www.emu.ee

Eesti Maaülikool

Estonian University of Life Sciences

Veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituut

Institute of Veterinary Medicine and Animal Sciences

KADRI ZIRNASK

Maisisilo lüpsilehmade ratsioonis

MAGISTRITÖÖ

Juhendajad: teadur Andres Olt

emeriitprofessor Olav Kärt

Tartu, 2014

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen töö koostanud iseseisvalt. Kõik kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

.....

Kadri Zirnask

Kaitsmisele lubatud.....(kuupäev)

Juhendajad...../teadur MSc A. Olt

...../emeriitprofessor dr. (pm) O. Kärt

Retsensent...../dotsent dr.(pm) H. Kiiman

Magistritöö avalik kaitsmine toimub 06.06.2014 kell 9.00 Kreutzwaldi 62 ruumis A209.

Sisukord

Sissejuhatus.....5

1. Ülevaade kirjandusest.....6

1.1. Ajalooline ülevaade.....6
1.2. Maisi ja maisisilo toiteväärtus ning seda mõjutavad tegurid.....7
1.3. Maisisilo *vs* rohusilo – keemiline koostis ja toiteväärtus.....12
1.4. Mais lüpsilehmade söödaratsioonis, võimalused ja piirangud.....13
2. Omad uuringud.....16
2.1. Materjal ja metoodika.....16
2.1.1. Uurimismaterjal.....16
2.1.2. Keemilise koostise määramise metoodikad.....16
2.1.3. *In sacco* katse metoodika.....17
2.1.4. Statistilise analüüsi meetodid.....18

2.2. Katsetulemused.....19

2.2.1. Maisisilo keemiline koostis.....19

2.2.2. Maisisilo kuivaine- ja tärklisesisalduse vaheline seos.....20

2.2.3. Maisisilo kuivaine- ja energiasisalduse vaheline seos.....21

2.2.4. Kasvuperioodi efektiivsete temperatuuride summa mõju maisisilo keemilisele koostisele.....22

2.2.5. In sacco katsete tulemused.....24

2.2.6. Maisisilo kuivaine lõhustuvus *in sacco* sõltuvalt kasvuperioodi efektiivsete temperatuuride summast.....27

2.2.7. Maisisilo NDF lõhustuvus *in sacco* sõltuvalt kasvuperioodi efektiivsete temperatuuride summast.....28

2.2.8. Maisisilo ADF lõhustuvus *in sacco* sõltuvalt kasvuperioodi efektiivsete temperatuuride summast.....30

2.3. Katsetulemuste arutelu.....31

2.3.1. Koristusaegse vegetatsioonistaadiumi mõju maisisilo keemilisele koostisele, toiteväärtusele ja lehmade produktiivsusele.....31

2.3.2. Sordi mõju maisisilo keemilisele koostisele, toiteväärtusele ja lehmade produktiivsusele.....34

2.3.3. Maisisilo seeduvust ja hüdrolüüsi kineetikat mõjutavad tegurid.....35

3. Kokkuvõte ja järeldused.....37

Summary.....39

Kasutatud kirjandus.....41

Curriculum Vitae.....44

Tänuavaldus.....46

Sissejuhatus

Maisi kasvatati juba nõukogude ajal, kuid üsnagi ebaõnnestunult. Toona kättesaadavad sordid polnud piisavalt külmakindlad ja nõudsid väga pikka kasvuaega. Suurtootmise kadumisega lõppes maisi kasvatamine 1990. aastate keskpaigaks pea täielikult.

Seitsme-kaheksa aasta eest jõudsid Eestisse uuemad söödamaisi sordid, mis taluvad paremini külma ning mille tõlvikud jõuavad ka põhjamaises kliimas piimküpseks saada. Nüüdseks on maisikasvatus Eestis taas hoo sisse saanud ja sellega tegelevad paljud suuremad piimakarjapidajad.

Enamuse loomakasvatajate sõnul väheneb kevadeti maisisilo otsa saamise korral loomade piimatoodang märgatavalt. See näitab, et maisisilo on vajalik nii loomadele kui ka ettevõtte kasumile.

Tavaarusaama kohaselt peetakse maisikasvatust aga üsna kulukaks. Kalliks teeb selle eelkõige seemne hind, mis on teravilja hinnast kõrgem. Samuti see, et maisi peab külvama täppiskülvikuga ning koristama spetsiaalse maisiheedriga varustatud liikurniidukiga. Lisaks tuleb kõrs ja terad kindlasti muljuda. Selline tehnika on kallis, aga ka maisikülvi ja -koristusteenuse eest küsitakse kõrget hinda. Ometi on maisikasvatajad välja arvestanud, et kokkuvõttes pole maisikasvatus sugugi nii kulukas. Sama koguse rohusilo saamiseks tuleb teha kolm-neli niidet ja põldu vahepeal väetada, mistõttu kütuse kulu läheb suuremaks, kui lasta korra teenusena maisisilo valmis teha. Mais vajab ka vähem väetist, kuna see kultuur kasutab hästi ära läga.

Käesolevas magistritöös uuriti 2012. aastal kasvatatud ja sileeritud erinevate maisisilo partiide keemilist koostis ja toiteväärtust. Eesmärgiks oli leida korrelatiivseid seoseid maisisilo keemilise koostise ja kasvuaegse efektiivsete temperatuuride summa vahel. *In sacco* katsetega püüti selgitada tärklise, proteiini, NDF ja ADF hüdrolüüsi ulatust vatsas, olenevalt maisisilo kuivainesisaldusest ja kasvuaegsest efektiivsete temperatuuride summast.

1. Ülevaade kirjandusest

1.1. Ajalooline ülevaade

Lääne tsivilisatsiooni jaoks avastati mais 1492. aastal kui Columbusega kaasas olnud mehed leidsid selle teravilja Kuubalt. Ameerika põlisteraviljana eksporditi see Euroopasse, samal ajal kui Euroopast imporditi teisi teravilju Ameerikasse.

Maisi Euroopasse jõudmise aja kohta on mitmeid arvamusi. Kuigi üldlevinud seisukoha järgi toodi mais Hispaaniasse Columbuse esimese Ameeri reisi ajal Kuubalt, on osa teadlasi seisukohal, et see jõudis Hispaaniasse Columbuse teiselt Ameerika reisilt naasmisega.

Algselt kasvatati maisi Euroopas ainult aiataimena, kuid varsti selgus taime väärtus ka toiduviljana. Mõne aastaga levis mais Prantsusmaale, Itaaliasse, Kagu-Euroopasse ning Põhja-Aafrikasse.1575. aastaks oli mais jõudnud ka Lääne-Hiinasse.

Mitmete arheoloogilste ja teaduslike uuringute põhjal on leitud, et mais on tõenäoliselt üks enim „kodustatud“ teravilju. Selle sajanditepikkune säilimine on täielikult sõltunud inimesest ja ilma inimese abita ei oleks maisi loodusliku taimena tänaseks olemas (Gibson jt, 2002).

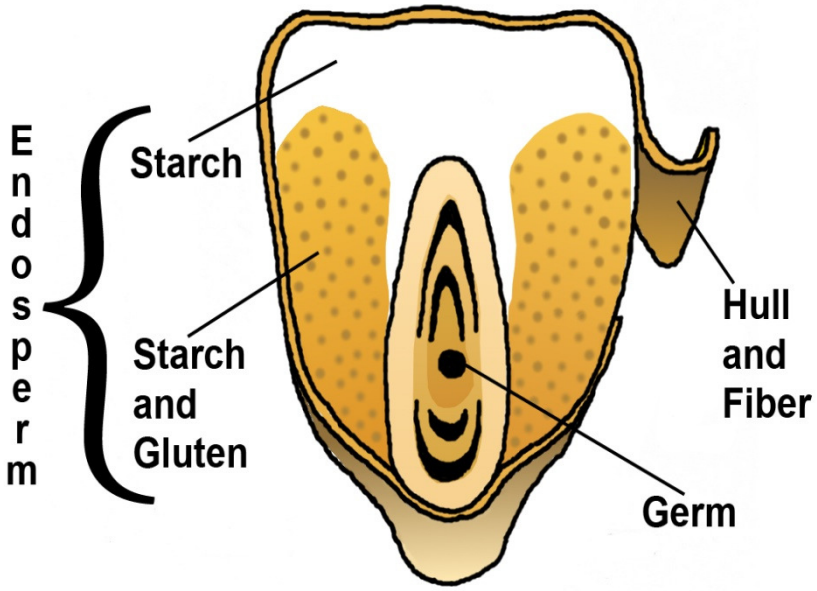
Esimesed märked maisi sileerimise kohta pärinevad 1861. aastast, kui hr. Reihlen Stuttgartist katsetas, sarnaselt suhrkupeedile, maisi sileerimist. See kõik sai alguse sellest, et püüti vältida nii suhkrupeedi- kui maisilehtede ja varte raisku minemist. Katse tulemused olid head ja juba 1870. aastal prooviti sama Normandias C. Roederer'i poolt. Lisaks sellele püüti maisi sileerida ka hekseldatud põhu ning kaeraga. Samal ajal proovis M. Moreul teha maisisilo hekseldamata maisist, kasutades kindlustuslisandina soola (Brassley, 1996).

1877. aastal kirjutas prantsuse farmer August Goffart raamatu „Maisi ja teiste roheliste põllukultuuride sileerimise käsiraamat“, mis oli esimene siloteemaline raamat. Goffartit on nimetatud ka „kaasaegse silo isaks“. Raamat ilmus peale Euroopa ka Ameerikas. Alates selle raamatu ilmumisest levis silo tegemine üle kogu Euroopa, tehti erinevaid katsetusi. Samuti hakkas ilmuma palju erinevaid siloteemalisi kirjutisi. 1890. aastatel sai silost populaarne loomasööt piimakarja kasvatajate seas (Brassley, 1996).

1.2. Maisi ja maisisilo toiteväärtus ning seda mõjutavad tegurid

Maisitera on tuntud tärklise erilise struktuuri ja seeduvuse poolest mäletsejalistel. Maisi tärklis seedub eesmagudes teistes teraviljades olevast tärklisest oluliselt vähem. Ainevahetuse seisukohalt võib see olla mäletsejalistele kasulik, kui maisijahu osatähtsus ratsioonis pole suur, või kahjulik, kui maisijahu on mäletsejaliste ratsioonis valdav teravili. Riikides, kus mais on põhiline teravili veiste söödaratsioonides, on see tekitanud uue tööstusharu, mis püüab parandada maisitärklise seeduvust eesmagudes ja energia kättesaadavust vatsa mikroorganismidele. Erinevate tehnoloogiate (auruga töötlemine ja helvestamine, küpsetamine jms) kasutamise abil suurendatakse maisitärklise seeduvust vatsas, mikroorganismidele kättesaadava energia hulka ja koos sellega mikroobse proteiini sünteesi (Huntington, 1997).

Põhjus, miks maisitärklis vatsas hüdrolüüsub vaid osaliselt, peitub maisitera botaanilises ehituses (joonis 1). Maisiteras olev tärklis on seotud erilise proteiini (nimetatakse ka gluteeniks) – prolamiiniga, mille sisaldus maisiteras kasvab koos vegetatsioonistaadiumi arenemisega. Prolamiin on proteiin, mis ei lahustu vees ja lahustub vaid osaliselt vatsavedelikus, seal olevate hapete tõttu. Seestõttu pääsevad seedeensüümid (ka mikrobiaalsed) tärklist lõhustama vaid osaliselt. Selleks, et maisis olev tärklis oleks loomade poolt omastatav, jahvatatakse see võimalikult peeneks või kasutatakse maisitera töötlemisel eelpool nimetatud tehnoloogiaid, mis on vatsaseede seisukohalt efektiivsemad kui jahvatamine. Prolamiiniga seotud tärklist nimetatakse maisiteras klaasjaks endospermiks. Prolamiiniga mitteseotud tärklise fraktsiooni nimetatakse jahuseks endospermiks. Nende omavaheline suhe sõltub vegetatsioonistaadiumist - mida küpsem on maisitera, seda suurem on klaasja endospermi osatähtsus teras.



Joonis 1. Maisitera läbilõige (Endosperm – endosperm; Starch – tärklis; Starch and Gluten – tärklis ja gluteen; Hull and Fiber – maisitera kest ja kiud; Germ – idu)**.**

Prolamiin on üks paljudest proteiinide rühma kuuluvatest proteiinidest, kuhu kuuluvad ka sellised proteiinid, millised lahustuvad etanoolis ja vees (Larson jt, 2008).

Peamist maisis olevat proteiini - prolamiini nimetatakse zein'iks, mis madala lüsiini ja trüptofaani taseme tõttu on loomade söötmise seisukohalt madala kvaliteediga. Zein'i proteiine nimetatakse ka varuproteiinideks. Peale selle, et zein lahustub vatsavedelikus väga halvasti, ta ka seedub peensooles halvasti.

Maisiteras ja -silos on kõige tähtsamaks toitaineks tärklis. Tärklise graanulid paiknevad tugevalt zein'i maatriksite keskel. Selleks, et maisi oleks lihtsam ja kasulikum loomasöödana kasutada ongi vaja kasvatada sorte, milles on nimetatud proteiine vähem või maisi vastavalt töödelda, et lõhkuda zein'i maatriks (Sniffen jt, 2011).

Nagu eelpool nimetatud, suureneb maisitera küpsemisel zein'i proteiini osatähtsus, mille tulemusel muutuvad tärklise graanulid vatsamikroobidele üha vähem kättesaadavamaks (Lopes jt, 2009). Happelises keskkonnas (nt maisisilo sileerumise käigus) zein lahustub ja tärklis muutub kättesaadavaks. Kui aga maisisilo kuivainesisaldus tõuseb üle 30%, hakkab zeini lahustuvus silos ja tärklise hüdrolüüs vatsas vähenema, kuna väheneb nii fermentatsiooni intensiivsus kui tekkivate hapete hulk silos.

