

Sara Hietala

Yeast extractin viskositeetin tutkiminen

Opinnäytetyö

Kevät 2017

SeAMK Elintarvike ja maatalous

Insinööri (AMK), Bio- ja elintarviketekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: SeAMK Elintarvike ja maatalous

Tutkinto-ohjelma: Insinööri (AMK), Bio- ja elintarviketekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Elintarviketeknologia

Tekijä: Sara Hietala

Työn nimi: Yeast extractin viskositeetin tutkiminen

Ohjaajat: Pekka Maijala, Jarmo Alarinta

Vuosi: 2017

Sivumäärä: 57

Liitteiden lukumäärä: 11

Tämä opinnäytetyö tehtiin alkoholijuomayhtiö Altia Oyj:lle, Koskenkorvan tehtaalle. Opinnäytetyössä tutkittiin Koskenkorvan tehtaalla tuotettavaa, ohrasta ja hiivasta koostuvaa tislauksen sivutuotteena syntyvää funktionaalisen rehutuotteen raaka-ainetta, Yeast extractia. Yeast extract on rankin kiintoainesta, joka haihdutetaan 24 kuiva-aineprosenttiin. Tuotetta haluttaisiin haihduttaa pidemmälle, mutta haihduttamisen seurauksena kohoava viskositeetti estää sen.

Yeast extract sisältää muutamia komponentteja, joiden epäiltiin nostavan tuotteen viskositeettia. Tähän opinnäytetyöhön tutkittaviksi komponenteiksi valikoituivat todennäköisimmät viskositeetin nostajat: proteiinit, ohratärkkelys, beetaglukaani ja arabinoksyylaani. Työn tavoitteena oli selvittää, mikä on Yeast extractin yksittäisten komponenttien vaikutus tuotteen kokonaisviskositeettiin.

Työn kirjallisuussosiassa käsitellään Koskenkorvan tehtaan tuotantoprosessia, ohraa ja ohranjyvän koostumusta, entsyymejä, sekä aiheita pH ja lämpötila tutkimuksen osatekijöinä. Lisäksi käydään läpi aiheita viskositeetti tutkimuksen kannalta olennaisesta näkökulmasta.

Työn menetelmäosiossa tutkittiin Yeast extractin komponentteja entsyymikokeiden avulla. Kokeet suoritettiin Koskenkorvan tehtaan laboratoriossa. Käytössä oli yhteensä yhdeksän eri entsyymivalmistetta, joissa oli mahdollisimman vähän tai ei ollenkaan sivuaktiivisuuksia tutkittavien komponenttien kesken. Näytteistä muodostettiin koesarjoja, joissa osa näytteistä entsyymikäsiteltiin ja osa oli vertailunäytteitä. Lopuksi näytteistä mitattiin viskositeetti rotaatioviskosimetrillä.

Tulosten perusteella proteiinit muodostavat tuotteessa suurimman viskositeettia nostavan kokonaisuuden. Proteaasia käyttämällä saatiin tuotteen viskositeettia laskettua lähes 80 prosenttia.

Avainsanat: ohra, tärkkelys, proteiini, ravintokuitu, lämpötila, pH, viskositeetti, entsyymi

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Food and Agriculture

Degree programme: Biotechnology and Food Processing

Specialisation: Food Technology

Author/s: Sara Hietala

Title of thesis: Examination of Yeast extract's viscosity

Supervisor(s): Pekka Maijala, Jarmo Alarinta

Year: 2017

Number of pages: 57

Number of appendices: 11

This thesis was made for the Altia Plc, factory of Koskenkorva. This thesis examined Yeast extract, the raw material of a functional feed product. Yeast extract consists of barley and yeast and is a by-product of distillation.

Yeast extract is the non-soluble part of the stillage which is evaporated to a level of 24 % dry matter. The product would be evaporated further but the rising viscosity prevents this. Yeast extract contains a few components which may increase the viscosity of the product. The most probable components are proteins, barley starch, beta glucan and arabinoxylan. The objective of the examination was to clarify the effect of individual components on the total viscosity of the product.

This thesis introduces the manufacturing process of the Koskenkorva factory, barley in general and then, more specifically, the composition of a barley kernel. Factors examined were enzymes, pH, temperature and viscosity.

Yeast extract was studied using enzymes. The tests were performed in the laboratory in Koskenkorva. There were altogether nine different enzyme products which had as few side activities as possible relevant to the components to be examined. Test series were formed from the enzyme treated samples and the comparison samples. The samples' viscosity was measured with a rotational viscometer.

On the basis of the enzyme tests proteins make up the largest part of the product. Using protease the product's viscosity decreased nearly 80 %.

