevusi. Võrreldes kontroliprooviga (28,35 g/100 g kuivainet), ölleraba

lisamine suurendas rasvassisaldust proovides (31,03-34,99 g/100 g kuivainet) (Shih jt 2020).

Leivale õlleraba lisamisel paraneb toote toiteväärtus (Mussatto jt 2006). Õllerabast saadud jahu toite- ja bioloogiline väärtus võimaldab seda kasutada leht-, keedu- ja liivataignast toodete küpsetamisel (Kazimirova jt 2015). Huige jt. (1994) katsetes lisati taigna sisse 10% töödeldud õlleraba, mille tulemusena kasvas leiva valgusisaldus 50% ja aminohapete sisaldus 10%, võrreldes traditsioonilise leivaga. Ka kiudainete sisaldus oli kahekordistunud (Huige jt 1994). Saadud toodetel oli kuldne kohvivärv, poorne struktuur, ühtlane küpsemine, seda tüüpi toodetele iseloomulik maitse ja lõhn ning nad vastasid kõigile kvaliteedinõuetele (Kazimirova jt 2015). Viimaste aastate jooksul on mitmes uuringus hinnatud mitmesuguste toodete õllerabaga rikastamist jahutoodetes, sealhulgas mitte ainult leivas, vaid ka pastas, suupistetes ja küpsistes (Shih jt 2020). Õlleraba kasutatakse nisu-rukkileiva valmistamisel kõrgekvaliteedilise nisujahu ja kooritud rukkijahu (2,0:6,0%) termiliselt töödeldud või kuivas vormis. Õlleraba lisamine muffinitele võib mõjutada toote keemilist koostist, bioloogiliselt aktiivseid ühendeid (fenoolid ja toidukiud), kuid suurendada ka toote toite-, ja turuväärtust (Shih jt 2020).

Õlleraba saab muuta valgurikkaks toodeks, kui eraldada kestad ning jahvatada ülejäänud (Mussatto jt 2006). Tarbijate seas üks populaarsemaid ja uusimaid tooteid on müslibatoonid. Esialgsed uuringud on näidanud võimalust kasutada õlleraba koostisosana müslibatoonides (teraviljahelbed). Õlleraba lisamine ei mõjuta oluliselt batoonide organoleptilisi omadusi, kuid suurendavad omakorda toote toitumisomadusi (Kazimirova jt 2015).

Selleks, et analüüsida, kuidas õlleraba lisamine toidusse mõjutab elusorganisme, Hassona (1993), tehti uuringud, mille käigus lisati leivasse õlleraba (10-25%). Leiva proovid söödeti rottidele 28 päeva jooksul. Katse näitas, et õlleraba lisamine rottide dieedile leevendas seedetrakti mokrofloora vaevust. Selline mõju on seotud suure valgusisalduse, mittetselluloosete polüsahhariidide ja glutamiini toimega. On oletatud, et seda mõju võib seostada väljaheite mahu suurenemisega, mis viib lipiidide imendumise vähenemiseni või sapphapete, rasvade ja steroidide eritumise suurenemiseni. (Mussatto jt 2006). Õlleraba või tooted, mille koostises esineb õlleraba, avaldavad tarbimisel kasu tervisele: kiirem seedimisaeg, rasva ja kolesterooli suurenenud sekretsioon ning sapikivide tekkimise vähenemine (Mussatto jt 2006).

Venemaal läbiviidud uuringutes analüüsiti õlleraba lisamise mõju lihatoodete kvaliteedile. Toorainena kasutati õlleraba valgusisaldusega 27-30% ja kõrgklassi veiseliha. Hakkliha veesidumisvõime uuringute tulemused näitasid, et õlleraba lisamine (2-3% kogu massist) suurendab toor liha võimet siduda vett. Parimaid tulemusi näitasid segud, mis sisaldasid 3% õlleraba: provide veesidumisvõime oli 82% ning kontrollproovide – 78%. Lisatava koguse suurendamine, põhjustas nende veesidumisvõime vähenemist (Ponovarev jt 2014).

Uuringus Rushchits jt (2013) kus kotlettide retseptis asendati 2,5-5% saia õllerabaga, tulemused näitasid, et organoleptilised omadused ei halvene. Aga õlleraba koguse suurenemine vähendab toodete mahlasust (Rushchits jt 2013).

### **1.3.2. Kasutamine muul otstarbel**

Kasutamine loomasöödana

Loomakasvatavad on kodulindude söötmiseks juba pikka aega kasutanud toorest õlleraba valgurikka piimhappelise söödana (Kazimirov jt 2015). Õlleraba saab kasutada põllumajandusloomade toiduallikana nii märjalt kui ka kuivatatult (Radzik-Rant jt 2018). Reeglina kasutatakse õlleraba mäletsejaliste söödana, kuid teistele loomadele saab seda anda ainult siis, kui see on spetsiaalsete meetoditega töödeldud (Kazimirova jt 2015). Kirjanduses leidub edukaid uuringuid ka kalade ja lindude söötmise mõjude kohta (McCarthy jt 2013). Kodulindude söötmise osas mõjutab õlleraba kasutamine söödana märkimisväärselt muna tootmist, sest see suurendab viljastatud munarakkude koorumise määra. Näidatakse ka aminohapete olulist mõju munakanade toitumisele, mis omakorda mõjutab otseselt teisi aretusnäitajaid, tõstes seeläbi kodulindude väärtust (McCarthy jt 2013). Need tulemused näitas, et õlleraba võib pidada kodulindude toitumise oluliseks komponendiks. (Essien jt 2008). Kuna seda peetakse kiiresti riknevaks toiduks, saab seda kasutada maksimaalselt 2-3 päeva jooksul alates valmistamiskuupäevast, juhul kui seda säilitakse temperatuuril 5 °C. (Hamed jt 2011). Tihtipeale kasutatakse neid laktatsiooni alg- ja lõppjärgus. Lisaks kõrgele valgusisaldusele võib õlleraba eelisena nimetada ka madala rasva- ja süsivesikute sisaldust (McCarthy jt 2013).