Maisiteras oleva proteiini lahustuvuse kaudu tehakse kindlaks zein'i sisaldus kogu proteiinist. Mida enam on maisitera proteiinis zein'i, seda vähem on maisi proteiin lõhustuv ja seeduv, seda raskemini on hüdrolüüsitav ka zein'iga kompleksis olev tärklis.

Maisi sordiaretus on väga intensiivne, aretatud on palju hübriidsorte, millede zein'i sisaldus varieerub suurtes piirides (Sniffen jt, 2011).

Tabelis 1 on esitatud maisisortide klassifikatsioon prolamiini sisalduse alusel prolamiini-tärklise kompleksis. Nagu selgub toodud andmetest, võib erinevates maisisortides prolamiini sisaldus prolamiini-tärklise kompleksis erineda enam kui viis korda.

Tabel 1. Maisisortide klassifikatsioon prolamiinisisalduse alusel (Hoffman, Shaver, 2009).

Prolamiin, % tärklisest	**Klassifikatsioon**
> 10,0	Äärmiselt kõrge
10,0	
9,0	Väga kõrge
8,0	
7,0	Kõrge
6,0	
5,0	Keskmine
4,0	
3,0	Madal
2,0	
< 2,0	Väga madal

Maisitärklise seeduvus võib olla väga varieeruv. Peale tera zeinisisalduse mõjutavad tärklise seedet piimalehmade vatsas mitmed tegurid, nagu maisisilo heksli pikkus ja niiskusesisaldus, maisi terade töötlemine, endospermi tüüp, küpsusaste koristamisel, muljuri kasutamine jne. Samuti mõjutavad tärklise seedet maisi sort ja silo sileerumise aeg.

Kvaliteetse maisisilo valmistamiseks on vajalik õige niiskusesisaldusega maisi koristamine, kiire silohoidla täitmine ning silo korralik tallamine.

Siloks kasutatav mais tuleks koristada optimaalse niiskusesisalduse juures. Kui see on liiga märg, siis võib silohoidlas tekkida soovimatu käärimine ning esineb suur toitainekadude oht. Liiga kuiva maisi sileerimisel on seda raske tallata, silomassi vahele jääb hapnik mistõttu silo võib kergemini rikneda ning see põhjustab ulatuslikku toitainete kadu . Optimaalne niiskuse sisaldus silo valmistamisel võiks olla 65-70% (30-35% kuivainet) (Kilmer jt, 2011).

Traditsiooniliselt koristatakse maisitaimi mullapinnast ca 15 cm kõrguselt. Kõrgemalt lõikamine vähendab küll saagikust, kuid saadud silo toitaineline väärtus on suurem, kuna enam seedumatut kiudu (nt. ligniin) jääb põllule. Üldiselt mõjutab maisi koristuse kõrgus lehmade produktiivsust üsna minimaalselt, suurendades seda 2-4% (Kilmer, 2011).

Maisi heksli pikkuseks soovitatakse jätta ilma muljurita hekseldiga koristamisel ~ 1 cm. Muljuri kasutamise eesmärgiks on maisitera rullimine või purustamine, et tärklis oleks paremini kättesaadav vatsamikroobidele. Maisi, mille niiskusesisaldus on suurem kui 68% või kuivaine sisaldus kuni 32%, ei soovitata muljuriga töödelda (Kilmer jt, 2011).

Silohoidla täitmisel on tähtis ka tallamine, mille efektiivsus sõltub silomaterjali kuivainesisalduset. Mida väiksem on tallatava materjali tihedus, seda suurem on kuivaine kadu sileerumise ajal. Tallamise juures on olulised traktori mass, erisurve ning tallamise aeg, kuna kõik need tegurid mõjutavad silo lõplikku tihedust. Tallates 15 cm paksust kihti on tulemus parem kui näiteks poole paksema kihi tallamisel.

Silo kindlustuslisandil on oluline roll kvaliteetse silo valmistamisel. Näiteks vähese terade sisaldusega, põuastressis kasvanud mais sisaldab tavalisest rohkem suhkruid ning soovitust vähem tärklist (isegi peale käärimisprotsessi lõppemist). Silos olevad suhkrud (nimetatakse ka jääksuhkruteks) toetavad riknemist põhjustavate mikroorganismide kasvu, põhjustades silohoidla avatud osas silo temperatuuri tõusu ja lühendades silo säilivust. Silokindlustuslisandid parandavad silo käärimist, aitavad langetada pH-d ning pärsivad pärm- ja hallitusseente kasvu (Kilmer jt, 2011).

Kvaliteetne maisisilo saadakse siis, kui käärimise käigus on ülekaalus piimhappebakterid. Piimhape on fermentatsiooni jaoks kõige efektiivsem hape, kuna langetab silo pH-d kõige kiiremini. Õige sileerumise tingimustes käärib maisisilo tavaliselt kiiresti ja juba esimesel sileerumise nädalal saavutab stabiilsuse pH 4 juures.

Fermentatsiooni käigus langeb silo pH aga sellest veelgi madalamale (Lauer, 2014.). Oluline on aga kogu sileerumise aeg. Mida suurem on silo kuivaine- ja tärklisesisaldus, seda kauem peaks silo enne söötmist aktiivse fermentatsiooni järgselt hapetes laagerduma. Seega vajab just maisitera pikemat hoidlas hoiustamise aega, mis muudab tera happelises keskkonnas pehmemaks ja tagab parema tärklise kättesaadavuse tera seest.

Maisisilo kvaliteeti määratakse nii energiasisalduse kui söömuse potentsiaali, aga ka proteiini ja mineraalelementide sisalduse järgi. Silo kvaliteeti hinnatakse selle keemilise koostise ja toiteväärtuse alusel, kuid sellest olulisemaks tuleb siiski pidada silo fermentatsiooninäitajaid. Kui ratsioonides on võimalik silo madalat toiteväärtust mõnevõrra kompenseerida teiste söötade lülitamisega ratsiooni, siis halvasti fermenteerunud silo võib osutuda sageli toksiliseks. Tasakaalustatud söödaratsiooni koostamise eelduseks on silo igakülgne analüüs ja saadud tulemuste arvestamine söötmisel. Proovid tuleb võtta ja analüüsideks ette valmistada väga korralikult. Et vähendada riknemise ohtu, tuleb hermeetiliselt suletud kilekotis olevad siloproovid laborisse toimetada võimalikult kiiresti (Lauer, 2014).

Tabel 2. Hea ja halva maisisilo keemiline koostis ja toiteväärtus EMÜ sööda ja ainevahetuse uurimise laboratooriumis analüüsitud siloproovide näitel.

Näitajad	**Hea silo**	**Halb silo**
Kuivaine, %	26,6	17,9
Kuivaines:		
Toorproteiin, %	7,9	10,8
Toortuhk, %	4,1	6,4
Toorkiud, %	22,0	30,5
Toorrasv, %	3,2	3,4
Tärklis, %	43,3	21,9
Metaboliseeruv energia, MJ/kg	10,8	10,0

Tabelis 2 on näitena toodud, et hea ja halva maisisilo kõikide näitajate vahel on erinevused. Heas silos on kõrgem kuivainesisaldus, rohkem tärklist ja metaboliseeruvat energiat ning vähem toorkiudu. Halb silo on seevastu oluliselt märjem (kuivainesisaldus 17,9%) ja sisaldab rohkem toorkiudu. Samuti on sellise silo tärklisesisaldus väike ja energiasisaldus pole hea rohusilo energiasisaldusest suurem.

1.3. Maisisilo vs rohusilo keemiline koostis ja toiteväärtus

Maisi- ja rohusilo kasutatakse enamasti kõrgetoodanguliste lehmade ratsioonides teineteise täiendamiseks. Kui kvaliteetne rohusilo on küllaltki proteiinirikas, siis maisisilos on proteiini-sisaldus madal. Seevastu on maisisilos arvestatavas koguses nn. vatsast mööduvat tärklist, millest osa seedub vatsas, osa peensooles.

Samuti on maisisilo väga energiarikas. Selle kõrge energiakontsentratsioon on seletatav tervikkoristatud maisi (koos tõlvikutega) suure mittestruktuursete süsivesikute (eeskätt tärklis) sisaldusega (Kaasik, 2005).

Tabelis 3 on näitena toodud maisi- ja rohusilo keemilise koostise ja toitainete sisalduse võrdlus.

Tabel 3. Maisi- ja rohusilo keemiline koostis ja toiteväärtus EMÜ sööda ja ainevahetuse uurimise laboratooriumis analüüsitud siloproovide näitel.

Näitajad	Maisisilo	Rohusilo (kõrrelised loomise lõpul)	Rohusilo (75% ristikut, õiepungade moodustumisel)
Kuivaine, %	26,8	30,8	27,6
Kuivaines:			
Toorproteiin, %	8,1	15,9	17,0
Toorkiud, %	22,5	24,5	24,6
NDF, %	47,4	51,0	44,5
ADF, %	29,3	31,0	30,7
Tärklis, %	39,6		
Metaboliseeruv energia, MJ/kg	10,9	9,5	9,4

Üheks maisisilo viljelemise eeliseks võrreldes rohusiloga peetakse seda, et maisisilo tootmisel on tööjõu kulu väiksem. Maisisiloga võrreldava rohusilo saagi kogumiseks peab tegema rohumaalt 3-4 niidet ajal, mil maisisilo koristatakse ühe operatsiooniga.

Fermenteerunud maisisilo peaks enne söötmist hoiustama kauem kui rohusilo, kuna mais vajab pikemat aega happelises keskkonnas, et paraneks tärklise kättesaadavus terast. On uuritud, et maksimaalne tärklise seeduvus saavutatakse umbes 7 kuud peale

silomaisi koristamist. Märkimisväärselt madalam on tärklise seeduvus 2-3 kuud peale maisi koristust (Sniffen jt, 2011).

1.4. Mais lüpsilehmade söödaratsioonis, võimalused ja piirangud

Hea maisisilo on suurepäraseks söödaks kõrgetoodangulistele lehmadele, kuna selle energiasisaldus on suur. See võimaldab vähendada teravilja osakaalu ratsioonis. Mitte alati pole aga osatud hinnata lehmade söötmisel maisisilo suurt energiasisaldust.

Aastaid keskenduti loomasöödaks kasutatava sööda saagikusele ja silo tonnidele, mida koguti pindala ühikult. Söötade toitainete sisaldusele ja toiteväärtusele erilist tähelepanu ei pööratud.

Allen (2008) Michigani osariigist hakkas esimesena rääkima kiu seede olulisusest maisisilos. Samuti ei tuntud varem huvi tärklise tähtsuse üle maisisilos, kuna selle uurimiseks puudusid sobivad meetodid. Pennsylvania Ülikooli katsete põhjal soovitati võtta lehmade väljaheidete proove ja kasutada ligniini markerina, et hinnata toitainete, sh ka tärklise seeduvust kogu seedetrakti ulatuses (Sniffen jt, 2011).

Aastaid tagasi töötas Allen (Sniffen jt, 2011) välja nn 7-tunnise *in vitro* analüüsi meetodi tärklise seeduvuse määramiseks maisisilost.

Allen (Sniffen jt, 2011) on välja töötanud oma analüüsimeetodi põhjal ka soovitused ratsiooni kogu tärklisesisalduse ja fermenteeruva tärklise sisalduse kohta lehmade söötmisel. Tabelis 4 on toodud autori poolt antud soovitused, mida autor pidas andmete ilmumisel veel esialgseteks.

Tabel 4. Optimaalne tärklisesisaldus lüpsilehmade söödaratsioonis laktatsiooniperioodi eri aegadel (Sniffen, Ward, 2011).

Laktatsiooni-staadium	Tärklise sisaldus ratsioonis, % KA-s	Tärklise hüdrolüüs 7 tunni jooksul,%	Fermenteeruva tärklise sisaldus ratsioonis, % KA-s
Kinnisperiood	16-18	80	12,8 - 14,4
Negatiivse energiabilansi periood	25-27	74	18,5 - 20,0
Energia 0-bilansi periood	26-28	83	21,6 - 23,2
Positiivse energiabilansi periood	24-26	78	18,7 - 20,3
Laktatsiooni lõpu-periood	23-25	76	17,5 - 19

Looma söömust kontrollivad ja reguleerivad maks ning soolkanali mahutavus. Üleminekuperioodil vajab lehm vähem vatsast mööduvat tärklist. Kui lehm jõuab laktatsiooni tipp-perioodi, soovitatakse kasutada suures koguses fermenteeruvat tärklist, mis toetab propionaadi tootmist ja vatsamikroobide arengut. Hästi tasakaalustatud ratsiooni puhul vähendab hea vatsatöö atsidoosiohtu. Propionaat, mis on laktoosi tootmiseks väga oluline, avaldab mõju söömust kontrollivatele ja söödaväärindust parandavatele retseptoritele (Allen jt, 2008).

Negatiivses energiabilansis olevatele lehmadele tuleks eriti hoolikalt valida tärkliseallikaid. Maisisilo rikka ratsiooni korral soovitatakse sügisel, kui söödetakse lehmadele maisisilo, mis pole piisavalt kaua fermenteerunud, kasutada ratsioonides maisijahu, helvestatud maisi või võimalusel otra, tritikalet ja nisu (Sniffen jt, 2011).

Maisisilo jaoks on turul palju erinevaid maisi hübriidsorte, millede söödaväärtus ja mõju lehmade produktiivsusele on väga erinevad. Oba ja Allen (1999) korraldasid perioodkatse põhimõttel uuringu Brown Midrib 3 (bm3) -nimelise maisi hübriidsordiga, kasutades 32 holsteini tõugu lehma. Nii katse- kui kontrollgrupis oli 16 looma. 4-nädalase perioodi jooksul söödeti katsegrupile bm3-st valmistatud silo ning kontrollgrupile muud maisisilo (sort teadmata). Järgneval 4-nädalasel perioodil söödad vahetati.