Keywords: barley, starch, protein, dietary fiber, temperature, pH, viscosity, enzyme

ESIPUHE

Tämä opinnäytetyö tehtiin toimeksiantona alkoholijuomayhtiö Altia Oyj:lle, Koskenkorvan tehtaalle. Haluan kiittää Altia Oyj:tä mahdollisuudesta työn tekemiseen. Työ oli haasteellinen sekä mielenkiintoinen ja antoi minulle tilaisuuden syventää osaamistani niin Koskenkorvan tehtaan tuotantoprosessista, kuin muistakin opinnäytetyön aihealueista.

Haluan kiittää kaikkia työssä mukana olleita. Erityisesti haluan kiittää Antti Rahikaista, joka toimi työni ohjaajana Altian Koskenkorvan tehtaalla. Kiitos asiantuntevasta ohjauksesta, neuvoista ja niistä lukemattomista tunteista, jotka jaksoit kanssani paneutua tähän tutkimukseen.

Kiitos Koskenkorvan tehtaalle myös Asko Rantaselle ja Tarja Nopalle projektissa mukana olemisesta ja hyvistä neuvoista.

Kiitos opinnäytetyötäni ohjanneille opettajille Pekka Maijalalle ja Jarmo Alarinnalle. Suuri kiitos myös muille tukijoukoille.

Seinäjoella helmikuussa 2017

Sara Hietala

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
ESIPUHE	4
SISÄLTÖ.....	5
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluettelo.....	7
Käytetyt termit ja lyhenteet	9
1 JOHDANTO	12
1.1 Lähtötilanne	12
1.2 Tavoitteet ja rajaus.....	13
1.3 Työn rakenne	14
2 KOSKENKORVAN TEHTAAN PROSESSI	15
3 OHRA	18
3.1.1 Jyvän koostumus	18
3.1.2 Jyvän komponenttien suhteelliset osuudet.....	19
3.2 Tärkkelys.....	20
3.2.1 Tärkkelysjuvat	20
3.2.2 Tärkkelyksen gelatinoituminen ja geelin muodostus	21
3.2.3 Retrogradaatio ja synereesi	22
3.3 Proteiinit	23
3.3.1 Proteiinien neljä eri rakenneastetta	24
3.3.2 Denaturoituminen ja koaguloituminen	25
3.4 Ravintokuitu	26
3.4.1 Selluloosa	26
3.4.2 Hemiselluloosa.....	26
3.4.3 Ligniini.....	27
3.5 Pienemmät komponentit	27
3.5.1 Lipidit.....	27
3.5.2 Mineraalit ja vitamiinit.....	27
4 KOEASETELMAN OSATEKIJÄT	28
4.1 Entsyymit	28

4.1.1	Toiminta ja spesifisyys	28
4.1.2	Aktiivisuus	29
4.2	Lämpötila	30
4.2.1	Lämpötila-asteikot.....	30
4.2.2	Lämpötilan mittaaminen ja lämmönsiirtyminen	30
4.3	pH	31
5	VISKOSITEETTI	33
5.1	Newtonilaiset ja ei-newtonilaiset nesteet.....	34
5.2	Lämpötilariippuvuus	36
6	MENETELMÄKUVAUS	37
6.1	Tutkittavat komponentit	37
6.2	Tutkimukseen käytetyt entsyymivalmisteet	38
6.3	Näytteiden esivalmistelu	39
6.4	Näytteiden haudekäsittely	40
6.5	Viskositeetin mittaaminen	41
6.6	Entsyymivalmisteen lisäyksen vaikutus.....	42
7	TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELO	44
7.1	Entsyymivalmisteen vaikutus	44
7.2	Mittaustulokset	45
7.3	Tulosten tarkastelu.....	47
7.3.1	Mahdolliset virhelähteet	49
8	YHTEENVETO.....	51
9	POHDINTA	52
10	JOHTOPÄÄTÖKSET	53
	LÄHTEET	54
	LIITTEET	57