Esimest korda dokumenteeriti õlleraba kasutamise positiivset mõju piimatoodangule ning rasva- ja kuivainesisalduse suurenemist piimatootmises aastal 1996 (Radzik-Rant jt 2018).

Hilisemad uuringud (Kolmogorova jt 2014) kinnitasid seda. Kolmogorova jt (2014) andmetel on mäletsejaliste söödavalgu puudujääk eriti märgatav talvel (umbes 50%) ning see viib loomade produktiivsuse languseni. Selle puudujäägi kõrvaldamiseks söödeti piimalehmi 30 päeva jooksul õllerabaga. Loomade produktiivsust hinnati vastavalt kontrolllülpsi tulemustele. Kontrollrühma lehmad said heina, kontsentraate ja heinarohtu. Katserühma lehmade ratsioonis asendati heinarohti õllerabagraanulitega. Lehmade söötmine õllerabaga annuses 5 kg looma kohta aitas kaasa keskmise päevase piimatoodangu suurenemisele 8,9% võrra, 3 kg / looma kohta – 7,2% võrra, 2 kg / looma kohta – 5,5% võrra (Kolmogorova jt 2014)

Radzik-Ranti jt (2018) katses söödeti tallerühma 35% õlleraba. Kontrollrühma söödeti nende tavalist segu, kuhu õlleraba ei kuulunud. Tallede kasvukiiruse analüüsimiseks viidi pärast söödaks kohandamist läbi kontrollkaalumine, seejärel iga kahe nädala tagant ja tapmispäeval. Kasvu analüüs näitas, et katserühma loomade kehakaal oli kontrollrühma omast ligikaudu 0,45 kg suurem. Õlleraba lisamine söödasse viis loomad ka varem tapakaaluni (Radzik- Rant jt 2018). Mullu jt (2008) ja Anigbogu (2003) uuringutes täheldati ka tallede kiiremat kasvu, kui õlleraba kasutati söödalisandina. Samuti ka Radzik- Ranti jt (2018) katse talledega näitas, et õlleraba lisamine lamba ratsiooni ei alanda saadud lambaliha kvaliteeti. 35% õlleraba lisamine söötadesse vähendas lambaliha rasvasisaldust. Lisaks kõrgele toiteväärtusele võib õlleraba kasutamine põllumajandusloomade söötmisel vähendada toitumiskulusid. Soovitud majandusliku kasu saamiseks peavad talud asuma õlleraba lähedal, sest õlleraba rikneb kiiresti kõrge niiskusesisalduse ning mikroobide aktiivsust kiirendavate polüsahhariidide ja valkude tõttu (Radzik-Rant jt 2018).

Uuringud 10-40% riisikliide asendamise kohta kalasööda koostises õllerabaga näitasid karpkala eluskaalu kasvu (McCarthy jt 2013). Edasised uuringud õlleraba kasutamise kohta kalasöödas näitasid ka seda, et pruulimisjäätmed, mis sisaldasid 19% valku ja 18- 20% kiudaineid, parandasid karpkala kasvu (Kaur jt 2004). Teadlase sõnul oli see tingitud aminohapete (tsüsteiin, lüsiin ja metioniin) ja kvaliteetse valgu kõrgest sisaldusest (McCarthy jt 2013).

## Kasutamine energia tootmisel

Üks viise õlleraba kasutamiseks tööstuslikel eesmärkidel on energia tootmine. Praegu on biogaasi saamiseks kahte tüüpi tootmisprotsessi – otsene põletamine või kääritamine metaani ja süsiniku lisamisega (Mussatto jt 2006). Biogaas on gaas, mis sisaldab 50-60% metaani (CH<sub>4</sub>) ja 30-35% süsinikdioksiidi (CO<sub>2</sub>). Biogaasi toodang 1 tonni õlleraba kohta on 160-180 m<sup>3</sup>. Võrdluseks võib öelda, et veisesõnnikust, mis on kõige traditsioonilisem anaeroobse lagundamise tooraine, on biogaasi saagis 50-70 m<sup>3</sup> tonni kohta (Zhitkov jt 2020). Enne õlleraba kasutamist otseseks põlemiseks, tuleks see kuivatada 55% niiskussisalduseni. (Mussatto jt 2006). Värskel õllerabal kütteväärtus on väga madal, kuni 900 kJ/kg, kuid kuivatatud õlleraba kütteväärtus tõuseb järsult kuni 4250 kJ/kg. Võrdluseks – okaspuidu kütteväärtus on 3300-3500 kJ/kg (Zhitkov jt 2020). Kuivatatud õlleraba põletamisel moodustuvad Keller-Reinspachi (1989) aasta uuringu andmetel aga toksilised gaasid: lämmastik ja vääveldioksiid, mille sisaldus on 1000-3000mg/l ja 480mg/l kohta vastavalt. Põletamise peamine eelis on tavaliste ja tuntud seadmete kasutamise võimalus ning stabiilne tehnoloogia (Zhitkov jt 2020). Õlleraba saab kasutada õlletehasesüsteemis energia allikana. Selleks tuleb õlleraba pressida brikettideks. Õllerababriketid põlevad ja suudavad tekkinud soojusega osaliselt toetada tööstuse energiavajadust (Zanker jt 2002).