Mõlema ratsiooni kuivaines oli maisisilo 44,6%; lutsernisilo 11,2%; kuiva maisijahu 5,6%; kõrge niiskusesisaldusega maisi 9,1%; sojajahu 19%; puuvilla seemneid 5,6%; vitamiin-mineraalsööda segu 5%. Kokkuvõtlikult on katsetulemused esitatud tabelis 5.

Tabel 5. Erinevatest maisisortidest valmistatud silo söötmise mõju lehmade piimajõudlusele (Oba, Allen, 1999).

Näitajad	**bm3**	**Kontroll**	**Olulisus**
KA söömus, kg/päevas	25,6	23,5	<0,0001
Piimatoodang, kg/päevas	41,7	38,9	<0,0001
Piimarasv, kg/päevas	1,42	1,33	<0,001
Piimavalk, kg/päevas	1,24	1,14	<0,0001
Kehamassi muutus, kg/päevas	0,18	0,08	0,41

Antud katses osutusid tulemused valitud hübriidsordist (bm3) valmistatud silo söötmisel oluliselt paremaks kui kontrollsordist valmistatud silo korral. Katsesordist valmistatud silo kuivainet sõid lehmad 2,1 kg/päevas enam ja lüpsid 2,8 kg/päevas piima enam kui kontrollsilo saanud lehmad. Samuti näitas katse, et suuretoodangulistel lehmadel andis bm3 silo parema tulemuse kui madalatoodangulistel lehmadel.

Olgu lisatud, et selle hübriidsordiga on korraldatud veel teisigi söötmiskatseid, kus tulemused nii suurepärased ei olnud.

Maisi hübriidsort Brown Midrib 3 (bm3) sisaldab võrreldes teiste sortidega vähem ligniini, kuid on selle tõttu ka raskemini kasvatatav (peenem vars, murdub kergemini nt tuule mõjul). Samuti on see sort hinna poolest kallim ning annab 10-15% väiksema saagi kui teised sordid. Bm3 ei ole kindlasti paljude maisikasvatajate jaoks sobiv valik, kuid see annab sordiaretajatele innustust välja arendada vähemalt sama toitainerikas, kuid kasvatustingimustele vastupidavam maisisort, mille hinnatase oleks põllumeestele vastuvõetav (Satter, 2000).

2. Omad uuringud

2.1. Materjal ja metoodika

2.1.1. Uurimismaterjal

Uurimismaterjaliks olid kümnest Eesti eri piirkonnas asuvatest põllumajandusettevõtetest pärinevad maisisilo proovid, mis koguti 2013. aasta jaanuaris-veebruaris, kui kõik maisisilod olid fermenteerunud enam kui kolm kuud. Ettevõtted ja maisisordid koos külvi-, koristusaja ning efektiivsete temperatuuride summadega on ära toodud tabelis 6.

Tabel 6. Ettevõtted ja maisisordid.

Jrk. nr.	Majand/ettevõte	Maisi sort	Külviaeg	Koristuse aeg	Efektiivsete temperatuuride summa
1.	Haage Agro OÜ	Crescendo	13…15. mai	7…8. okt	1391,2
2.	Peri POÜ	Regain	21...25. mai	24...25. okt	1428,3
3.	Kesa Agro OÜ	Ardent, Artist	10. mai	18. okt	1430,1
4.	Karpo OÜ	Ixxes	16. mai	25...26. sept	1304,4
5.	Massiaru POÜ	Vilga	10. mai	4. okt	1405,2
6.	Pae Farmer OÜ	Regain, Crescendo	14...17. mai	18...22. okt	1338,3
7.	Hummuli Agro OÜ	Pavarotti	25. mai	1. nov	1327,1
8.	Vetiku S.T. OÜ	Pavarotti	5. mai	10. okt	1328,5
9.	Tartu Agro AS Vorbuse farm	Crescendo	10…13. mai	12…18. okt	1448,2
10.	Sadala Agro OÜ	Crescendo, Abbot, Artist	9…17. mai	22. okt…2. nov	1290,5

Kõikidest silodest võeti ligikaudu 3 kg suurused proovid, millest määrati silode keemiline koostis, toiteväärtus ning *in sacco* katsetega erinevate toitainete lõhustuvus veise vatsas.

2.1.2. Keemilise koostise määramise metoodikad

Uurimuses kasutatavad söödaproovid analüüsiti EMÜ Veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituudi söötmisosakonna sööda ja ainevahetuse uurimise

laboratooriumis üldtunnustatud metoodikate järgi (AOAC, 2005). Söödaproovidest määrati kuivaine-, toorproteiini-, toortuha-, toorkiu-, toorrasva-, kaltsiumi- ja fosforisisaldus. Silo kuivainesisalduse määramiseks kuivatati eelkuivatatud (60°C 24 h) söödaproov termostaadis 105°C juures 6 tundi konstantse kaaluni. Toorproteiinisisaldus määrati analüsaatoriga FOSS Kjeltec™ 2300 Kjeldahli meeetodil (N x 6,25). Toortuhasisaldus leiti peale proovi 6-tunnist põletamist muhvelahjus temperatuuril 500..550°C. Kaltsium määrati tuhalahusest trilonomeetriliselt ning fosfor kolorimeetriliselt kollase kompleksühendi põhjal. Toorkiusisaldus määrati Fibretec süsteemiga ja toorrasvasisaldus FOSS Soxtec™ 2043 analüsaatoriga .

Võttes aluseks saadud toitainete sisaldused, arvutati söötade metaboliseeruva energia sisaldus.

2.1.3. In sacco katse metoodika

In sacco katse viidi läbi kahe vatsafistuliga varustatud lehmaga vastavalt NorFor (Nordic feed evaluation system) protseduurile (Volden, 2011).

Lõhustuvuse määramiseks jahvatati uuritavad söödaproovid eelnevalt veskis ning kaaluti seejärel polüesterriidest kotikestesse. Kasutatud kotikeste mõõtmed olid 110 x 85 mm, silma suurus 38 µm ning avatud pindala suurus kogupinnast 31%. Igasse kotti kaaluti ca 4 grammi uuritavat sööta, arvestatuna kuivaines.

Lahustuvuse määramiseks leotati kotikesi 20 minutit 39°C vees ning seejärel pesti 45 minutit pesumasinas ilma tsentrifuugita.

Lõhustuvuse määramiseks kinnitati kotikesed spetsiaalse plastikust vooliku e. „kuusekese“ külge, mis oli otsast ühendatud vastupidavast materjalist nööriga, mille küljes oli väike metallist karabiin. Ühe „kuusekese“ küljes oli vastavalt inkubatsiooni ajale 5...6 kotikest. Vahetult enne kotikeste vatsa viimist leotati neid 20 minutit 39°C vees ning peale seda kinnitati need vatsa mineva metallist rõngastega varustatud plastvooliku külge. Vooliku mõlemas otsas oli metallist raskus (200 grammi) ja vastupidavast materjalist 50 cm nöör, et paremini stabiliseerida vatsa viidud proovide asukoht. Nööride otsas olid ka eri värvi plastmassist rõngad, mis võimaldasid kergemini leida lühema inkubatsiooniajaga kotikesi. Vatsas inkubeeritavad kotikesed viidi vatsa ja võeti vatsast erinevatel kellaaegadel (tabel 7).

Tabel 7. Nailonkotikeste inkubeerimise aeg vatsas.

Kellaaeg	Esmaspäev	Teisipäev	Kolmapäev	Neljapäev
8:00	välja 96 h; sisse 72 h	sisse 48 h	sisse 8 h	välja 48 h, 72 h; sisse 96 h
16:00			välja 8 h	

Peale vatsast eemaldamist pandi kotikesed kohe külma vette, et lõppeks mikrobiaalne fermentatsioon. Seejärel loputati kotikesi ettevaatlikult käsitsi külmas vees vatsasisu jääkide eemaldamiseks. Loputatud kotikesed asetati sügavkülmikusse (-22°C), et nende sisu säiliks kõikide kotikeste inkubeerimise lõpuni.

Järgmine etapp oli kotikeste üles sulatamine ja pesumasinas pesemine. Kotikesi hoitu külmas kraanivees senikaua, kuni nende sisu oli ühtlaselt sulanud. Siis asetati kotikesed automaatpesumasinasse ning pesti ja loputati külma veega 45 minutit. Peale pesemist proovid kuivatati 24 tunni jooksul sundventilatsiooniga kuivatuskapis 45°C juures õhkkuivaks ning jahutati 1 tund eksikaatoris. Kuivad ja jahutatud proovid kaaluti ning ühe inkubatsiooniajaga kotikeste sisu segati kokku üheks prooviks. Sellest proovist määrati kuivaine-, toorproteiini-, NDF-i, ADF-i ning tärklisesisaldus. Enne vatsas inkubeerimist kotikestes sisaldunud ja pärast inkubeerimist järele jäänud toitainete vahe kaudu leiti nende lõhustuvus vatsas.

Tulemuste esitamisel ja interpreteerimisel lähtuti kahest toitainete hüdrolüüsi ajast vatsas: 8 tundi kõikide uuritud fraktsioonide puhul ning 96 tundi kuivaine, NDF ja ADF, 72 tundi tärklise ja 48 tundi proteiini puhul. Kui valitud inkubatsiooniaegadest esimene näitab kiiresti lõhustuvate fraktsioonide osatähtsust söödas, siis viimane potentsiaalselt lõhustuva fraktsiooni osatähtsust, mis tuleneb NorFor hindamissüsteemist (Volden, 2011).

2.1.4. Statistilise analüüsi meetodid

Andmete statistiline analüüs teostati tabelarvutussüsteemis MS Excel. Leiti erinevate silo näitajate vahelised seosed statistika funktsioonide Regression ning Correl abil.

2.2. Katsetulemused

2.2.1. Maisisilo keemiline koostis

Katses kasutatud kümne siloproovi keemiline koostis on toodud tabelis 8.

Tabel 8. Uuritud maisisilode keemiline koostis ja toiteväärtus.

Näitajad	**Silo 566**	**Silo 565**	**Silo 535**	**Silo 564**	**Silo 532**	**Silo 428**	**Silo 413**	**Silo 417**	**Silo 324**	**Silo 340**
Kuivaine, %	26,4	17,9	20,2	18,6	26,4	26,8	24,9	26,6	24,2	24,1
Kuivaines:										
Toorproteiin, %	9,1	10,8	9,3	9,6	8,5	8,1	9,4	7,9	10,3	8,4
Toortuhk, %	4,8	6,4	4,2	5,4	5,0	3,6	3,8	4,1	4,2	4,0
Toorkiud, %	20,8	30,5	31,2	31,0	23,0	22,5	21,3	22,0	22,4	25,4
Toorrasv, %	3,2	3,4	3,4	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
Kaltsium, g/kg	3,0	6,2	3,2	3,0	3,2	2,4	4,3	3,0	3,0	1,3
Fosfor, g/kg	3,3	2,8	2,3	2,9	3,2	3,4	2,8	3,3	3,4	2,9
Tärklis, %	25,2	21,9	28,6	31,5	31,4	39,6	31,8	43,3	29,5	24,7
Metaboliseeruv energia, MJ/kg	10,3	10,0	10,1	10,4	10,3	10,9	10,4	10,8	10,5	10,4

Erinevatest põllumajandusettevõtetest kogutud siloproovid olid küllalt erineva keemilise koostisega, mis oli magistritöö eesmärgi püstitamisel ka taotuslik, et leida meid huvitavate näitajate vahelisi seoseid. Uuritavate silode kuivainesisaldused varieerusid 17,9% kuni 26,4%-ni. Proteiinisisaldused varieerusid 7,9% kuni 10,8%-ni, tärklisesisaldused 21,9% kuni 43,3%-ni, toorkiu sisaldus 20,8% kuni 31,0%-ni ja energiasisaldus 10,0 kuni 10,9 MJ/kg kuivaines.

Kõikidest uuritud siloproovidest määrati ka fermentatsiooninäitajad, mis olid silode valimisel ühtedeks peamisteks kriteeriumiteks. Valimisse võeti vaid heade fermentatsiooninäitajatega silod. Kuivõrd antud uurimistöö eesmärgiks polnud selgitada fermentatsiooni mõju söötade keemilisele koostisele ja toiteväärtusele, siis neid lähemalt antud töös ei käsitleta.

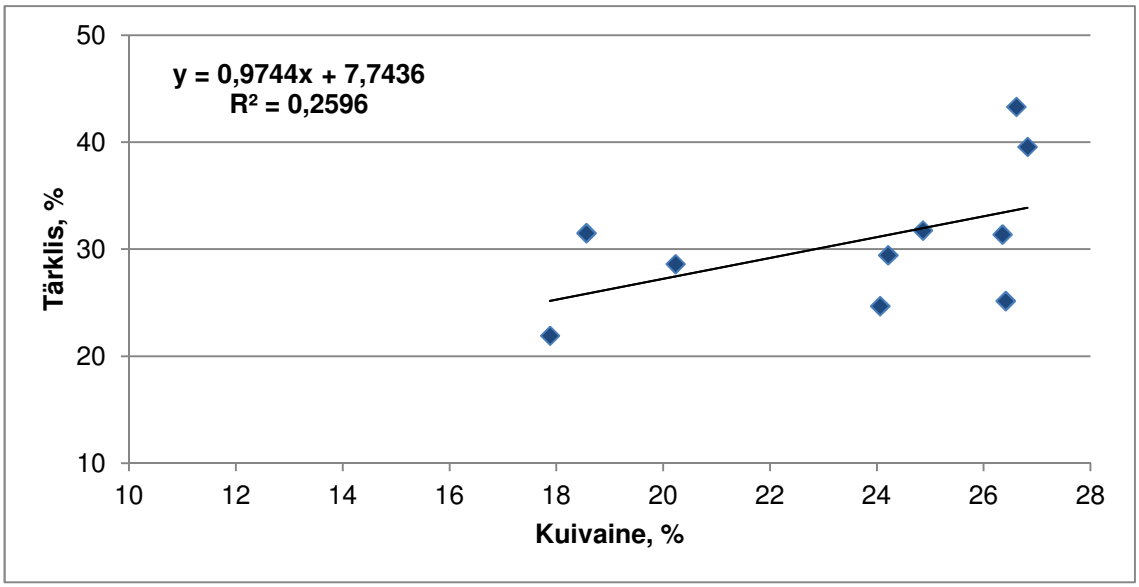
Uuritud silode keemilise koostise, energiasisalduse ja efektiivsete temperatuuride summa vahelised seosed ja erinevuste olulisus on toodud kokkuvõtlikult tabelis 9. Tabelis näitab r andmete vahelist korrelatsiooni ning p andmete vaheliste seoste erinevuste olulisust.