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Teräsastioita, joihin Yeast extract -näytettä punnittiin 400 g.....	40
Kuva 2. Mäskäyshaude (Lochner LB 12 Electronic, sarjanumero 0809239).....	41
Kuva 3. Brookfield rotaatioviskosimetri (malli: LVTDV-II, sarjanumero: D18935)..	42
Kuvio 1. Koskenkorvan tehtaan prosessi	17
Kuvio 2. Glukoosi on kemialliselta rakenteeltaan rengasmaisen hiilivety. Tärkkelys on polysakkaridi, joka koostuu useista glukoosiyksiköistä. a.) suoraketjuinen amyloosi. b.) haaroittunut amylopektiini.	21
Kuvio 3. Tärkkelysgeelin viskositeetin käyttäytyminen Delcourin ja Hoseneyn mukaan kuumennettaessa ja jäähdytettäessä.	23
Kuvio 4. Proteiinien neljä eri rakenneastetta	25
Kuvio 5. Entsyymien toiminnan kuvaus. Reaktion alussa substraatti kiinnittyy entsyymien aktiiviseen kohtaan. Reaktion tapahduttua reaktiotuotteet vapautuvat ja entsyymi on valmis vastaanottamaan uuden substraatin. Entsyymi itse ei muutu reaktiossa.	28
Kuvio 6. Viskositeetti määriteltynä Newtonin viskositeettimallin mukaan. Kysessä on dynaaminen viskositeetti.	33
Kuvio 7. Nesteiden viskositeettien muutokset kuvaajina. Kuvaajissa leikkausjännitys on esitetty leikkausnopeuden funktiona. A) Newtonilainen neste. Newtonilaisilla nesteillä muutos käyrällä on aina lineaarinen. B) Pseudoplastinen neste. C) Dilatantti neste. B) Bingham-plastinen neste. E) Casson-plastinen neste.	36

Taulukko 1. Tutkimukseen käytetyt entsyymivalmisteet.....	39
Taulukko 2. Entsyymivalmisteen vaikutus näytteen viskositeettiin.	44
Taulukko 3. Yeast extract -näytteiden viskositeetti. Mittaustulokset ovat keskiarvoja.....	46
Taulukko 4. Entsyymivalmisteiden tehokkuus laskemaan Yeast extractin viskositeettia.	47

Käytetyt termit ja lyhenteet

Antosyaani	Fenolinen yhdiste, jota esiintyy kasvien solunesteessä. Antosyaanit ovat väriltään voimakkaan punaisia, sinisiä ja violetteja. Väri vaihtelee happamuuden mukaan.
Funktionaalinen	Terveysvaikutteinen. Funktionaalisiksi luokitelluilla tuotteilla on terveyttä edistäviä vaikutuksia, jotka on tieteellisesti todistettu.
Hydrosykloni	Hydrosyklonissa nesteen voimakas kiertoliike erottaa siinä olevat raskaammat kiinteät tai juoksevat komponentit ominaispaineeron avulla toisistaan. Hydrosyklonissa muodostuu kaksi virtausta, joista toinen nousee laitteen keskeltä ylöspäin ja poistuu yläkannessa olevan yhteen kautta ja toinen poistuu jatkuvana virtana syklonin kärjestä.
Inaktivointi	Tehdä jokin tehottomaksi, vaikutuksettomaksi.
Kaskadikäyminen	Jatkuvatoiminen käyminen.
Katalyytti	Aine, joka nopeuttaa kemiallista reaktiota kulumatta itse reaktiossa.
Kvaternäärirakenne	Useammasta osayksiköstä koostuva proteiinin rakenneaste, jossa kaksi tai useampia tertiäärirakenteita yhdistyy ja muodostaa suuremman kolmiulotteisen kokonaisuuden.
Lipidi	Rasva-aine. Lipidit ovat veteen liukenemattomia poolittomia yhdisteitä, joihin luetaan kuuluvaksi neutraalirasvat (varsinaiset rasvat), vapaat rasvahapot, vahat, steroidit ja steroidit, fosfolipidit, glykolipidit ja lipoproteiinit.
Liukenematon kuitu	Veteen liukenematon kuitu. Liukenematon kuitu ylläpitää suoliston toimintaa, se ei hajoa ruuansulatuksessa tai

imeydy ohutsuolessa, mutta voi fermentoitua paksusuolessa joko osittain tai täysin. Liukenemattoman kuidun lähteitä ovat esimerkiksi viljavalmisteet ja juurekset. Liukenemattomia kuituja ovat muun muassa selluloosa, ligniini ja lignaani.

Liukoinen kuitu

Vesiliukoinen eli geelityvä kuitu. Ei liukene veteen molekyylitasolla, mutta muodostaa kolloidisen seoksen veden kanssa, jolloin sitä voidaan kutsua vesiliukoiseksi. Liukoiset kuidut säätelevät elimistön glukoosi- ja rasva-aineenvaihduntaa tasaamalla aterianjälkeistä verensokerin vaihtelua ja sitomalla kolesterolia sekä sappihappoja, minkä seurauksena veren kolesterolipitoisuus laskee. Liukoisia kuituja ovat esimerkiksi hedelmien, marjojen ja kasvien pektiini, kauran ja ohran beetaglukaani sekä rukiin ja ohran liukoinen arabinoksyylaani.

Ominaispaino

Tiheys. Tiheys on suure, joka kuvaa kappaleen massaa tilavuusyksikköä kohden. Tietyn lämpötilan ja paineen vallitessa tiheys on kullekin aineelle ominainen vakio. Tiheyden SI-järjestelmän mukainen yksikkö on kg/m^3 .