Teine võimalus energia tootmiseks on anaeroobne kääritamine. Kuid see protsess võib olla efektiivne ainult siis, kui see on jagatud kaheks etapiks: hüdrolüütiliseks ja metanogeenseks (Ezeonu jt 1996). Õlleraba on oma mikrobioloogilise aktiivsuse tõttu üks kõige tõhusamaid tooraineid biogaasi tootmiseks (Zhitkov jt 2020). Kahjuks, on õlleraba täielik lagunemine sel juhul kiudmaterjali sisalduse tõttu võimatu, mis allub hüdrolüüsile ainult piiratud ulatuses. Vaatamata sellele on käärimisprotsessi kiirendamiseks mitu võimalust. Näiteks keemiline kuumtöötlus 0,2 M NaOH-ga temperatuuril 70 °C, ensümaatiline töötlemine tsellulaasi tootvate seente abil. Metanogeenses staadiumis lagundatakse kompleksed orgaanilised ained, muundatakse kompleksseteks makromolekulideks ja lenduvateks rasvhapeteks. Seejärel muudavad metanogeensed bakterid need lenduvad happed metaaniks. (Ezeonu jt 1996); Zhitkovi jt (2020) uuringus viidi läbi arvutused kasutatud terade töötlemise efektiivsuse kohta elektri- ja soojusenergiaks. Tulemuseks sai, et 2670 liitrit õlle tootmisel moodustub üks tonn õlleraba. Nende uuringute tulemused oli sellised, et ühest tonnist õllerabast on võimalik saada 160 m<sup>3</sup> biogaasi. 1 m<sup>3</sup> biogaasi saab kasutada 2,4 m<sup>3</sup>

elektrienergia ja 2 m<sup>3</sup> soojusenergia tootmiseks. Võib öelda, et toodetud õlleraba võib aastas anda 1,6 MWh elektrit ja 1,4 MWh soojust (Zhitkov jt 2020).

Komponendina muude materjalide tootmisel

Kõrge tselluloosi ja kiulisi materjale sisaldus teevad õlleraba sobivaks toormeks ehitusmaterjalides kasutamiseks (Russ jt 2005). Näiteks, kasutatakse seda tavaliste ja silikaattelliskivide tootmisel, kuna see parandab telliskivide poorsust ja muid omadusi (Rudenko 2007). Õlleraba kasutamine ei mõjutanud kvaliteeti, värvi ega ei nõudnud ka kivide tootmisprotsessi muutmist (Russ jt 2005).

Tänu õlleraba kiudaine sisaldusele, hakati seda uurima kui tooraine paberitootmiseks. Õllerabast valmistati visiitkaarte, klaaside aluseid ja paberrätikuid (Ishiwaki jt 2000). Keemiline analüüs näitas, et selle õllepruulimise kõrvalsaaduse koostises on 35,9% hemitselluloosi, 17,7% tselluloosi, 10,1% ligniini, 9,1% ekstraheerivaid etanoolis/tolueenis aineid ning 4,5% tuhka. Tooraine muudetakse tselluloosiks poolkeemiliste protsesside abil, kasutades jõupaberit, soodat ja neutraalset sulfitit (Sousa jt 2007).

Välja on töötatud ka täiesti jäätmevaba tehnoloogia õllerabast ksülitooli tootmiseks (Blinkov jt 1998). Ksülitooli kasutatakse lakkide, kuivatusõlide, detergentide, kilet moodustavate polüuretaanide tootmiseks ja plastifikaatorina. Selleks, et toota 15 tonni ksülitooli päevas on vaja 500-600 tonni õlleraba niiskusega 75%. (Rudenko 2007) Kui tehnoloogiat kohandada vastavalt tootmisele, on võimalik õllerabast saada etanooli, aktiivsütt, süsinikdioksiidi kuiva jää kujul, enterosorbente, meditsiinilise ja veterinaarse valdkonnas kasutamiseks, kütusbriketti, hapniku, vesiniku ja sideaine mitmesuguste raketikütuste jaoks. (Blinkov jt, 1998).

## **2.EKSPERIMENTAALNE OSA**

### **2.1. Töö eesmärk ja ülesanded**

Bakalaureusetöö eesmärgiks oli uurida kohalikust ettevõttest saadud õlleraba keemilist koostist ja võrrelda saadud andmeid muu maailma uuringute andmetega.

Bakalaureusetöö ülesanded:

- Tutvuda erinevate teadusartiklitega ning leida informatsioon õlleraba keemiliste koostisest, võrrelda koostistega teiste ainete (nisujahu, oder, müsli), tuua näided, kuidas on võimalik õlleraba kasutada.
- Planeerida ja teostada katsed õllerabaga: kuivatamine, niiskusesisalduse määramine ja keemiline analüüs.
- Koostada kondtabel tulemustega ja teha eksperimendist järeldusi.

### **2.2. Materjal ja meetodika**

#### **2.2.1. Uuritav materjal**

Eksperimenditaalse osas kasutati õlleraba “Pühaste” pruulikojast (Tartu). Kokku võeti kümme proovi ajavahemikus veebruar – aprill 2021.