Tabel 9. Uuritud silode keemilise koostise, energiasisalduse ja efektiivsete temperatuuride summa vahelised seosed ja erinevuste olulisus.

	Ef. temp. sum.	**KA, %**	**TP, %**	**Tärklis, %**	**NDF, %**	**ADF, %**	**TK, %**	**ME, MJ/kg**
Ef.temp. sum.	1							
KA, %	r=0,63; p=0,051	1						
TP, %	r= -0,22; p=0,541	r= -0,71; p=0,021	1					
Tärklis, %	r=0,51; p=0,132	r=0,51; p=0,132	r= -0,66; p=0,038	1				
NDF, %	r=0,01; p=0,978	r= -0,01; p=0,978	r=0,15; p=0,679	r= -0,04; p=0,913	1			
ADF, %	r= -0,01; p=0,978	r= -0,01; p=0,978	r=0,16; p=0,659	r= -0,08; p=0,826	r=1,00	1		
TK, %	r= -0,64; p=0,046	r= -0,94; p=0,001	r=0,46; p=0,181	r= -0,39; p=0,265	r= -0,15; p=0,679	r= -0,16; p=0,659	1	
ME, MJ/kg	r=0,46; p=0,181	r=0,66; p=0,038	r= -0,66; p=0,038	r=0,85; p=0,002	r=0,23; p=0,523	r=0,20; p=0,580	r= -0,58; p=0,079	1

2.2.2. Maisisilo kuivaine- ja tärklisesisalduse vaheline seos

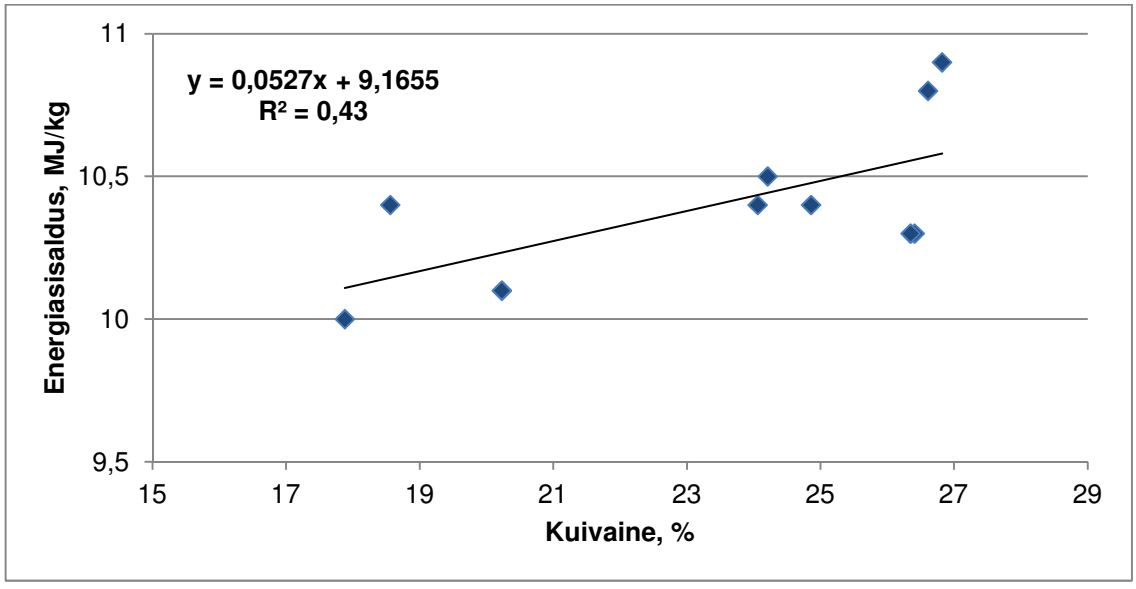
Regressioonianalüüsi tulemusel (joonis 2) leiti, et uuritavate silode kuivainesisalduse ning tärklisesisalduse vahel on seos nõrk (R^2 = 0,26; P = 0,0509). Nõrk omavaheline seos näitab seda, et maisisilo tärklisesisaldust mõjutavad peale kuivainesisalduse veel teised tegurid, mida käsitletakse peatükis 2.3.



Joonis 2. Kuivaine- ja tärklisesisalduse vaheline seos.

2.2.3. Maisisilo kuivaine- ja energiasisalduse vaheline seos

Maisisilo energiasisaldus kuivaines kõikus 10,1-10,9 MJ piires ja oli tihedalt seotud nii maisisilo kuivainesisaldusega (r = 0,66; P = 0,0378) kui maisisilo tärklisesisaldusega (r = 0,85; P = 0,0018). Maisisilo kuivaine ja energiasisalduse vahelist seost iseloomustab joonis 3.



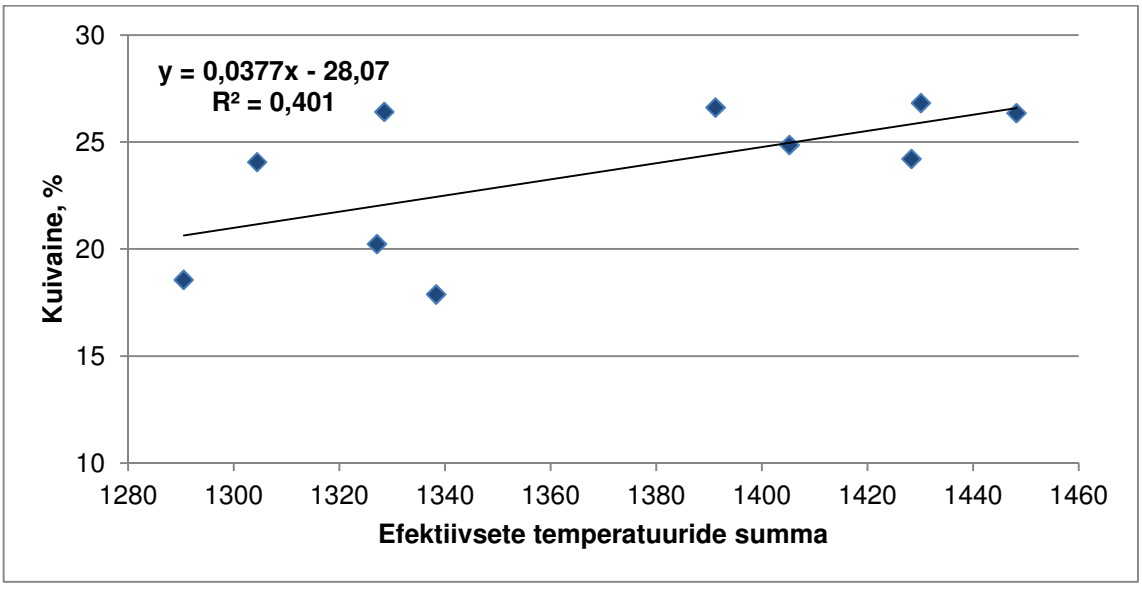
Joonis 3. Kuivaine- ja energiasisalduse vaheline seos.

2.2.4. Kasvuperioodi efektiivsete temperatuuride summa mõju maisisilo keemilisele koostisele

See, et efektiivsete temperatuuride summa mõjutab taimede vegetatsioonistaadiumit ja keemilist koostist on üldteada. Heintaimedes väheneb reeglina vegetatsioonistaadiumi arenedes taimede proteiinisisaldus ja suureneb toorkiusisaldus. Tervikkoristatud maisi proteiinisisaldus vegetatsioonistaadiumi arenedes vähenes samuti (r = 0,22; P = 0,5414), sarnaselt heintaimede proteiinisisalduse muutustele seoses vegetatsioonistaadiumiga, kuigi see polnud antud valimi puhul statistiliselt usutav. Vastupidi aga heintaimede toorkiusisaldusele käitub toorkiusisaldus maisisilos. Kui heintaimedes toorkiusisaldus suureneb vegetatsioonistaadiumi arenedes, siis maisisilos see statistiliselt usutavalt väheneb (r = 0,64; P = 0,0463), seda suureneva tärklisesisalduse arvel kuivaines.

Mõju kuivainesisaldusele

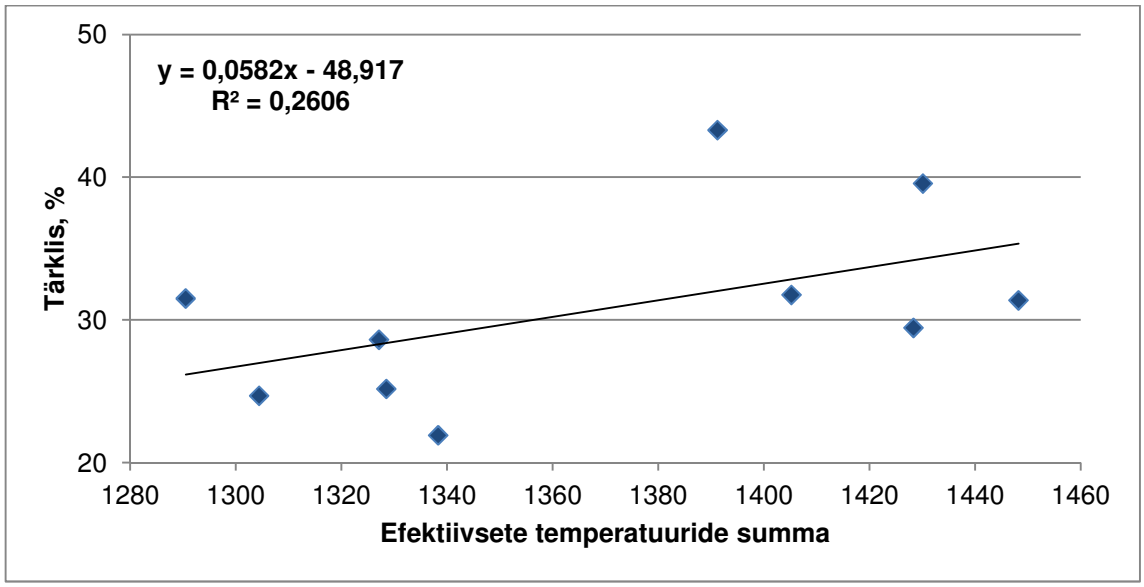
See, et maisisilo kuivainesisaldus sõltub oluliselt ilmastikutingimustest ja koristamisaegsest vegetatsioonistaadiumist on loogiline. Antud valimi puhul oli efektiivsete temperatuuride summa ja maisisilo kuivainesisalduse vaheline seos keskmise tugevusega (r = 0,63; P = 0,0509). Ka see, et kuivainesisalduse ja kasvuaegsete efektiivsete temperatuuride summa vahel pole seos (joonis 4) lineaarne viitab asjaolule, et kuivaine sisaldust mõjutavad tegureid on teisigi.



Joonis 4. Kasvuperioodi efektiivsete temperatuuride summa ja kuivainesisalduse vaheline seos.

Mõju tärklisesisaldusele

Maisisilo tärklisesisalduse ja efektiivsete temperatuuride summa veheline seos (joonis 5) on küll oluliselt tugevam (R^2 = 0,26; P = 0,1321) kui efektiivsete temperatuuride summa ja proteiinisisalduse vaheline seos, kuid ka see seos polnud statistiliselt oluline.

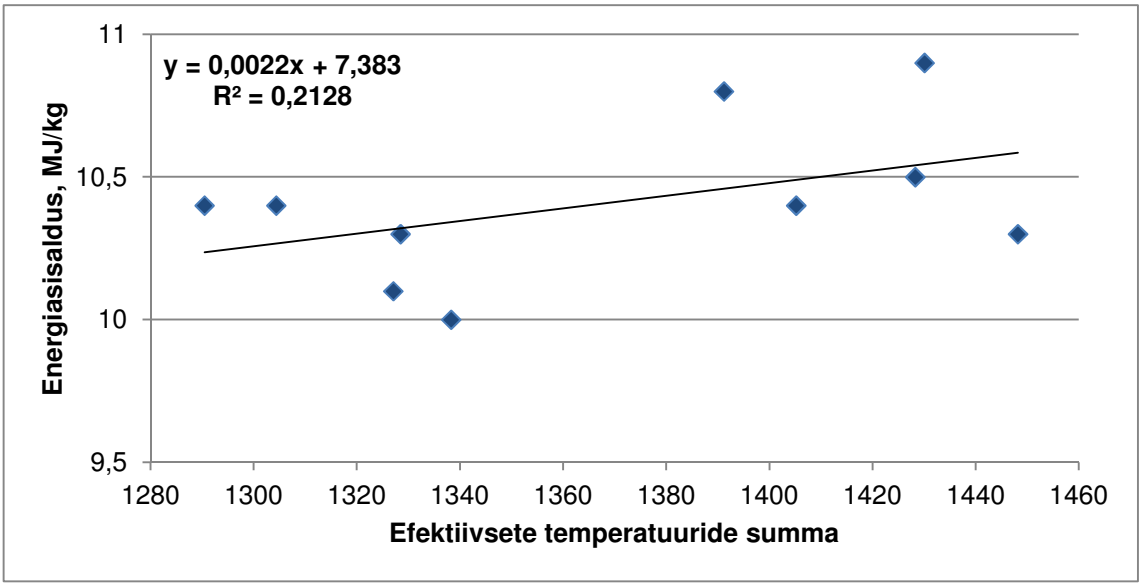


Joonis 5. Kasvuperioodi efektiivsete temperatuuride summa ja tärklisesisalduse vaheline seos

Mõju energiasisaldusele

Tärklisesisalduse suurenemisel maisisilos suureneb ka selle energiasisaldus. Kasvuperioodi efektiivsete temperatuuride summa ja maisisilo energiasisalduse vahel leiti regressioonianalüüsi tulemusel (joonis 6) sarnase tugevusega seos (R^2 = 0,21) kui efektiivsete temperatuuride summa ja tärklisesisalduse vahel.