Polymeeri

Molekyyli, joka koostuu kemiallisin sidoksin yhteen liittyneistä, vähintään viidestäkymmenestä monomeeristä.

Polysakkaridi

Hiilihydraatti, joka koostuu useista yhteen liittyneistä monosakkarideista.

Primäärirakenne

Proteiinien ja peptidien aminohappojen sitoutumisjärjestys.

Rasvahappo

Haarautumaton pitkäketjuinen karboksyylihappo. Rasvahapoissa on lähes aina parillinen määrä hiiliatomeja ja ne voidaan luokitella tyydyttyneiksi ja tyydyttymättömiksi sekä edelleen kertatyydyttymättömiksi ja monityydyttymättömiksi sisältämiensä kaksoissidosten lukumäärän perusteella.

Sekundäärirakenne	Vetysidoksilla yhteen liittyneistä aminohappoketjuista koostuva, kiertymällä ja/tai laskostumalla muodostuva proteiinin rakenneaste.
Substraatti	Lähtöaine, joka entsyymikatalysoidussa reaktiossa muuttuu toiseksi tai hajoaa reaktiotuotteiksi. Kukaan substraatti sopii täydellisesti entsyymien tertiääriseen rakenteen tiettyyn kohtaan eli aktiiviseen kohtaan.
Tertiäärirakenne	Tertiäärirakenne on proteiinin kolmiulotteinen muoto, joka voi koostua useammista sekundäärirakenteista.
Tiksotropinen	Leikkausoheneva. Kun jokin aine tai materiaali on leikkausoheneva, sen viskositeetti laskee sekoitettaessa.

1 JOHDANTO

Altia Oyj:llä on toimintaa seitsemässä eri maassa, joista Suomessa sijaitsee kolme toimipistettä: tislaamo Koskenkorvalla, pullottamo ja teknisten etanolien tehdas Rajamäellä sekä pääkonttori Ruoholahdessa. Altian alkoholijuomien tuotevalikoimaan kuuluu omia brändejä, sekä kattava valikoima ulkomaisia päämiestuotteita. Yritys valmistaa, maahantuo ja vie väkeviä alkoholijuomia sekä viinejä. (Altia Yrityksenä, [viitattu 1.2.2017].) Alkoholijuomien valmistuksen ja maahantuonnin lisäksi Altian liiketoimintaan kuuluu teollisia tuotteita, kuten tekniset etanolit ja liuottimet teollisuuden alojen tarpeisiin, maalämpönesteitä maalämpöjärjestelmiin ja sopimusvalmistuspalveluita alkoholiteollisuudelle. Altian Koskenkorvan tehdas on tislaamon ohella myös maailman ainut päätoimisena ohratärkkelystä tuottava tehdas. Ohratärkkelystä tuotetaan elintarviketeollisuudelle, sekä sideaineeksi paperi- ja kartonkiteollisuuteen. (Altia Industrial, [viitattu 1.2.2017].) Tislauksessa syntyvän viljaviinan sivutuotteina syntyy tärkkelyksen lisäksi rankkia ja rehuja.

1.1 Lähtötilanne

Yeast extract on Altia Oyj:n Koskenkorvan tehtaalla tuotettava, tislauksen sivutuotteena syntyvä funktionaalisen rehuuotteen raaka-aine. Se koostuu hiivasta ja ohrasta ja sitä saadaan, kun tislauksjäännöksenä syntyvä ohrarankki jaotellaan ominaispainoon perustuen kiinteään ja liukoiseen osaan. Yeast extract on rankin kiinteää osaa, rankkiseparaattorin alitetta.

Yeast extractia kerätään sivuun prosessista yhtenä päivänä viikosta. Keräämisen jälkeen tuote haihdutetaan valumafilmiputkihaiduttimella noin 24 kuiva-ainepro-senttiin, minkä jälkeen tuotteeseen lisätään viskositeettia alentava entsyymi. Tuote lastataan lämpötilaltaan 80-asteisena säiliöautoon vuorokauden sisällä entsyymilisäyksestä ja kuljetetaan asiakkaalle. Tuote on 80-asteisena haihduttamisen jälkeen vielä helposti pumpattavissa säiliöautoon, mutta jäähtyttyään se on erittäin jähmeää. Entsyymilisäyksellä sen viskositeettia saadaan kuitenkin laskettua niin, että tuote on mahdollista saada jäähtyneenä ulos säiliöautosta myös asiakkaan luona.