Õlleraba säilitamiseks kasutati kuivatamisprotsessi. Esimesed proovid kuivatati ahjus plaadi peal õhukese kihina jaotatalt, kolm tundi pidevalt segades temperatuuril 65 °C (Волотка ja Богданов 2013). Edaspidi otsustati kuivatada õlleraba puuviljakuivatis, temperatuuril 70 °C (Shih jt 2020). See võttis vähem aega (2,5 tundi) ja ei nõudnud pidevat segamist. Katse tulemusi võrreldes selgus, et kuivtamine puuviljakuivatis annab parema tulemuse: kuivatatud ahjus raba niiskuse sisaldus oli (10,14%-31,3%) ja kuivatatud puuviljakuivatis oli (1,71%- 5,90%).



**Joonis 2.** A – toorõlleraba, B – kuivatatud õlleraba

### **2.2.2. Õlleraba niiskusesisalduse määramine**

Niiskusesisaldus määrati analüsaatori Mettler Toledo abil Toiduteaduse ja toiduainete tehnoloogia õppetooli laborkompleksis. Fooliumtassile kaaluti umbes kaks grammi märga või kuiva õlleraba, mõõtmise kiiruse ja täpsuse huvides jaotati õlleraba plaadile ühtlaselt. Värske õlleraba niiskusesisalduse mõõtmiseks kasutati “Kohupiima” programmi, kuna need on konsistentsilt sarnased. Kuivatatud õlleraba niiskusesisalduse mõõtmiseks kasutati programmi “Pulber”.

### **2.2.3. Õlleraba keemilise koostise analüüs**

Toorproteini, toortuhka, toorkiu, toorrasva, mineraalainete ja kuivainete sisaldust analüüsiti Eesti Maaülikooli söötmisteaduse laboris, eelnevalt kuivatatud õllerabast, kasutades akriditeeritud meetodeid.

### **2.2.4. Õlleraba tuha analüüs**

Kuna mõnele proovile söötmisteaduse labor tuhaanalüüsi ei teinud, viidi läbi tuhaanalüüsid ka Toiduteaduse ja toiduainete tehnoloogia õppetooli laboris.

Tühja anumad kuumutati koos anumalt eemaldatud kaanega  $102 \pm 2$  °C juures 30 minuti jooksul. Seejärel paigutati kaas anumale, jahutati seda eksikaatoris toatemperatuurini ning kaaluti analüütilistel kaaludel 0,1 mg täpsusega.

Jahtunud anumasse kaaluti 0,1 mg täpsusega viis g eelnevalt kuivatatud ja jahvatatud õlleraba ning kaaluti analüütilistel kaaludel 0,1 mg täpsusega. Anumad kuumutati ahjus temperatuuril  $550 \text{ °C} \pm 5 \text{ °C}$ . Proovide kuumutamine toimus kuni tekis valge, helehall või punakas tuhk. Seejärel asetati tiigel suuletud kaanega eksikaatorisse jahutamiseks ja seejärel kohe kaaluti 0,1 mg täpsusega. Tulemus arvutati järgmise valemi järgi:

$$W_t = \frac{m^2 - m_0}{m^1 - m_0} * 100,$$

Kus  $W_t$  on kuivainesisaldus kaalu protsentides;

$m_0$ - anuma ja kaane mass grammides;

$m_1$ - anuma, kaane ja proovi mass grammides;

$m_2$ - anuma, kaane ja kuivatatud proovi mass grammides. (Türk 2001)

### **2.2.5. Õlleraba suhkrute sisalduse analüüs**

Suhkrute sisaldust määrati Polli Aiandusuuringute keskuse teaduslaboris, eelnevalt kuivatatud õllerabast massispektromeetri abil, mis on varustatud Luna NH2 kolonniga (250 x 4.6). Kalibratsiooniks kasutati glükoosi, fruktoosi ja sahharoosi standardlahuseid.

Proovi ettevalmistus.

Eelnevalt kuivatatud õlleraba jahvatati korralikult kuulveskis. Vaatamata sellele, et õlleraba sisaldab valku ja rasva, käesoleva töö jaoks analüüsi tehti ilma valke sadestamata. 8 g proovile lisati 40 ml vett ja segu kuumutati vesivannil 70 °C juures 30 minutit. Proovid tsentrifuugiti ning filtreeriti kaks korda: kõigepealt läbi paberfiltrit ning seejärel läbi membraanfiltrit. Analüüs teostati ILIADe 122:2019 CLEN meetodika järgi.

### 3. TULEMUSED JA ARUTELU

Kokku võeti kümme õlleraba proovi. Kõik proovid olid värsked ja võeti õlle valmistamise päeval. Tabelis 3 on toodud kõikide proovide koostis protsentides. 50% nendest proovidest sisaldas oma koostises ainult odralinnase jääke ning ülejäänud 50% olid erinevate linnaste jääkide segud. Samuti odra protsentuaalne sisaldus oli alati kõrgem kui muude komponentide sisaldus. Tähtsuselt teine komponent oli nisu. Kõikidest komponentidest kasutati kõige vähem kaera.

**Tabel 3.** Katseproovide liigiline koostis protsentides

Proovinumber	Oder, %	Nisu, %	Kaer, %
Proov 1	60	40	
Proov 2	90	5	5
Proov 3	48	4	48
Proov 4	57	36	7
Proov 5	100		
Proov 6	100		
Proov 7	100		
Proov 8	100		
Proov 9	100		
Proov 10*	47	19,4	

Märkus. Tähis "\*" tähendab seda, et andmed on puudulikud, kui sellisena neid edastas pruulikoda.

Koondtabelis 4 on toodud provide keemiline analüüs. Suhkrute-, valkude-, tuha-, kiudainete-, rasva sisalduse näitajad arvestati raba kuivainetest.