Kuna ka maisisilo kuivaine- ja tärklisesisalduse vaheline seos polnud antud valimi puhul statistiliselt oluline, vajavad nimetatud seoseid mõjutavad tegurid põhjalikumat uurimist edaspidi.



Joonis 6. Kasvuperioodi efektiivsete temperatuuride summa ja energiasisalduse vaheline seos.

2.2.5. In sacco katsete tulemused

In sacco katsete tulemused on toodud tabelis 10 ja toitainete hüdrolüüsi kiiruste seosed kasvuaegsete efektiivsete temperatuuride summa vahel tabelis 11. Tabelis 11 näitab r andmete vahelist korrelatsiooni ning p andmete vaheliste seoste erinevuste olulisust.

Kui kuivaine potentsiaalsest lõhustuvusest lõhustus vatsas 8 tunni jooksul keskmiselt 47,7%, proteiini potentsiaalsest lõhustuvusest 71% ja tärklise potentsiaalsest lõhustuvusest 61,7%, siis NDF ja ADF fraktsioonidest vaid vastavalt 9,4% ja 9,5%.

Antud magistritöö eesmärgiks oli selgitada maisisilo kuivaine ja efektiivsete temperatuuride summa mõju olulisemate toitefaktorite hüdrolüüsi kiirusele vatsas. Kuna maisisilo kuivainesisalduse ja kasvuaegsete efektiivsete temperatuuride summa vaheline seos on piisavalt tugev, siis edasises analüüsis keskendutakse põhiliselt kasvuaegsete efektiivsete temperatuuride summa mõju uurimisele erinevate maisisilo toitainete hüdrolüüsi kineetikale *in sacco*.

Tabel 10. Kuivaine, proteiini, tärklise, NDF ja ADF *in sacco* katsete tulemused

Proovi nr.	Ef. temp. sum.*	Kuivaine		Toor-proteiin		Tärklis		NDF		ADF	
		8h	96h	8h	48h	8h	72h	8h	96h	8h	96h
566	1328,5	50,3	74,2	70,7	76,2	70,9	80,4	4,2	48,5	7,4	46,1
565	1338,3	37,2	70,4	66,6	76,2	65,8	82,0	8,7	56,7	6,4	53,3
535	1327,1	36,4	68,9	57,6	69,9	61,2	80,9	-	-	-	-
564	1290,5	38,5	69,9	65,8	74,1	56,1	70,2	9,0	56,6	6,6	52,9
532	1448,2	57,0	77,5	78,0	82,7	53,3	81,4	13,7	54,7	15,0	53,4
428	1430,1	51,2	72,4	74,8	79,7	75,6	85,2	11,0	49,3	10,0	47,1
413	1405,2	55,0	74,4	77,2	83,5	60,1	80,7	14,4	46,2	16,6	46,9
417	1391,2	55,4	73,9	78,5	82,5	69,5	83,4	9,9	46,8	6,6	43,0
324	1428,3	51,2	73,9	74,6	85,3	57,5	84,1	8,4	50,0	11,5	48,8
340	1304,4	45,4	71,5	66,4	80,9	46,8	64,3	6,5	50,0	5,5	47,8
Kesk-mine	1369,2	47,7	72,7	71,0	79,1	61,7	79,3	9,5	51,0	9,5	48,8
SD**	57,7	7,9	2,6	6,8	4,9	8,8	6,7	3,2	4,0	4,1	3,6

*Ef. temp. sum. – efektiivsete temperatuuride summa

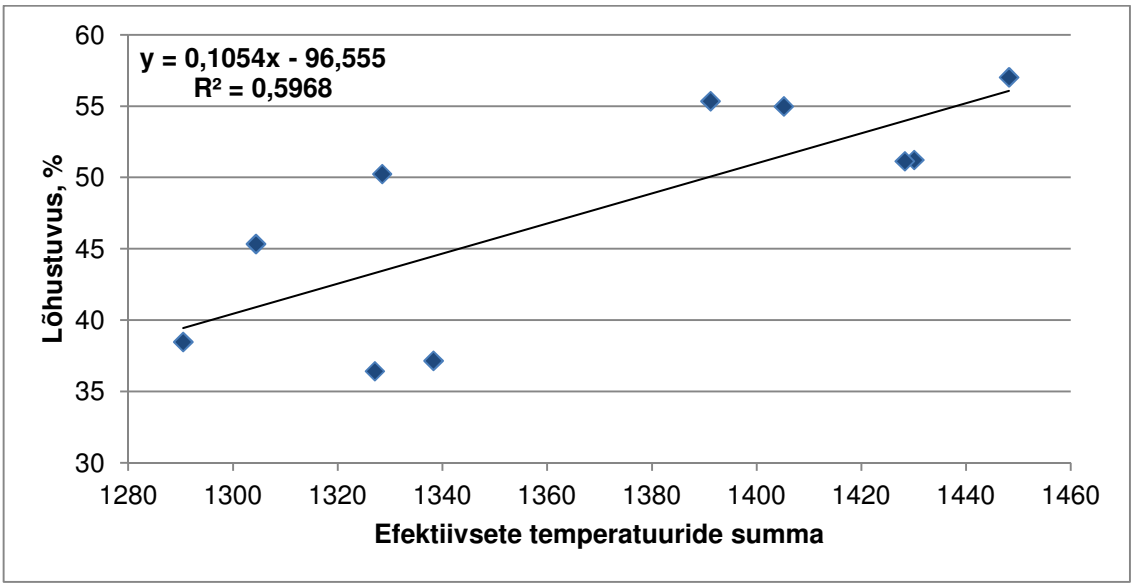
**SD – standard hälve

Tabel 11. Seosed uuritud maisisilode kasvuaegsete efektiivsete temperatuuride summa ja toitainete hüdrolüüsi kiiruse vahel ning seoste erinevuste olulisus *in sacco*.

		Ef. temp. sum.	Kuivaine		Toorproteiin		Tärklis		NDF		ADF	
			8h	96h	8h	48h	8h	72h	8h	96h	8h	96h
Ef. temp. sum.		1										
KA	8h	r=0,77; p=0,009	1									
	96h	r=0,73; p=0,017	r=0,89; p=0,001	1								
TP	8h	r=0,88; p=0,001	r=0,93; p=0,001	r=0,82; p=0,004	1							
	48h	r=0,75; p=0,013	r=0,76; p=0,011	r=0,65; p=0,042	r=0,75; p=0,013	1						
Tärklis	8h	r=0,22; p=0,541	r=0,13; p=0,720	r= -0,03; p=0,934	r=0,27; p=0,451	r= -0,23; p=0,523	1					
	72h	r=0,75; p=0,013	r=0,48; p=0,160	r=0,46; p=0,181	r=0,68; p=0,031	r=0,33; p=0,352	r=0,70; p= 0,024	1				
NDF	8h	r=0,67; p=0,034	r=0,46; p=0,181	r=0,43; p=0,215	r=0,64; p=0,046	r=0,47; p=0,171	r= -0,07; p= 0,848	r=0,35; p= 0,322	1			
	96h	r= -0,31; p=0,383	r= -0,68; p=0,031	r= -0,37; p=0,293	r= -0,56; p=0,092	r= -0,55; p=0,100	r= -0,30; p= 0,400	r= -0,24; p= 0,504	r= -0,02; p= 0,956	1		
ADF	8h	r=0,75; p=0,013	r=0,65; p=0,042	r=0,71; p=0,021	r=0,69; p=0,027	r=0,60; p=0,067	r= -0,12; p= 0,741	r=0,43; p= 0,215	r=0,78; p= 0,008	r= -0,22; p= 0,541	1	
	96h	r= -0,13; p=0,720	r= -0,53; p=0,115	r= -0,18; p=0,619	r= -0,43; p=0,215	r= -0,36; p=0,307	r= -0,44; p= 0,203	r= -0,19; p= 0,599	r=0,18; p= 0,619	r=0,93; p= 0,001	r=0,10; p= 0,783	1

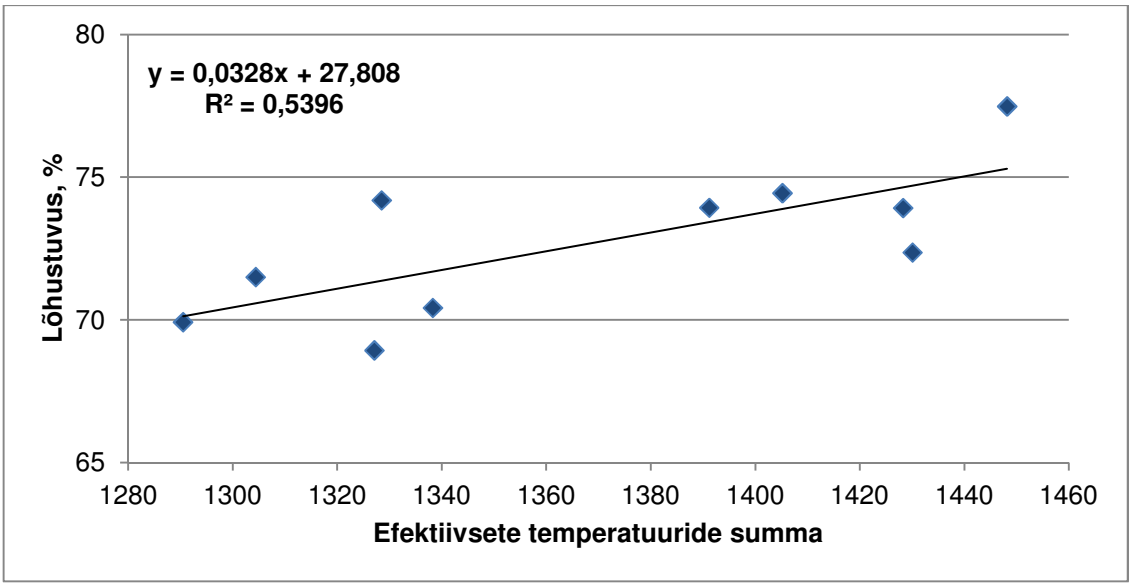
2.2.6. Maisisilo kuivaine lõhustuvus in sacco sõltuvalt kasvuperioodi efektiivsete temperatuuride summast

Maisisilo kuivainest hüdrolüüsub 8-tunnise inkubatsiooniperioodi jooksul ca 50%. Kuna maisisilo kuivaine potentsiaalne lõhustuvus on pisut üle 70% siis näeme, et 8-tunnise inkubatsiooniperioodi jooksul hüdrolüüsub põhiline osa maisisilo kuivainest ning see suureneb koos maisisilo kuivainesisalduse suurenemise ja kasvuaegsete efektiivsete temperatuuride summa tõusuga. Statistilise analüüsi tulemusena leiti, et maisisilo kuivaine 8-tunnise lõhustuvuse ja kasvuperioodi efektiivsete temperatuuride summa vahel (joonis 7) on keskmisest tugevam, statistiliselt oluline seos (R^2 = 0,60; P = 0,0092).



Joonis 7. Kasvuperioodi efektiivsete temperatuuride summa seos kuivaine lõhustuvusega 8 tunni jooksul *in sacco*.

Maisisilo kuivaine potentsiaalse lõhustuvuse ja kasvuperioodi efektiivsete temperatuuride summa vahel (joonis 8) on pisut nõrgem seos (R^2 = 0,54; P = 0,0165) kui kasvuaegsete efektiivsete temperatuuride summa ja maisisilo kuivaine 8-tunnise inkubatsiooniperioodi vahel, kuid ka see seos on statistiliselt oluline.

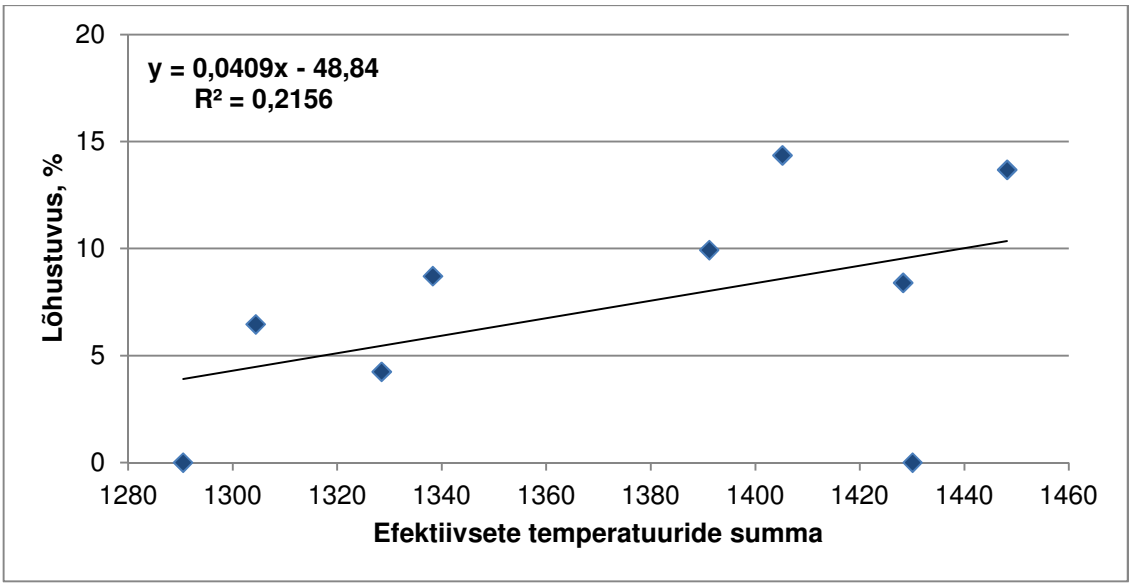


Joonis 8. Kasvuperioodi efektiivsete temperatuuride summa seos kuivaine potentsiaalse lõhustuvusega *in sacco*.