Yeast extractin valmistusprosessia on tarkoitus kehittää ja päästä tuotteessa korkeampaan kuiva-ainepitoisuuteen, kuin mikä tällä hetkellä on mahdollista. Korkeamman kuiva-ainepitoisuuden esteenä on tuotteen haihduttamisen seurauksena kohoava viskositeetti. Jos tuotantoprosessiin olisi mahdollista löytää tehokkaampi entsyymi, joka laskisi viskositeettia nykyistä entsyymiä tehokkaammin, tuotetta olisi mahdollista haihduttaa pidemmälle kuin 24 kuiva-aineprosenttiin. Tuote toimii nykyiselläänkin, mutta prosessia halutaan kehittää ja selvittää tämän opinnäytetyötutkimuksen avulla, mitkä komponentit tuotteessa aiheuttavat suurimman viskositeetin nousun jäähtymisen aikana. Tätä kautta päästäisiin mahdollisesti kehittämään prosessia ja etsimään uutta tehokkaampaa entsyymiä Yeast extractin tuotantoon. Jos tuotetta saataisiin kuivattua pidemmälle, säiliöautojen ei tarvitsisi kuljettaa niin paljon vettä tankeissaan, vaan tankeissa olisi enemmän tuotteen kuivamassaa. Myös asiakas hyötyisi tästä, sillä asiakas kuivaa tuotteen säkkitavaraksi kustannuksiltaan kalliilla sumutuskuivauksella.

Tämän opinnäytetyön menetelmäosiossa tutkittiin Yeast extractia entsyymikokeiden avulla. Tuote sisältää komponentteja, jotka voivat aiheuttaa tuotteen viskositeetin kohoamisen. Tähän opinnäytetyöhön valittiin tutkittaviksi komponenteiksi todennäköisimmät viskositeetin nostajat: proteiinit, ohratärkkelys, beetaglukaani ja arabinoksyalaani. Jokainen komponentti vaikuttaa tuotteen viskositeettiin omalta osaltaan, mutta tarkoitus oli selvittää, mikä on yksittäisen komponentin vaikutuksen suuruus kokonaisuuteen.

1.2 Tavoitteet ja rajaus

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, mikä on Yeast extractin yksittäisten komponenttien vaikutus tuotteen kokonaisviskositeettiin. Työstä rajattiin ulos tuotteen reologisten ominaisuuksien tutkiminen ja uuden entsyymin etsiminen Yeast extractin tuotantoon. Viskositeetin mittauksilla tutkittiin eri entsyymien vaikuttavuuden suhteellista vastetta tuotteen todellisen viskositeetin määrittämisen sijaan.

1.3 Työn rakenne

Työ koostuu kirjallisuusosioista ja menetelmäosioista. Kirjallisuusosiossa käydään ensin läpi Altian Koskenkorvan tehtaan prosessia. Prosessinkuvaus toimii osaltaan pohjatuksena koko tutkimukselle sekä muille kirjallisuusosion aiheille. Muita kirjallisuudessa käsiteltäviä aiheita ovat ohra, entsyymit, lämpötila, pH ja viskositeetti. Ohraa käsitellään ensin yleisellä tasolla, jonka jälkeen pureudutaan tarkemmin sen sisältämiin komponentteihin, kuten proteiineihin, tärkkelykseen ja ravintokuituihin. Käydään lyhyesti läpi myös ohran sisältämät pienemmät komponentit. Entsyymit, lämpötila ja pH ovat tutkimuksen koeasetelman osatekijöitä ja niistä joista käsitelläänkin omana kokonaisuutenaan tutkimuksen kannalta olennaisesta näkökulmasta. Käsitettä viskositeettiä käydään läpi yleisellä tasolla painottaen tässäkin kohdassa tutkimuksen kannalta oleellisiin tietoihin.

Menetelmäosiossa kuvataan Yeast extractille tehtyjen entsyymikokeiden kulku vaiheittain aloittaen tutkimuksen esivalmisteluista päätyen entsyymikokeisiin, näytteiden viskositeettien mittaamiseen ja lopulta tuloksiin ja tulosten tarkasteluun. Johtopäätökset ja pohdinta -osioissa käydään läpi tutkimuksesta saatujen tulosten hyödynnettävyyttä ja merkitystä tulevaisuutta ajatellen.

2 KOSKENKORVAN TEHTAAN PROSESSI

Altia Oyj:n Koskenkorvan tehtaalla prosessin ainut raaka-aine on suomalainen ohra. Tehtaalle tuleva ohra kerätään keskimäärin noin 120 km säteellä tehtaasta. Ohran lisäksi käytetään jonkin verran apuaineita, jotta päästään prosessin kannalta haluttuun lopputulokseen.

Vilja tuodaan tehtaalle rekoilla ja traktoreilla. Viljan vastaanotosta ohra siirretään siiloihin. Koskenkorvan tehtaan siiloihin mahtuu yhteensä noin 19 miljoonaa kiloa ohraa, mikä vastaa noin kuukauden varastoa.