**Tabel 4.** Katseproovide keemilise analüüsi tulemused

Proovi number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Niiskusesisaldus*, %	75,1	81,0	77,30	62,33	61,49	63,77	62,38	78,32	78,75	50,09
Niiskusesisaldus, %	14,5	31,3	5,9	10,93	0,14	4,9	3,53	1,71	5,33	3,45
Kuivainesisaldus, %	83,7	73,0	76,0	88,50	89,50	94	95,70	94,50	94,50	92,60
Valgud, %	20,8	17,3	15,96	18,80	12,90	14,30	19,10	16,40	16,40	20,80
Tuhk, %	2,9	3,1	2,70	3,20	2,60	2,80	4	3,60	3,60	3,60
Kiudained, %	15,5	8,6	9,30	10,50	8,20	7	16,40	9,20	9,20	11,50
Rasv, %	4,6	5,1	6,60	5,60	3,10	4,70	6,10	5,80	5,80	5,30
Suhkrud, g\100g	1,6	0,5	3,7	2,9	7,1	7,7	1,6	3,1	3,1	0,4
Kaltsium, g\kg	2,5	2,5	2,60	3,60	2	2,20	3	2,50	2,50	2,60
Fosfor, g\kg	5,5	5,5	4,30	5,50	4,30	4,80	6,40	5,50	5,50	5,40

Märkus. Tähis „\*“ niiskusesisalduse juures tähendab niiskusesisaldust toores õllerabas.

Proovid Nr 1, Nr 2 ja Nr 4 kuivatati ahjus 65 °C kraadi juures ning niiskusesisaldus neil oli väga kõrge. Need numbrid on palju suuremad, kui näitajad artiklist, kust see tehnoloogia oli saadud (Волотка ja Богданов 2013). See võib olla tingitud sellest, et õiget kuivatatava kihi paksust on keeruline saavutada, samuti ka õhuringlus ahjus võib olla ei ole ideaalne. Puuviljakuivatis kuivatatud proovide niiskusesisalduse näitajad olid madalad ning nende kõikumine ei olnud nii suur (maksimaalne väärtus oli 5,9% ja minimaalne 1,71%) Väärtus 0,14% tundub ebareaalne, ning seda võib pidada analüüsi läbiviimise veaks. Madalam niiskusesisaldus, mis oli saadud puuviljakuivati kasutamisel, võib olla tingitud asjaolust, et puuviljakuivatis õhu liikumine toimub paremini, ehk kuum õhk voolas alt ülesse ja jaotus kogu pinnale, seetõttu kuivas õlleraba ühtlasemalt ja tõhusamalt kui ahjus. Niiskusesisaldus toores õllerabas võib olla seotud proovi võtmise ajaga. Proov Nr 2 ja Nr 9 võeti kohe pärast meskimise protsessi lõpetamist, õlleraba meskikatlast väljalaadimise käigus. Teised proovid võeti natuke hiljem, kui õlleraba oli juba äraveo mahututes seisnud, ning osa niiskust raskusjõu toimel langes allapoole (raba proovide jaoks võeti massi ülemiseset kihist).

Võrreldes sama koostisega proove, kus kasutati ainult otra, on võimalik öelda, et kõigil proovidel on vaatamata samale koostisele erinevad keemilise analüüsi tulemused. Proovide

number 8 ja 9 keemilise analüüsi tulemused on samad, kuna need võeti ühe päeva erinevusega ja võib-olla sama partii tooraine. Proovidel Nr 5, Nr 6, Nr 8 ja Nr 9 ei ole valgu näitajates suurt erinevust, minimaalne väärtus on 12,9% ja maksimaalne väärtus 16,40%. Vaid Proovil Nr 7, kus koostises on ka ainult oder, valkudesisaldus on 19,10%. Seda saab seletada asjaoluga, et erinevate õlle tüüpide pruulimiseks kasutatakse erinevaid meskimise tehnoloogiaid: erinevaid temperatuure, temperatuuri saavutamise meetodeid ning aega, mil meskit hoitakse sellel temperatuuril. Võib olla selle õlle valmistamisel kasutati sellist temperatuurset režiimi, mis takistab valkude lõhustumist lihtsamateks ühenditeks ning virdes lahustamiseks (Poikalainen 2017), ja tänu sellele palju valku jäi rabasse just lahustumatu kujul. Proovil Nr 1 ja proovil Nr 10 on kõige kõrgemad valgusisalduse näitajad – 20,8%. Sellised tulemused võivad olla tingitud sellega, et need proovid sisaldasid päris palju nisu oma koostises. Nisu valgusisaldus on tavaliselt natuke kõrgem kui odral ning võib varieeruda vahemikus 10%-18% kogu kuivainetest. Nisu sisaldab päris suurtes kogustes glüteeni mis on halvasti lahustatav vees (Sramkova jt 2009), ning tänu millele käesolevate proovide valgusisaldus võib olla kõrge.

Suurt erinevust võib näha proovide kiudainesisalduses. Proovis Nr 7 oli kiudainesisaldus kõrgem kui teistes proovides, kuid selle koostis ei erine proovide Nr 5, Nr 6, Nr 8 ja Nr 9 koostisest. Samuti tasub mainida, et proovis Nr 1 oli kõige madalam kiudainesisaldus, mis oli peaaegu 3 korda väiksem, kui proovis Nr 4, kuigi nad mõlemad sisaldasid oma koostises palju nisu.