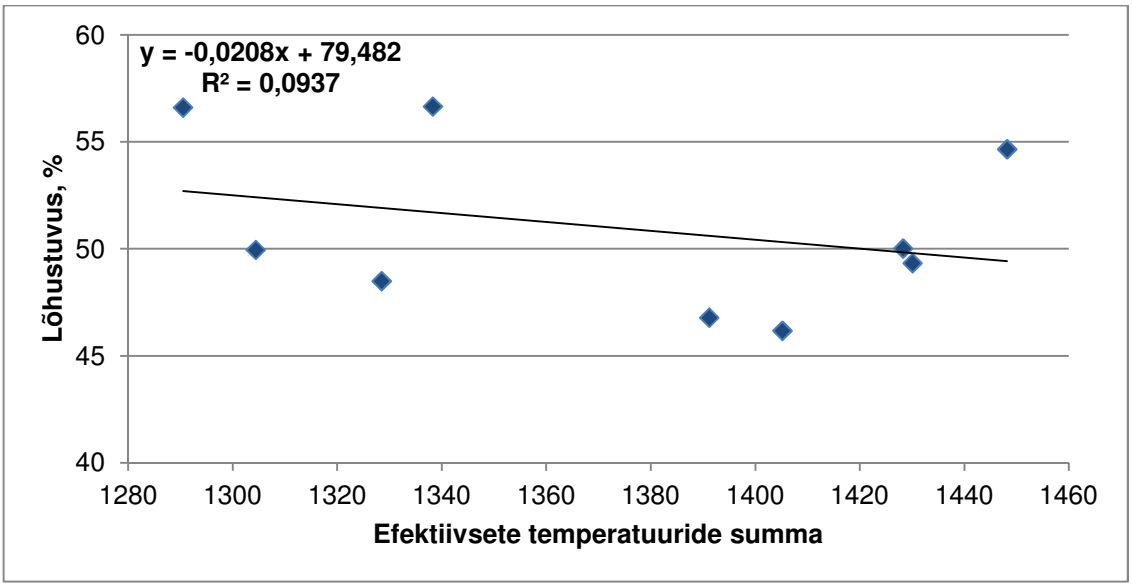
2.2.7. Maisisilo NDF lõhustuvus in sacco sõltuvalt kasvuperioodi efektiivsete temperatuuride summast

Kiufraktsioonide lõhustuvus vatsas jäi antud katsetes väga tagasihoidlikuks. 8-tunnise inkubatsiooniperioodi jooksul hüdrolüüsus maisisilo NDF-ist vaid 4,2…14,4%, mis teeb hüdrolüüsi kiiruseks 0,53…1,8% tunnis. Kuna erinevates maisisilo partiides oli NDF lõhustuvus väga erinev, oli ka maisisilo NDF 8-tunnise lõhustuvuse ning kasvuperioodi efektiivsete temperatuuride summa vahel seos nõrk, kuigi statistiliselt usutav (R^2 = 0,22; P = 0,0340; joonis 9).

NDF potentsiaalne lõhustuvus kõikus 46,8…56,7% piires, olles keskmiselt 51%. Nagu jooniselt 10 selgub puudub antud uurimismaterjali puhul efektiivstete temperatuuride summa ja NDF potentsiaalse lõhutuvuse vahel märkimisväärne seos (R^2 = 0,09; P = 0,3834).



Joonis 9. Kasvuperioodi efektiivsete temperatuuride summa seos NDF lõhustuvusega 8 tunni jooksul *in sacco*.

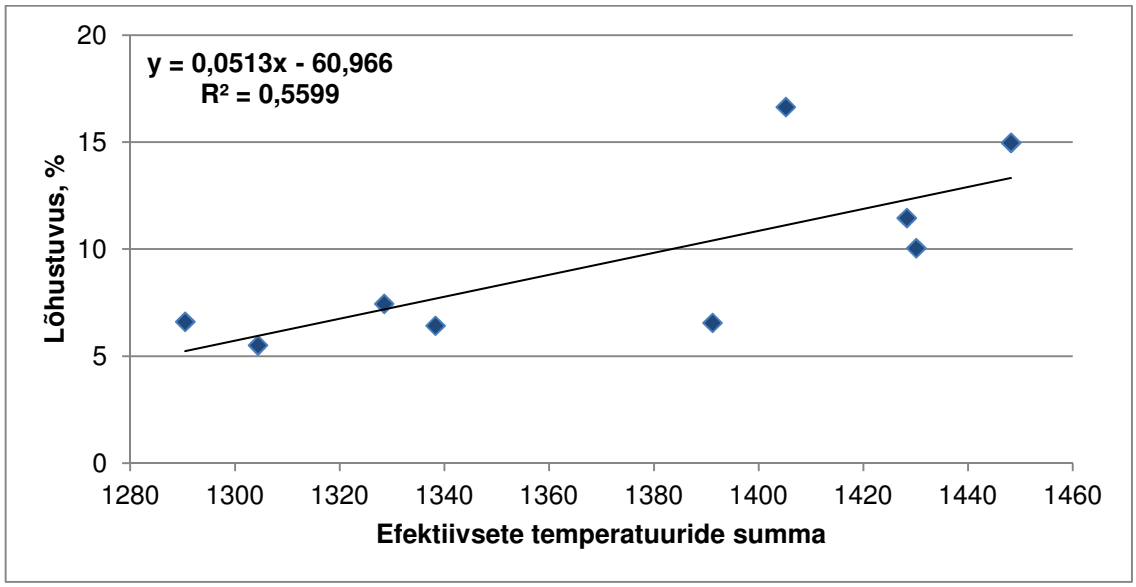


Joonis 10. Kasvuperioodi efektiivsete temperatuuride summa seos NDF potentsiaalse lõhustuvusega *in sacco*.

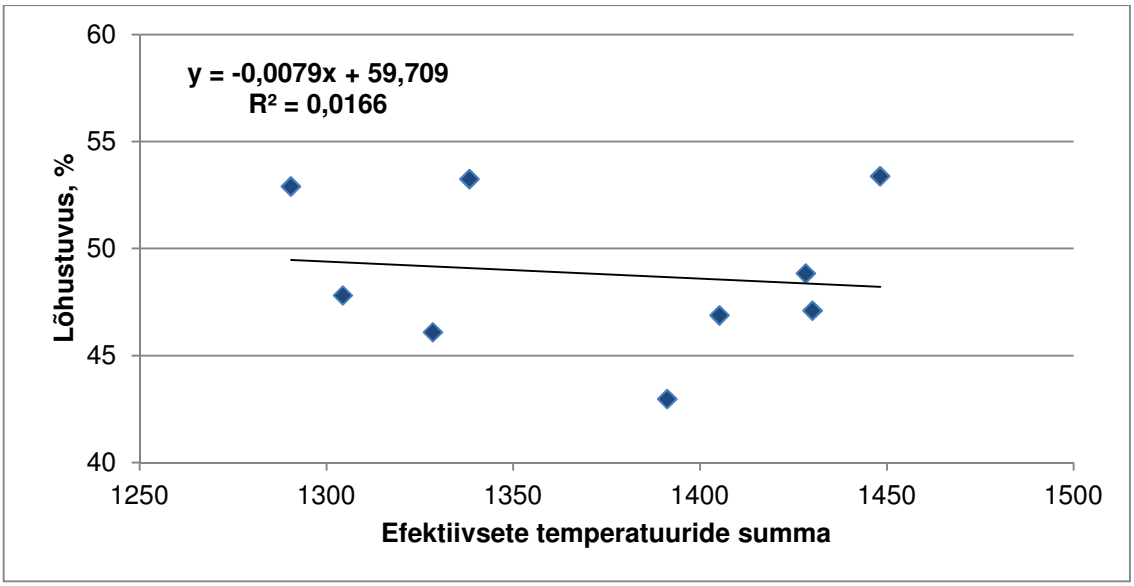
2.2.8. Maisisilo ADF lõhustuvus in sacco sõltuvalt kasvuperioodi efektiivsete temperatuuride summast

ADF hüdrolüüsi kineetika *in sacco* on väga sarnane NDF hüdrolüüsi kineetikale vatsas. Ka maisilo ADF lõhustuvus 8-tunnise inkubatsiooniperioodi jooksul suurenes antud uurimuses koos efektiivsete temperatuuride summa kasvuga sarnaselt NDF lõhustuvusega 8-tunnise inkubatsiooniperioodi jooksul (joonis 11). Kuna tulemuste hajuvus oli väiksem kui NDF lõhustuvusel sama inkubatsiooniperioodi jooksul, siis osutus seos efektiivsete temperatuuride summaga tugevamaks ja statistiliselt olulisemaks kui NDF lõhustuvusel (R^2 = 0,56; P = 0,0125).

Ka ADF potentsiaalset lõhustuvust efektiivsete temperatuuride summa ei mõjutanud (joonis 12) ning nende omavaheline seos oli sama nõrk (R^2 = 0,02; P = 0,7204) kui efektiivsete temperatuuride summa ja NDF potentsiaalse lõhustuvuse vahel.



Joonis 11. Kasvuperioodi efektiivsete temperatuuride summa seos ADF lõhustuvusega 8 tunni jooksul *in sacco*.



Joonis 12. Kasvuperioodi efektiivsete temperatuuride summa seos ADF potentsiaalse lõhustuvusega *in sacco*.

2.3. Katsetulemuste arutelu

2.3.1. Koristusaegse vegetatsioonistaadiumi mõju maisisilo keemilisele koostisele, toiteväärtusele ja lehmade produktiivsusele

Heintaimede arengut mõjutavad klimaatilised tingimused, milledest üks olulisemaid on vegetatsiooni ajal valitsev temperatuur. Katses oli maisi kasvuaegsete temperatuuride summa ja maisisilo kuivainesisalduse vahel mõõdukalt tugev korrelatsioon (r =0,63; P = 0,0509), kuid samas ei leitud nii tugevat korrelatsiooni efektiivsete temperatuuride summa ja tärklise (r = 0,51; P = 0,1321) ning efektiivsete temperatuuride summa ja energiasisalduste (r = 0,46; P = 0,1810) vahel. Kui Pilipavicius ja Mikulioniene (2010) uurimuse järgi korreleerus maisi kuivainesisaldus tärklisesisaldusega väga tugevasti (r = 0,983), siis käesoleva magistritöö raames läbi viidud katses oluliselt nõrgemini. Põhiliseks katsetulemuste erinevuseks tuleb pidada sordi mõju. Kui nimetatud autorid korraldasid katse ühe maisisordiga (sort „Ulla), siis meie katses oli tegemist mitme erineva sordiga. Sordi mõju maisisilo tärklisesisaldusele on suur, mida kinnitavad väga erinevad uurijad (Hoffman, Shaver, 2009; Oba, Allen, 1999; Sniffen jt, 2011).

Optimaalsel ajal koristatud maisisilos on raku kestaaineid vähem kui rohusilos. Peale selle hekseldatakse tervikkoristatud mais peenemaks (heksli pikkus soovitatavalt 15

mm) kui rohusilo, mistõttu on maisisilos ka efektiivset kiudu vähem ja valitseb suurem vatsaatsidoosi ja nihkunud libediku oht. Simões jt (2013) uurisid kommertskarjades maisislo heksli pikkuse ja nihkunud libediku esinemissageduse vahelisi seoseid. Vaatluse all oli 13 karja, kus oli kokku 1150 lüpsvat lehma. Nihkunud libediku esinemissageduseks registreeriti 9,1%. Autorid sõelusid koresööda läbi erineva avasuurusega sõelade ja jaotasid selle heksli pikkuse järgi: lühikeseks < 8 mm, keskmiseks < 8…19 mm ja pikaks > 19 mm ning leidsin tugeva negatiivse korrelatsiooni (r = - 0,90) nihkunud libediku esinemissageduse ja pika heksli fraktsiooni vahel. Kompenseerimaks maisisilo vähest efektiivse kiu sisaldust, lisatakse ratsioonidele sageli põhku. Tervikkoristatud maisi peeneks hekseldamisel peetakse eeliseks veel seda, et täisratsioonilist segasööta saavad lehmad ei sorteeri söödalaval välja jõusööta (Zebeli jt, 2009).

Raku kestaainete sisaldus nii maisi- kui rohusilos olid olulisteks kriteeriumideks ka Mulligan jt (2002) katses, mis korraldati laktatsiooni lõpetavate lehmadega, kellele

söödeti kas maisi- või rohusilol põhinevat söödaratsiooni. Lisaks silole said kõik lehmad 4 kg jõusööta päevas, maisisilo saanud lehmad ka pisut põhku (45 g/kg kuivaine kohta). Maisisilo saanud lehmade söömus oli oluliselt suurem kui rohusilo saanud lehmadel (vastavalt 17,69 ja 13,35 kg kuivainet päevas). See ei avaldanud aga mõju piimatoodangule, küll aga rasva- ja valgutoodangule, mis oli maisisilo saanud lehmadel oluliselt suurem kui rohusilo saanud lehmadel. See, et maisisilo söötmisel suureneb piima valgusisaldus ja –toodang on kinnitust leidnud ka teistes katsetes, kuid piima rasvasisalduse suurenemist enamasti analoogsetes katsetes ei täheldatud (Fernandez jt, 2004). Antud katse tulemuste interpreteerimisel viitavad autorid asjaolule, et maisisilos olev NDF seedub oluliselt halvemini kui rohusilos olev NDF (vastavalt 36,0 ja 54,0%) ning lisaks sellele said maisisilo ratsioonil olevad lehmad ka põhku. See aeglustas ratsioonis oleva NDF kiu liikumist seedekanalis, suurendas vatsa täituvust ja pikendab mäletsemise aega, mis oligi suurenenud piima rasvasisalduse põhjusteks.