Viljan prosessointi aloitetaan viljan puhdistuksella. Puhdistus tapahtuu muun muassa ilman ja magneettien avulla. Viljasta erotetaan roskat, pöly, kivet ja mahdolliset metallikappaleet. Tämän jälkeen vilja kuoritaan kivikuorinnalla. Kivikuorijat hankaa- vat ohranjyviä vasten ja irrottavat näin jyvistä kuoret mekaanisesti. Ohrankuori sekä pöly hyödynnetään tehtaan energiantuotannossa. Ne menevät tehtaan biovoimallaitokselle polttoon ja tällä tavoin saadaan tuotettua höyryä prosessin tarpeisiin. Tällä hetkellä tehtaan polttoaineomavaraisuus on noin 55 %. Jonkin verran käytetään nykyään vielä myös turvetta, mutta sen käyttö on selkeästi vähentynyt biovoimallaitoksen valmistuttua vuonna 2014.

Kuorinnan jälkeen vilja jauhetaan ja jauho lietetään veteen. Prosessoinnin aikana viljasta erotetaan kuitu, proteiini ja tärkkelys. Prosessiin lisätään apuaineina entsyymejä, natriumbisulfiittia ja rikkihappoa, jotta saadaan kemiallisesti rikottua sidoksia kuidun, proteiinin ja tärkkelyksen erottamiseksi. Prosessivesien kierto prosessin aikana säästää puhdasta vettä, sekä entsyymejä.

Tärkkelys erotellaan hydrosyklonien avulla a- ja b-tärkkelykseksi. Isommat partikkelit, eli a-tärkkelys, otetaan prosessista sivuun ja myydään asiakkaille paperiteollisuuden raaka-aineeksi sekä elintarviketeollisuuteen. A-tärkkelystä sekä kuivataan että myydään eteenpäin suoraan lietetärkkelyksenä. Pienemmät partikkelit, eli b-tärkkelys, jatkavat matkaansa Koskenkorvan omassa prosessissa. Ne pilkotaan mäskäyk- sessä sokerointientsyymien avulla glukoosiksi ja käytetään etanolin valmistukseen.

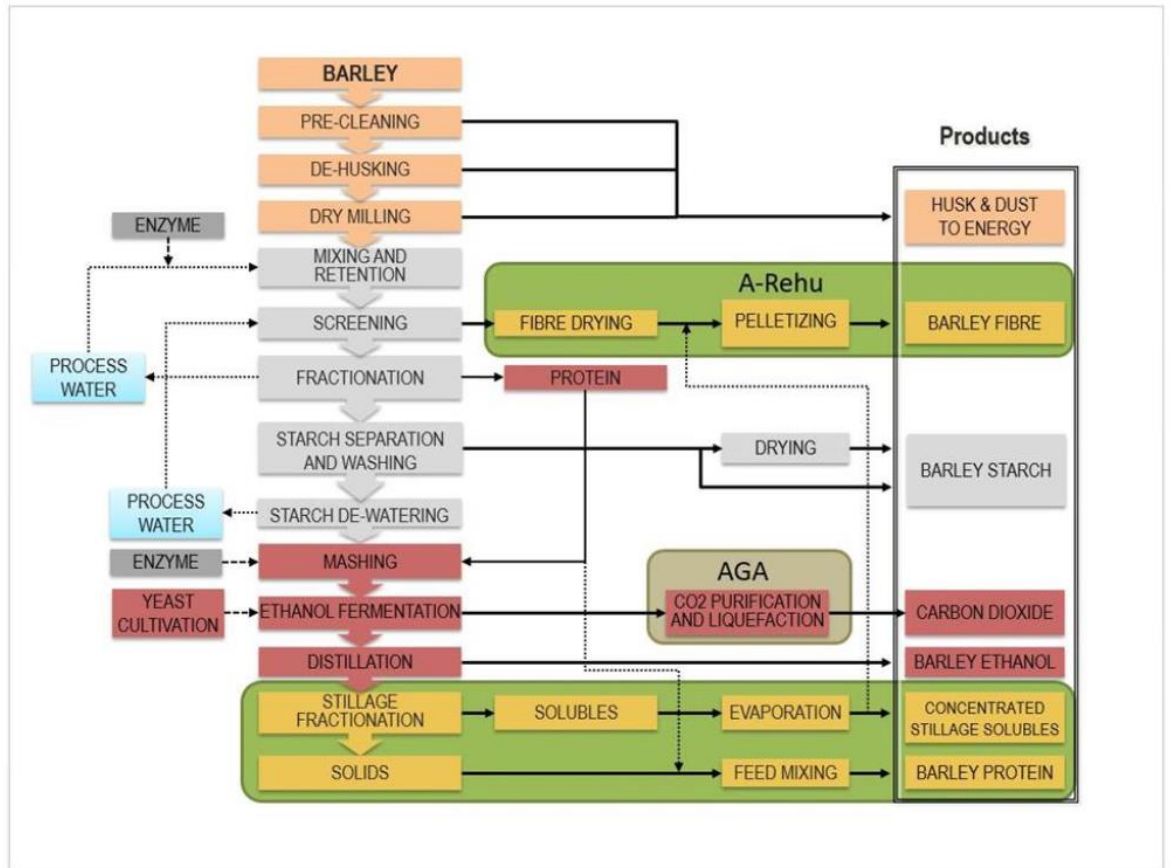
Käymisessä hiiva käyttää sokereita ravinnokseen ja muodostaa alkoholia. Käymisprosessissa syntyy aineenvaihduntatuotteena alkoholin lisäksi hiilidioksidia. Suurin osa syntyvästä hiilidioksidista otetaan talteen ja käytetään hyödyksi pääosin puutarhaviljelyssä kasvihuonekaasuna. Hiilidioksidia käytetään myös teurastamoilla ja hit-sausteollisuudessa. Altian tehtaan vieressä on Agan tuotantolaitos, jossa tapahtuu hiilidioksidin talteenotto ja puhdistus.