Kõrgeim rasvasisaldus oli märgatud proovis Nr 3, selle koostis erines kõikidest teistest proovidest selle poolest, et see sisaldas kõige rohkem kaera oma koostises – 48 %. Kaerahelbed sisaldavad kõige rohkem rasva võrreldes teiste teraviljadega – 7,9%. Rasvad halvasti lõhustuvad ja lahustuvad vees, mistõttu teraviljade rasvasisaldus ei lange pärast kuumtöötlemist (Biel jt 2009) ning jääb rabasse.

Suhkrute sisaldus sõltub pigem tehnoloogilisest protsessist kui kasutatava materjali liigilisest koostisest. Kõrgeim süsivesikutesisaldus oli märgatud proovides Nr 5 ja Nr 6, mis on 100% odra sisaldusega proovid. Suhkrute üldkogus on toodud g/100 g proovi kohta ning näitab sahharoosi ja teisi sama molekulmassiga suhkrute sisaldust (glükoos ja fruktoos), aga hetkel neid ei ole võimalik eristada tunnusunete puudumise tõttu. Need proovid saadi pärast tumedaks õlleks meskimist. Väiksema väärtusega olid proovid Nr 2 ja Nr 10, kuigi neid tulemusi ei saa seostada õlleraba liigilise koostisega.

Proovi Nr 5 rasvasisaldus oli kõige madalam, selles proovis oli ka kõige vähem tuha- ja mineraalainete sisaldus. Proov Nr 7 on kõrgeima mineraalainesisaldusega, huvitav, et teistel sama koostisega proovidel (100% oder) mineraalainetes sisaldus on madalam.

Tabelis 5 on toodud proovide keskmine-, minimaalne- ja maksimaalne väärtus ning standardhälve.

**Tabel 5.** Ölleraba proovide keskmiseid, miinimaalseid, maksimaalseid väärtuseid ja standardhälve tulemused.

	Keskmine	Miinum	Maksimum	Standarthalve
Niiskusesisaldus*, %	69,1	50,1	80,99	10,34
Niiskusesisaldus, %	9,2	1,7	31,31	8,73
Kuivainesisaldus, %	89,6	73,0	95,7	7,29
Valgud, %	17,3	12,9	20,08	2,62
Tuhk, %	3,2	2,6	4,00	0,47
Kiudained, %	10,5	7,0	16,40	3,10
Rasv, %	5,3	3,1	6,60	0,98
Suhkrute sisaldus g/100g	3,2	0,4	7,7	2,6
Kaltisum, g/kg	2,6	2,0	4	0,44
Fosfor, g/kg	5,3	4,3	6,40	0,64

Märkus. Tähis „\*“ niiskusesisalduse juures tähendab niiskusesisaldust tootes öllerabas.

Keskmine niiskusesisaldus oli kõrgem, kui kirjanduses toodud (Волотка ja Богданов 2013). Aga, see on seetõttu, et eksperimentide alguses valitud kuivatamise viis ei antud oodatuid tulemusi. Keskmised valgu- ning rasvasisalduse näitajad olid sarnased kirjanduses toodud andmetega (Ikram jt 2017), kus ahjus kuivatatud öllerabas keskmine valgusisaldus oli 19,6% ja rasvasisaldus 5,8%. Keskmine kiudainesisaldus oli madalam, kui kirjanduses toodud, kus keskmine kiudainsisaldus oli 23,0% öllerabas (Плиева 2014). Keskmine suhkrute sisaldus oli 4,3 g/100g, ning, kahjuks võrrelda meie proovid kirjanduses toodud andmetega pole võimalik. Sest, näiteks, Volotka jt 2013 uuringus süsivesikute andmed on toodud protsentides (70,5%). Meie proovides maksimaalne suhkrute sisaldus oli 10,4 g/100g ja miinum 0,5 g/100g. Meie keskmine kaltisumisisalduse proovide tulemus oli 2,6 g/kg, mis on madalam, kui toodud uuringus Plieva (2014), kus keskmine kaltisumisisaldus oli kõrgem – 3,85 g/kg.

Võrreldes uuringuga Plieva (2014), kus õlleraba keskmine kaltsiumisisaldus oli 3,85 g/kg, meie keskmine kaltsiumisisaldus proovides oli madalam – 2,6g/kg. Aga fosforisisaldus proovides oli suurem, kui kirjanduses toodud, kus fosfori keskmine tulemus oli 0,25 g/kg (Plieva 2014).

Kõige stabiilsemad olid mineraalainete ja tuhasisalduse näitajad, mida tõestab ka minimaalne standardhälve: 0,44; 0,64 ja 0,47, vastavalt. Kõige suurem tulemuste kõikumine oli niiskusesisalduse näitajate vahel, mida näitab ka standardhälbe. Valgu, suhkrute ja kiudainete sisalduse näitajate kõikumine oli keskmine.

## KOKKUVÕTE JA JÄRELDUSED

Õlleraba on tootmisjääk, mis on saadaval aastaringiselt. Tavaliselt kasutatakse õlleraba peamiselt loomakasvatustes.

Õlleraba lisamine piimalehmade söödale suurendab piimatoodangut. Lamba söödaratsiooni rikastamine õllerabaga suurendab loomade kehakaalu juurdekasvu ning liha rasvasisaldus langeb. Peale suurte loomade söödale lisamise saab õlleraba kasutada ka kodulindude ja kalade söötmiseks. Lindude puhul suurendab õlleraba kasutamine söödana olulisel määral munatootmist, ning kalade ratsioonis kiirendab nende kasvu.