On oluline arvestada, et maisisilo olemasolu korral lüpsilehmade söödaratsioonis muutub piima rasvhappeline koostis, võrreldes rohusilo sisaldava ratsiooni söötmisega. Khan jt (2012) uurisid maisisilo koristusaegse vegetatsioonistaadiumi mõju, lisaks kuivaine söömusele, ka mõju piimatoodangule, lehmade kehakonditsioonile ja

piimarasva rasvhappelisele muutusele. Katsesilod sisaldasid kas 300, 340, 380 või 420 g kuivainet kilogrammis. Lisaks söödeti lehmadele kas vatsas kergesti või raskesti lõhustuvaid süsivesikuid sisaldavat jõusööta. Antud katses ei mõjutanud tärklisesisaldus kuivaine söömust, piimatoodangut ja kehakonditsiooni, kuid mõjutas piima rasvhappelist koostist. Kuivainesisalduse suurenedes maisisilos vähenes C18:3n-3 ja n-3 summarne sisaldus piimarasvas ja suurenes *trans* isomeeride, C18:2 *cis*-9, *transs*-11, C18:2 *trans* 10, *cis* 12 ja *trans* rasvhapete summaarne sisaldus piimarasvas.

Üheks maisisilo söötmise eeliseks piimalehmadele peetakse selle suurt tärklisesisaldust, mis võimaldab kokku hoida inimtoiduks kasutatavat toiduteravilja. Kuna ratsioonide tasakaalustamisel arvestatakse üha enam ka ratsiooni tärklise ja kergesti hüdrolüüsuvate suhkrute sisaldusega, peame seda eriti arvestama maisisilo sisaldavate ratsioonide puhul. Tabelis 14 on toodud meil enam kasutatavate söötade vastavad andmed.

Tabel 14. Tärklise ja suhkru sisaldusi mõnedes enamkasutatavates söötades (NorFor, Taani tabelandmed, 2014).

Sööt	**Tärklis**	**Suhkur**	**Tärklis+suhkur**
Oder	609	20	629
Nisu	680	32	712
Rukis	620	70	690
Mais	712	1	713
Maisisilo, 32% KA	305	15	320
Maisisilo, 34% KA	346	15	360
Maisisilo, 31% KA	259	16	275
Rapsikook, 13% rasva	25	101	126

Kui arvestada, et optimaalses vegetatsioonistaadiumis koristatud maisisilo sisaldab 320…360 g tärklist ja suhkrut kilogrammis kuivaines, siis saab iga maisisilo kuivaine kilogrammiga ratsioonis asendada ca 0,5 kg nisu, rukist või otra.

Kui proteiini ja efektiivse kiu sisaldust maisisilos saab ratsioonide tasakaalustamisega suhteliselt lihtsasti kompenseerida ja nende sisalduse suurendamine ei peaks olema

maisi kasvatamisel peamisteks eesmärgiks, siis tärklise, energia ja kuivainesisalduse suurendamine kindlasti.

2.3.2. Sordi mõju maisisilo keemilisele koostisele, toiteväärtusele ja lehmade produktiivsusele

Sordi mõju maisisilo keemilisele koostisele ja toiteväärtusele magistritöö raames läbi viidud katsetes analüüsida ei saanud, seda korduste väikese arvu tõttu. Lisaks sellele kasvatavad piimatootjad korraga sageli mitut erinevat sorti, mis ladustatakse ühes ja samas hoidlas. Küll aga esitaks järgnevalt mõned kirjandusest leitud katseandmed, mis kinnitavad sordi suurt mõju maisisilo keemilisele koostisele, toiteväätusele ja produktiivsusele.

Barriere ja Argillier (1998) avaldasid kokkuvõtte põhjalikust uurimusest Prantsusmaal, kus uuriti aastatel 1958 kuni 1994 seal registreeritud maissortide keemilist koostist ja toiteväärtust *in vivo*. Uuritud maisisortidest valmistatud silo orgaanilise aine seeduvus kõikus piirides 65,1 – 73,5%, toorkiu seeduvus 45,4 – 60,0% ja energiasisaldus 0,79 – 0,95 UFL.

Fernandez jt (2004) selgitasid lisaks maisi sordile ka söödetava silo heksli pikkuse mõju söömusele, piimajõudlusele, seeduvusele, mäletsemise aktiivsusele ja vatsa fermentatsiooninäitajatele. Katse viisid läbi 8 lüpsva lehmaga ja 4 vatsafistulitega varustatud kinnislehmaga 4 x 4 ladina ruudu põhimõttel, kus uuritavateks faktoriteks oli vatsas hästi hüdrolüüsiv ja vähe hüdrolüüsiv maisisort. Mõlemad maisi sordid olid hekseldatud koristamisel kas 1,3 mm või 0,5 mm pikkusteks heksliteks. Lehmi söödeti täisratsioonilise segasöödaga, kus maisisilo osatähtsus ratsiooni kuivainest moodustas 75% ja jõusööt 25%. Kuivaine söömust ja piimatoodangut mõjutas maisi sort, kuid mitte heksli pikkus. Vatsas hästi hüdrolüüsivat maisisilo sisaldavat ratsiooni kuivainet sõid lehmad 1,6 ja 1,4 kg (vastavalt lühikese heksli pikkusega ja pika heksli pikkusega) enam kui vatsas vähe hüdrolüüsuvat silo sisaldava ratsiooni kuivainet. Ka piimatoodang oli vatsas hästi seeduvat silo saanud lehmadel vastavalt 3,1 ja 2,4 kg suurem kui halvasti vatsas hüdrolüüsuvat maisisilo saanud lehmadel. Sort ja heksli pikkus ei mõjutanud antud katses mäletsemise aktiivsust ja piima rasvasisaldust, kuid mõjutas valgusisaldust, mis oli vatsas hästi hüdrolüüsuvat silo saanud lehmadel kõrgem.

2.3.3. Maisisilo seeduvust ja hüdrolüüsi kineetikat mõjutavad tegurid

Maisisilo toitainete seeduvust mõjutab vegetatsioonistaadium. Käesoleva töö raames läbi viidud katsetes korreleerus efektiivsete temperatuuride summaga hästi kuivaine (r = 0,77; P = 0,0092 ja 0,73; P = 0,0165 vastavalt 8 ja 96 t lõhustuvus), toorproteiini (r = 0,88; P = 0,0008 ja 0,75; P = 0,0125 vastavalt 8 ja 48 t lõhustuvus) ja tärklise potentsiaalse lõhustuvusega (r = 0, 75; P = 0,0125) vatsas. Kui NDF ja ADF potentsiaalset lõhustuvust efektiivsete temperatuuride summa ei mõjutanud, siis kiiresti hüdrolüüsuva fraktsiooni osatähtsus kasvas koos efektiivsete temperatuuride summa kasvuga. Tulemused raku kestaainete hüdrolüüsi kineetika kohta *in sacco* ei lange kokku Di Marko jt (2002) poolt läbi viidud katsete tulemustega. Autorid uurisid kolmes erinevas vegetatsioonistaadiumis (kuivaine sisaldus kas 200, 260 või 320 g/kg) koristatud maisi seeduvust nii *in vivo* kui *in vitro*. Vegetatsioonistaadiumi arenedes suurenes tärklise sisldus 20-lt g/kg kuni 280 g/kg kuivaines, NDF sisaldus vähenes 600-lt kuni 410-ne g/kg ja NDF seeduvus *in sacco* 48-lt - 24%-ni. See aga ei mõjutanud antud katses kuivaine seeduvust. Kiu seeduvuse vähenemist kompenseeris autorite arvates tärklise sisalduse suurenemine maisisilos. Oluline on teinegi autorite põhijäreldus, et võrreldes omavahel *in vitro* ja *in vivo* katsete tulemusi selgus, et *in vitro* meetod hindab maisisilo seeduvust kõrgemalt kui *in vivo* meetod. See, et meie katsetes NDF ja ADF potentsiaalset seeduvust efektiivsete temperatuuride summa statistiliselt oluliselt ei mõjutanud, saame selgitada katses olnud erinevate maisisortide ja suhteliselt madalate silo kuivainesisaldustega katseaastal.

Peale vegetatsioonistaadiumi ja kuivainesisalduse mõjutab raku kestaainete ja orgaanilise aine seeduvust ka niite kõrgus. Mida kõrgemalt niidetakse maisi, seda vähem on maisisilos ligniini, seda suurem on orgaanilise aine seeduvus ja lehmade produktiivsus (Flachowsky jt, 1993).

Tervikkoristatud maisis oleva tärklise seeduvus kogu seedetraktis ja hüdrolüüsi kiirus vatsas sõltuvad sööda ettevalmistusest. Jurjanz, Monteil (2005) leidsid *in sacco* katsete käigus, et maisiteras oleva tärklise hüdrolüüsi kiirus vatsas oli praktiliselt sama suur kui tervikkoristatud maisil, vastavalt 7,7 ja 8,0% tunnis. Küll oli aga samast materjalist valmistatud maisisilo tärklise lõhustuvus sileerimata tervikkoristatud maisi tärklise hüdrolüüsi kiirusest oluliselt suurem – 12,4% tunnis. Maisisilos oleva tärklise seeduvust

vatsas suurendab ka tervikkoristatud maisi muljumine ja peeneks hekseldamine ilma, et see halvendaks kiu seeduvust.

Optimaalsel ajal koristatud tervikkoristatud maisisilo kuivainest moodustab maisitera 37%. Kui maisitera osatähtsus silos suureneb, suureneb ka silo orgaanilise aine seeduvus, kuna maisitera on paremini seeduv kui kiurikkad lehed ja varred. Maisisilo orgaanilise aine seeduvust on võimalik suurendada kahel viisil, kas suurendades tera osatähtsust silo kuivaines või vähendades sordiaretuslike võtetega maisi raku kestainete sisaldust. Üldistades katsetulemusi leiavad Doreau ja Phillippeaus (1999), et maisisilo tärklsiesisalduse ja orgaanilise aine seeduvuse vahel on nõrk korrelatsioon. Küll on aga tugev korrelatiivne seos orgaanilise aine seeduvuse ja raku kestaainete sisalduste vahel. Geneetiline varieeruvus raku kestaainete sisaldustes maisisorti vahel pole siiski märkimisväärselt suur. Küll on aga suur raku kestaainete seeduvuse geneetiline variatsioon.

Toitainete seeduvust silos mõjutab sileerumise aeg. Kuigi käesolevas töös selle selgitamist eesmärgiks ei seadnud, tuleks sellega maisisilo söötmisel arvestada, eriti siis kui õnnestub saada piisavalt suure kuivainesisaldusega (üle 350 g/kg) maisisilo. Tärklise ja prolamiini kompleksi lahustamiseks maisiteras on tarvis, et silohapped saaksid kompleksi lõhustada. Sileerimisaja pikenedes suureneb nii tärklise kui proteiini seeduvus vatsas (tabel 15).

Tabel. 15. Maisisilo tärklise ja kuivaine seeduvus in sacco sõltuvalt sileerumise ajast, % (Hallad, 2014)

Sileerumise aeg, kuudes	DMD12	DMD30	NDFD30	STRD12	ttSTRD
0	37,4	43,5	29,2	69,3	91,6
1	37,9	43,2	30,9	70,6	92,5
3	38,8	44,3	34,6	72,5	94,1
5	39,5	45,1	36,6	73,5	95,3
7	40	45,6	37,4	73,6	96,1
9	40,4	45,9	38,6	73,9	96,4
11	40,5	64,4	39,2	73,9	96,6

DMD12 – kuivaine lõhustuvus 12 tunni jooksul; MD30 – kuivaine lõhustuvus 30 tunni jooksul; NDFD30 – NDF lõhustuvus 30 tunni jooksul; STRD12 – tärklise lõhustuvus 12 tunni jooksul; ttSTRD – tärklise seeduvus kogu seedekanalis.

3. Kokkuvõte ja järeldused

Käesolevas magistritöös uuriti 2012. aastal kasvatatud ja sileeritud erinevate maisisilo partiide keemilist koostis ja toiteväärtust. Eesmärgiks oli leida seoseid maisisilo keemilise koostise ja kasvuaegse efektiivsete temperatuuride summa vahel. *In sacco* katsetega püüti selgitada tärklise, proteiini, NDF ja ADF hüdrolüüsi ulatust vatsas olenevalt maisisilo kuivainesisaldusest ja kasvuaegsest efektiivsete temperatuuride summast.

Uurimismaterjaliks olid kümnest Eesti eri piirkonnas asuvast põllumajandusettevõtest pärinevad maisisilo proovid. Kõikidest silodest võeti ligikaudu 3 kg suurused proovid, millest määrati keemiline koostis, toiteväärtus ning *in sacco* katsetega erinevate toitainete lõhustuvus veise vatsas.

Uurimuses kasutatavad söödaproovid analüüsiti EMÜ Veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituudi söötmisosakonna söötade ja ainevahetuse uurimiselaboratooriumis üldtunnustatud metoodikate järgi. Söödaproovidest määrati kuivaine-, toorproteiini-, toortuha-, toorkiu-, toorrasva-, kaltsiumi- ja fosforisisaldus. Võttes aluseks saadud toitainete sisaldused, arvutati söötade metaboliseeruva energia sisaldus.