Kaskadikäymisessä muodostuva alkoholi tislataan Altian Koskenkorvan tislauksessa jatkuvatoimisella tislusmenetelmällä. Tehtaalla on käytössä seitsemän tislauksolonnia, joista viisi on pääkolonneja. Vuosittain valmistuu kymmeniä miljoonia litroja 96-tilavuusprosenttista viljaviinaa ja lisäksi valmistetaan absoluutoitua viinaa lääketehneiden tarpeisiin. Absoluutoitua viinaa saadaan poistamalla vesi 96-tilavuusprosenttisesta viinasta ajamalla se molekyyliseulojen läpi. Vesi jää molekyyliseuloihin ja etanoli jatkaa matkaansa.

Tislauksesta jää jäännökseksi ohrarankkia. Rankki jaotellaan ominaispainoon perustuen liukoiseen ja kiinteään osaan ja siitä valmistetaan nestemäisiä rehut tuotteita, kuten ohravalkuaisrehua (OVR) sioille ja tiivistettyä tärkkelysrankkia (TTR) naudoille sekä tässä opinnäytetyössä tutkittavaa, Altian asiakkaalle myytävää rehut tuotteen raaka-ainetta, Yeast extractia.

Yeast extractista ei ole tällä hetkellä saatavissa tarkempia koostumustietoja. Tällä hetkellä ei tiedetä, paljonko tuote sisältää ohraperäisiä komponentteja tai paljonko hiivaperäisiä komponentteja. Tuotteen virallinen nimi on Yeast extract ja sitä käytetään tässä opinnäytetyössä tuotenimenä. Tuotteella ei ole virallista suomenkielistä nimeä.

Kuviossa 1 on kuvattuna Koskenkorvan tehtaan prosessi.



Kuvio 1. Koskenkorvan tehtaan prosessi (Altia Oyj).

3 OHRA

Ohra (*Hordeum vulgare* L.) on maailmanlaajuisesti viljelty, hyvin erilaisia ilmasto-olosuhteita kestävä viljakasvi. Ohran jyvä on muodoltaan pitkulainen, noin 7–12 mm pitkä, kuorellinen (helpeet) tai kuoreton (ei helpeitä). (Elfson 2012, 303.) Jyvän väri on tavallisesti vaalean keltainen, mutta väri voi vaihdella keltaisesta violettiin, siniseen ja mustaan. Väriinvaihtelua aiheuttaa pääasiassa helpeiden, perikarpin ja aleuronikerroksen sisältämät antosyaanit. (Arendt & Zannini 2013, 161.) Ohralajikkeet jaetaan tähkän perusteella kahteen ryhmään: kaksitahoiseen ja monitahoiseen ohraan. Kaksitahoisella ohralla jyvät ovat tähkässä kahdessa rivissä ja monitahoisella kuudessa rivissä. (Ulvinen 2002, 23–24.)