Tänu õlleraba headele omadustele võib seda kasutada ka toidu tootmises inimeste jaoks. Õllerabal on väga kõrge toiteväärtus, kiudaine-, valgu-, ja rasvasisaldus. Õlleraba sisaldab rohkesti mineraalseid komponente, E- ja B-rühmade vitamiine. Keemiline koostis sõltub aga sellest, milliseid linnaseid konkreetses õllepruulimiskohas kasutati. Õllerabas võib olla odra-, nisu-, kaeralinnaste jääkmaterjale ning ka muid linnastamata toorainete kasutatud materjale. Ent õlleraba koostist ei mõjuta mitte ainult tooraine tüüp, vaid ka linnaste tootmise meetod ning edasine säilitusviis.

Õlleraba lisatakse pannkookidele, täisteraleibadele, küpsistele ja suupistetele. Õlleraba lisamine pagaritoodetesse parandab nende tekstuuri ja välimust ning suurendab valgusisaldust. Lisaks saab õlleraba kasutada ka lihatoodete tootmisel. Õlleraba lisamine hakklihale suurendab selle veesidumisvõimet ning parandab tekstuuri.

Vähesel määral kasutatakse kuivatatud õlleraba energiatootmiseks või ehitusmaterjalide komponendina.

Käesoleva bakalaureusetöö põhieesmärgiks oli uurida ühe kohaliku ettevõtte õlleraba keemilist koostist, viia läbi keemiline analüüs ning võrrelda saadud andmeid teiste uuringute andmetega.

Keemiliste analüüsi käigus võeti õlleraba proovid kohalikust õlletehasest, kokku 10 proovi. Analüüsiti õlleraba niiskusesisaldust (nii toor- kui ka kuivatatud õlleraba puhul) ning keemilist koostist. Analüüsi käigus leiti, et keemilise koostise näitajaid mõjutavad õllerabas leiduvad komponendid. Proovides, mis sisaldasid nisu, oli kõige suurem valgusisaldus ning proovid, mis sisaldasid kaera, olid kõrge rasvasisaldusega. Samuti näitasid uuringud, et

mõnede ainete sisaldust mõjutab valitud meskimise režiim. Näiteks sisaldasid pärast tumedaks õlleks meskimist saadud proovid kõige rohkem suhkrut.

Bakalaureusetöö teostamisel tekkinud mõtted teema edasiuurimiseks:

- Õlleraba mikrobioloogiline uurimine inimtoiduks kasutamiseks.
- Õlleraba kasutamine pagari- ja liha-toodetes, snäkkides, ja müsliides.
- Õlleraba säilitamisvõimaluste uurimine

## KASUTATUD KIRJANDUS

- Bokulich N. A., Bamforth, C. W.** (2013). The Microbiology of Malting and Brewing | Microbiology and Molecular Biology Reviews.
- Biel, W Bobko, K., Maciorowski, R.** (2009). Chemical composition and nutritive value of husked and naked oats grain. *Journal of Cereal Science*, 49, 413–418.
- Campbell, S. L.** (2017). The continuous brewing of beer. VI-Food-A-Beer:1–8.
- Carreira R. L., Silva M. R., Starling A. L., Aguiar M., Januario J., Silvestre M.** (2008). Association of Two Enzymes for Obtaining Low Phenylalanine Protein Hydrolysates from Wheat Flour. *International Journal of Food Engineering*, 4 (7), 1–9.
- De Keukeleire, D.** (2000). Fundamentals of beer and hop chemistry. *Química Nova*, 23(1), 108– 112.
- Ejiofor J, Beleya E.A, Gbarasogo M.N.** (2016) Preparation and Evaluation of Granola – a Breakfast Cereal, Sustituted with Maize (Zea May) and Coconut (Cocos Nucifera) *Blend International Journal of Nutrition and Food Sciences* Volume 5, Issue 1, 47–52.
- Essien J, Udotong, I.** (2010). Amino Acid Profile of Biodegraded Brewers Spent Grains (BSG). *Journal of Applied Sciences and Environmental Management* (ISSN: 1119–8362) Vol 12 Num 1, 12.
- Fărcaș, A.** (2014). Brewers’ spent grain—A new potential ingredient for functional foods. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 20, 137–141.
- Graham S** (2002). Articles—Brewing: The evolution of a tradition into a technology.
- Hassona, H. Z.** (1993). High fibre bread containing brewer’s spent grains and its effect on lipid metabolism in rats. *Die Nahrung*, 37(6), 576–582.
- Ikram, S Huang, L Zhang, H Wang, J., Yin, M.** (2017). Composition and Nutrient Value Proposition of Brewers Spent Grain. *Journal of Food Science*, 82(10), 2232–2242.
- Ishiwaki, N Murayama, H Awayama, H Kanauchi, O ., Sato, T.** (2000). Development of high value uses of spent grain by fractionation technology. *MBAA Technical Quarterly*, 37, 261–265.
- Kunze, W.**(2010) *Technology Brewing and Malting*, 4<sup>th</sup> edition, VBL Berlin, Saksamaa.