In sacco katse viidi läbi kahe vatsafistuliga varustatud lehmaga Märja katselaudas. Tulemuste esitamisel ja interpreteerimisel lähtuti kahest toitainete hüdrolüüsi ajast vatsas: 8 tundi kõikide uuritud fraktsioonide puhul ning 96 tundi kuivaine, NDF ja ADF, 72 tundi tärklise ja 48 tundi proteiini puhul. Kui valitud inkubatsiooniaegadest esimene näitab kiiresti lõhustuvate fraktsioonide osatähtsust söödas, siis viimane potentsiaalselt lõhustuva fraktsiooni osatähtsust.

Kogutud siloproovid olid küllalt erineva keemilise koostisega, mida mõjutas ka kasvuaegsete efektiivsete temperatuuride summa, mis varieerus erinevate siloproovide puhul 1290…1448 ^{o}C. Uuritavate silode kuivainesisaldused varieerusid 17,9% kuni 26,4%-ni, proteiinisisaldused 7,9% kuni 10,8%-ni, tärklisesisaldused 21,9% kuni 43,3%-ni, toorkiu–sisaldus 20,8% kuni 31,0%-ni ja energiasisaldus 10,0 kuni 10,9 MJ/kg kuivaines. Tulemuste analüüsi põhjal saame teha järgmised järeldused:

- Maisisilo kuivainesisalduse suurenedes suureneb silo energiasisaldus (P = 0,0378), ning vähenevad proteiini- (P = 0,0214) ja toorkiusisaldused (P = 0,0001).
- Kasvuaegsete efektiivsete temperatuuride summa korreleerub statistiliselt oluliselt maisisilo toorkiusisaldusega, mis vegetatsioonistaadiumi edenedes tervikkoristatud maisis väheneb.
- Kasvuaegsete efektiivsete temperatuuride summa suurenedes suureneb ka maisisilo kuivainesisaldus (r = 0,63), kuigi seos polnud antud valimi juures statistiliselt oluline (P = 0,0509). Kasvuaegsete efektiivsete temperatuuride summa ei avalda olulist mõju silo tärklise- ning energiasisaldusele.
- Maisisilo keemilist koostist ja toiteväärtus mõjutab sort, mille otsest mõju antud katses ei uuritud, kuid selgitab mitmete näitajate vahelist, oodatust nõrgemat seost.
- Maisisilo toitainete seeduvust vatsas mõjutab vegetatsioonistaadium. Katsetes korreleerus efektiivsete temperatuuride summa hästi kuivaine (P = 0,0165), toorproteiini (P = 0,0125) ja tärklise (P = 0,0125) potentsiaalse lõhustuvusega vatsas.
- Maisisilo on energiarikas sööt, millega saab, tänu maisisilo suurele tärklisesisaldusele, asendada lüpsilehmade ratsioonis kuni 50% teraviljast iga söödetud maisisilo kuivaine kilogrammi kohta.

Edasist uurimist vajab:

1. Eestis kasvatatavate maisisortide mõju silo keemilisele koostisele, toiteväärtusele ning seeduvusele seedekanali eri osades.
2. Väetamise, eelkõige vedelsõnniku mõju maisisilo keemilisele koostisele ja toiteväärtusele.
3. Optimaalse maisisilo ja rohusilo vahekorra leidmine lehmade söödaratsioonis.

Summary

Master's thesis „Corn silage in dairy cattle ration“

Kadri Zirnask

The aim of the thesis was to study chemical composition and nutritional value of different corn silages. Corn was grown and ensiled in 2012. The goal was to find correlation between the chemical composition of corn silage and the sum of effective temperatures of the growing season. *In sacco* experiments were performed to determine the starch, protein, ADF and NDF in the rumen, depending on the extent of hydrolysis of the dry matter of corn silage and the sum of effective temperatures during growth.

The data for the study was collected from 10 farms in different parts of Estonia and the weight of all samples was about 3 kilograms. Chemical composition, nutritional value and *in sacco* rumen degradability of different nutrients was determined from the silage samples. The analyses were completed at the Chemical Laboratory of Animal Feeding at EULS using generally accepted methodologies. The *in sacco* experiments were performed on two fistulated cows from Märja farm.

The collected samples of corn silage had quite different chemical composition, which was certainly influenced by the sum of effective temperatures during growth that ranged in different silage samples from 1290 to 1448 ^{o}C. The dry matter content in the samples ranged from 17.9% to 26.4%, the protein content from 7.9% to 10.8%, the starch content from 21.9% to 43.3%, the crude fiber from 20.8% to 31.0% and the energy content from 10.0 to 10.9 MJ / kg of dry matter. Based on these results the following can be concluded:

1. The dry matter content of corn silage increases together in correlation with the energy content in the silage (P = 0,0378). The protein (P = 0,0214) and crude fiber contents (P = 0,0001) decrease.

2. The sum of effective temperatures during growth has statistically substantial correlation with the crude fiber content of corn silage, which reduces in completely harvested corn as the stage of vegetation progresses.

3. The dry matter content of the corn silage (r = 0,63) increases together in

correlation with the sum of effective temperatures during growth, although the correlation is not statistically significant in the given sample (P = 0,0509). The sum of effective temperatures during growth has no significant effect on silage starch and energy content.

4. The variety of corn affects chemical composition and nutritional value of corn silage. The phenomenon was not studied in this experiment, but explains the weaker connection between several indicators.

5. The nutrient digestibility of corn silage is affected by the stage of vegetation. In the experiments the sum of effective temperatures correlated well with the dry matter (P = 0,0165), crude protein (P = 0,0125), and the potential degradability of starch (P = 0,0125) in the rumen.

6. Corn silage is an energy rich feed and due to its high starch content it can replace up to 50% of grain per every kilogram of dry corn silage in the dairy cows' ration.

Further study is required:

1. The effects of corn varieties grown in Estonia to the chemical composition and nutritional value of the silage as well as on its digestibility in different parts of the gastrointestinal tract.

2. The effects of fertilisation, especially of liquid manure, on the chemical composition and nutritional value of corn silage.

3. Finding optimal proportion between corn silage and grass silage in the dairy cows ration.

Kasutatud kirjandus

Allen, M.S. and B.J. Bradford. 2008. Optimizing Transition Cow Diets. In: Proc. Of the Tri-State Dairy Nutr. Conf., p. 37-44.

AOAC, 2005. Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL, 18th ed. – Association of Official Analytical Chemists International, Gaithersburg, MD, USA.

Barriere, Y., Argillier, O. 1998. In vivo silage feeding value of early maize hybrids registered in France between 1958 and 1994. Euphytica. Vol. 99, issue 3, p. 175-182.

Brassley, P. 1996. Silage in Britain, 1880-1990: The Delayed Adoption of an Innovation. Agricultural History Review - a journal of agricultural and rural history. Vol. 44, Part I, p. 63-87.

Di Marco, O,N., M.S. Aello, M.S., M. Nomdedeu, M., S. Van Houtte, S. 2002. Effect of maize crop maturity on silage chemical composition and digestibility (in vivo, in situ and in vitro). Animal Feed Science and Technology. Vol. 99, p. 37–43.

Doreau, M. B., Philippeau, C.1999. Maize silage genotype and ruminant digestion. Zootehnika. Vol.74, p. 37-46.

Fernandez, I., Martin, C., Champion, M., Michalet-Doreau, B. 2004. Effect of corn hybrid and chop length of whole-plant corn silage on digestion and intake by dairy cows. J. Dairy Sci. Vol. 87, p. 1298–1309.

Flachowsky, G., Peyker, W., Schneider, A., Henkel, K. 1993. Fibre analyses and in sacco degradability of plant fractions of two corn varieties harvested at various times. Animal Feed Science and Tehnology. Vol. 43, Issues 1-2, p. 41-50.

Huntington, Gerald B. 1997. Starch Utilization by Ruminants: From Basics to the Bunk J. Anim. Sci. Vol. 75, p. 852-867.

Jurjanz,S., Montels, V. 2005. Ruminal degradability of corn forages depending on the processing method employed**.** Anim. Res. Vol. 54, p. 3–15.

Khan, N.A., Tewoldebrhan, T.A., Zom, R.L.G., Cone, J.V., Hendriks, W.H. 2012. Effect of corn silage harvest maturity and concentrate type on milk fatty acid composition of dairy cows. J. Dairy Sci. Vol. 95, p. 1472–1483.

Larson, J. and P. C. Hoffman. 2008. Technical Note: A Method to Quantify Prolamin Proteins in Corn That Are Negatively Related to Starch Digestibility in Ruminants. J. Dairy Sci. Vol. 91, p. 4834-4839.

Lopes, J. C., R. D. Shaver, P. C. Hoffman, M. S. Akins, S. J. Bertics, H. Gencoglu, and J. G. Coors. 2009. Type of corn endosperm influences nutrient digestibility in lactating dairy cows. J. Dairy Sci. Vol. 92, p. 4541–4548.

Mulligan, F.J., Quirke, J., Rath, M., Caffrey, P.J., O'Mara, F.P. 2002. Intake, digestibility, milk production and kinetics of digestion and passage for diets based on maize or grass silage fed to late lactation dairy cows. Livestock Production Science. Vol. 74 , p. 113–124.

Oba, M. and M.S. Allen. 1999. Effects of brown midrib 3 mutation in corn silage on dry matter intake and productivity of high yielding dairy cows. J. Dairy Sci. Vol. 82, p. 135-142.

Pilipavicius, V., Mikulioniene, S. 2010. Effects of maize aetage and concentration of dry matte on maize silage fodder value. J. of Food, Agriculture and Environment. Vol. 8, p. 691-694.

Satter, L.D. 2000. Corn Silage as a Companion Forage: Pros and Cons. Advances in Dairy Technology. Vol. 12, p. 369-380.

Simões, J., Teixeira, V., Silva, S.R., Gomes, A., Ventura, A. (2013). Relationship between dietary particle size and the incidence of displaced abomasum on Holstein-Friesian dairy farms that feed diets high in maize silage. Livestock Science. Vol. 157, p. 478–481.

Sniffen, C.J. and Ward, R. 2011. Using Starch Digestibility Information in Ration Balancing. WCDS Advances in Dairy Technology. Vol. 23, p. 121-133.

Zebeli, Q., Ametaj, B.N., Junck, B., Drochner, W. 2009. Maize silage particle length modulates feeding patterns and milk composition in loose-housed lactating Holstein cows. Livestock Science. Vol. 124, p. 33–40.

Volden, H ed, 2011. Nordic feed evaluation system. EAAP publication No. 130, 180 pp.

Hallad, C. 2014. Why new corn silage doesn't feed as well. Hoards Dairyman [http://www.hoards.com/E_nutrition/nu5] vaadatud 23. mai 2014

Hoffman, P.C. and R.D. Shaver. 2009. A Guide to Understanding Prolamins. Department of Dairy Science University of Wisconsin-Madison [http://www.rockriverlab.com/lib/content/default/feed_guidelines_faq/5e391840c7c691aa52f85d1ae83b126d/FGES_ProlaminGuide.pdf] vaadatud 17. märts 2013

Kaasik, A. 2005. Kvaliteetse silo valmistamine, silo kvaliteediklassid. [https://moodle.e-ope.ee/course/view.php?id=3274] vaadatud 19. märts 2013

Kilmer M, Hoyer S; 2011. Animal Science [http://www.iowabeefcenter.org/information/QualityCornSilage.pdf] vaadatud 18.märts 2013

Lance Gibson, Garren Benson. 2002. Origin, History, and Uses of Corn (*Zea mays*). Iowa State University, Department of Agronomy. [http://agron-www.agron.iastate.edu/Courses/agron212/readings/corn_history.htm] vaadatud 14. mai 2014

Lauer, J. Corn Silage Ensiling Considerations**.** [http://corn.agronomy.wisc.edu/Silage/S005.aspx] vaadatud 17. märts 2014

Sootalu, T. 2012. Riis ja teised teraviljad. [http://www.hkhk.edu.ee/vanker/riis/index.html] vaadatud 12. mai 2014

NorFor, Taani tabelandmed [http://feedstuffs.norfor.info/] vaadatud 23. mai 2014

Curriculum Vitae

Isiklikud andmed

Eesnimi: Kadri

Perekonnanimi: Zirnask

Sünniaeg: 25. september 1982

Vanus: 31

Sugu: naine

Rahvus: eestlane

E-post: kzirnask@gmail.com

Haridustee

2012-... **Eesti Maaülikool**; loomakasvatuse eriala, magistriõpe

2009-2012 **Eesti Maaülikool**; loomakasvatuse eriala, bakalaureuseõpe

1989-2001 **Põlva Ühisgümnaasium**; keskharidus

Töökogemus

2011-... **OÜ Anu Ait**; müügimeeskonna assistent

2007-2011 **OÜ Farmax**; registraator, loomaarsti abiline

2006-2007 **OÜ Kagureis, Põlva Ühisgümnaasium**; ratsutamise treener/õpetaja Timmo Tallides

2005-2006 **AS Paloma Papp**; virnastaja

2002-2005 **Rahvusvahelisel tasemel takistussõitjate abiline Saksamaal ja Soomes**; hobuste eest hoolitsemine, nende hea füüsilise vormi ja tervise eest vastutamine

Keeled

Eesti keel- emakeel

Inglise keel- hea

Soome keel- rahuldav

Vene keel - nõrk

Arvutioskus Microsoft Word, Excel, PowerPoint, interneti kasutamine,

e-meilindus

Isiklikud huvid

Noorhobuste õpetamine, lumelauasõit, koerad, lugemine, psühholoogia, maalähedane/loodussõbralik eluviis jms.

Tänuavaldus

Töö autor tänab südamest oma juhendajaid Andres Olti ja Olav Kärti suure abi eest materjali kogumisel ja töö koostamisel. Suured tänud ka AS Baltic Agrole, kes motiveeris töö tegemist stipendiumiga. Autor tänab ka oma toredaid töökaaslasi OÜ Anu Aidast mõistva suhtumise ja toetuse eest, Marko Kassi heade nõuannete eest, EMÜ söötmislabori vahvaid ja töökaid laborante, Märja katselauda töötajaid ning lehmasid Iirist ja Arsit hea koostöö eest katse tegemisel.