- Lynch, K Steffen, E ., Arendt, E.** (2016). Brewers' spent grain: A review with an emphasis on food and health. *Journal of the Institute of Brewing*, 122.
- Miller, K.** (2007). Chemical and sensory characterization of oat bran from experimental oat lines with varying amounts of total beta-glucan. Retrospective Theses and Dissertations.
- Miranda, M.Z., Grossmann, M.V.E., Nabeshima, E.H.,** (1994). Utilization of brewers' spent grain for the production of snacks with fiber. *Physicochemical characteristics. Brazilian Archives of Biology and Technology* 37, 483–493.
- Mussatto, S. I Dragone, G., Roberto, I. C.**(2006). Brewers spent grain: Generation, characteristics and potential applications. *Journal of Cereal Science*, 43(1), 1–14.
- Mustafa, M. A.–M.** (2016) Assessment of Proximate Chemical Composition and Nutritional Status of Wheat Biscuits Fortified with Oat Powder.
- Poikalainen V.** (2017). Toiduainete tehnoloogia kõrgkooliõpik. Koostaja V.Tatar., 519-524.
- Rachwał, K Waśko, A Gustaw, K., Polak–Berecka, M.** (2020). Utilization of brewery wastes in food industry. *PeerJ*, 8.
- Reinold, M.R.** (1997). *Practical Brewery Handbook*. 1.ed. São Paulo: Aden.
- Russ, W Mörtel, H., Meyer–Pittroff, R.** (2005). Application of spent grains to increase porosity in bricks. *Construction and Building Materials*, 19, 117–126.
- Salihu, Aliyu., Bala, Muntari.** (2011). Brewer's spent grain: A review of its potentials and applications. *African Journal of Biotechnology*. 10. 324-331.
- Santos, M Jiménez, J Bartolomé, B Gómez–Cordovés, C , Nozal, M.** (2003). Variability of Brewers spent grain within a brewery. *Food Chemistry*, 80, 17–21.
- Sousa, S. C. L Silva, J. P Ramos, A & Simoes, R.** (2007). Pulping and papermaking potential of brewery spent grain. *Cellulose Chemistry and Technology*, 41, 183–191.
- Shih Y–T Wang W Hasenbeck A Stone D, Zhao Y.** (2020). Investigation of physicochemical, nutritional, and sensory qualities of muffins incorporated with dried brewer's spent grain flours as a source of dietary fiber and protein
- Sánchez, H. C.** (2017). The mathematics of brewing. [e-ajakiri] <https://chalkdustmagazine.com/blog/the-mathematics-of-brewing/> (11.05.2021)
- Townsley,P.M.** (1979). Preparation of commercial products from brewer's waste grain and trub [Protein flours]. Technical Quarterly Master Brewers Association of America.
- Türk, K–T.** (2001). Keemilised ja füüsikalised analüüsi meetodid. – Piimanduse käsiraamat, Tartu, lk 497; 498; 514.

- Öztürk, S Özboy, Ö Cavidoğlu, İ & Köksel, H.** (2002). Effects of Brewer's Spent Grain on the Quality and Dietary Fibre Content of Cookies. *Journal of the Institute of Brewing*, 108(1), 23–27.
- Андреева Р.А., Сергеевич З.И.** (2013). Разработка технологии мясных рубленых полуфабрикатов с повышенной пищевой ценностью. *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии*, 1(1), 9–14.
- Антипова Л. В., Глотова И.А., Рогов И.А.** (2001). Методы исследования мяса и мясных продуктов., Москва: КОЛОС. 576 стр
- Блинков С.Д., Букин Я.Б., Неимотин М.М** (2007). Способ переработки растительного сырья для получения пентозных гидролизатов, содержащих, преимущественно, ксилозу.
- Волотка Ф.Б.** (2011). Использование пивной дробины в технологии формованных рыбных изделий. *Пищевая промышленность*, 4, 58–59.
- Волотка Ф.Б., Богданов В.Д.** (2013). Технологическая и химическая характеристика пивной дробины. *Известия Дальневосточного федерального университета. Экономика и управление*, 1 (65), 114–124.
- Гарбуз С. А.** (2014) Технология производства пива // *Наука, техника и образование*. №6 (6).
- Житков В.В., Федоренко В.Н., Яблоков А.Е., Мачнев А.В.** (2020). Пивная Дробина Как Источник Альтернативной Энергии. 34–41.
- Казмирова Е.А., Лютова Е.В.** (2016). Технология хлебобулочных изделий, обогащенных компонентами пивной дробины. *Вестник молодежной науки*, 4 (6), 8.
- Колмогорова Е.А., Колмогоров Д.А., Иванова О.В.** (2014). Использование пивной дробины в кормлении лактирующих коров. *Сельскохозяйственный журнал*, 2 (7), 123-126.
- Нарцисс, Л.** (2007). Краткий курс пивоварения, изд.-во «Профессия», Спб.
- Плиева З. А.** (2015). Биоконверсия пивной дробины с использованием разных видов дрожжей. 21-25.
- Пономарёв В.Я., Юнусов В.Ш., Ежкова В.О., Тюрина Т.А.** (2014). Практические аспекты использования нативной пивной дробины при производстве мясопродуктов. *Вестник Казанского технологического университета*, 17(18), 177–179.

- Руденко Е.Я.** (2007). Нетрадиционные способы использования отходов пивоварения. Актуальные проблемы современной науки, 5.
- Русичь А.А., Зубков И.С.** (2014). Разработка технологии мясных рубленых полуфабрикатов с повышенной пищевой ценностью.
- Сницарь, А.И.** (2004). Обоснование работы и экономической эффективности линии производства муки из пивной дробины. *Вестн. «Аромарос-М»*. - № 1 -С.23–29.

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

Mina, Tatjana Belskihh,  
(sünnipäev pp/kuu/aa 08.10.1998)

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö Õlleraba koostise uurimine ühe eesti väike ettevõtte näitel, mille juhendaja on Anna Pisponen,
  - 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, 24.05.2021

---

**Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Luban lõputöö kaitsmisele.

Anna Pisponen  
(juhendaja nimi ja allkiri)

24.05.2021  
(kuupäev)