3.1.1 Jyvän koostumus

Ohranjyvä koostuu kuorikerroksesta, ytimeestä ja alkiosta. Jyvän ulkokuoren alla jyvä on muodostunut kerroksittain koostuen hedelmäseinästä (perikarppi), siemenkuoresta (testa), aleuronikerroksesta, endospermista, alkiokilvestä (scutellum) sekä alkiosta. Kuori ja perikarppi koostuvat suurimmalta osin liukenemattomista kuiduista, kuten selluloosasta, hemiselluloosasta, ligniinistä ja lignaanista. Kuoresta suurin osa on selluloosaa, mutta se sisältää myös pieniä määriä polyfenoleita, testiinihappoa ja mineraaleja. Perikarppi ympäröi jyvää kauttaaltaan ja toimii myös suojaavana kuorena jyvälle. Siemenkuori eli testa koostuu kuoren tavoin selluloosasta ja on jyvää ympäröivä suojaava kiinteä kalvo, joka päästää läpi vain puhtaan veden. (Arendt & Zannini 2013, 161–162.) Aleuronikerros ympäröi endospermiä. Ohranjyvässä on useampia aleuronikerroksia. Kerrokset ovat muodostuneet soluista, jotka ovat sijoittuneet kahteen tai kolmeen riviin. (Delcour & Hosney 2010, 14–15.) Aleuronikerroksen solut sisältävät proteiineja ja tuottavat entsyymejä. Kerroksen proteiineihin on sitoutuneena rasvaa ja polyfenoleita. (Arendt & Zannini 2013, 162.)

Endospermi muodostaa suurimman osan jyvän kokonaisuudesta, noin 75 % (Arendt & Zannini 2013, 162). Endospermi koostuu suurimmalta osin tärkkelyksestä, mutta sisältää lisäksi myös proteiineja sekä kuituja, kuten beetaglukaania ja arabinoksyylaania (Fastnaught 2001, 519). Tärkkelysjyväsiä on kahdenlaisia, suurempia

ja soikeita a-tärkkelysjyväsiä (kooltaan 25-40 μ m) sekä pienempiä ja pyöreitä b-tärkkelysjyväsiä (kooltaan <10 μ m). Suurempia a-tärkkelysjyväsiä on määrällisesti vähemmän, kuin pieniä b-tärkkelysjyväsiä, mutta suuremmat tärkkelysjyvät muodostavat suuremman osan jyvän sisältämän tärkkelyksen kokonaispainosta. Endospermin tärkkelysjyviä ympäröi proteiinimatriisi. (Arendt & Zannini 2013, 162–163.)

Alkio sijaitsee jyvän tyvessä selkäpuolella. Alkion erottaa endospermistä ohut kalvo, alkiokilpi. Alkio sisältää paljon proteiinia ja sokereita (raffinoosi, fruktosaani) sekä lisäksi lipidejä ja tuhkaa. Alkiokilven soluseinät koostuvat pääosin hemiselluloosasta ja proteiineista, mutta sisältävät myös fenoleja, mineraaleja ja sokereita. Alkiokilven solut tuottavat hormoneja, jotka vapauttavat entsyymejä käynnistäen synteessin, minkä seurauksena endospermin tärkkelys ja proteiinit hydrolysoituvat tuottaen ravinteita kasvavalle ohrantaimelle. (Arendt & Zannini 2013, 163–165.)

3.1.2 Jyvän komponenttien suhteelliset osuudet

Ohranjyvien koostumus voi vaihdella laajasti riippuen ohralajikkeesta. Jyvän koostumuksen voi jakaa kolmeen suurempaan osaan: hiilihydraatit, ravintokuitu ja proteiinit. Suurimman osuuden jyvistä muodostavat hiilihydraatit, joista tärkkelys on suurin komponentti. Tärkkelyksen osuus vaihtelee välillä 49–68 % ohranjyvän kuiva-aineesta. Toisen ryhmän muodostaa ravintokuitu, joista hemiselluloosat beeta-glukaani sekä arabinoksyylaani muodostavat ryhmän suurimmat komponentit. Beeta-glukaania on arviolta 4–11 % ja arabinoksyylaania 4–7 % jyvän kuiva-aineesta. Muita ravintokuitujen ryhmään kuuluvia pienempiä komponentteja ovat muun muassa selluloosa ja ligniini. Proteiinit muodostavat kolmannen ryhmän 9–22 % osuudella kuiva-aineesta. Ohran varastoproteiinit muodostavat suunnilleen puolet ohran proteiineista ja ne voidaan jakaa neljään luokkaan: albumiinit, globuliinit, prolamiinit (hordeiini) ja gluteliinit. (Elfson 2012, 303–305.) Proteiinit, jotka eivät kuulu varastoproteiineihin toimivat entsyymeinä, sekä soluseinien rakenneproteiineina. (Arendt & Zannini 2013, 170.)

Ohranjyvässä on lisäksi myös noin 2–4 % mineraaleja ja rasvaa. Mineraalit sijaitsevat pääosin jyvän uloimmissa kerroksissa. (Elfson 2012, 306.) Rasvaa on endospermissä, alkiossa ja jyvän kuorella (Hockett 1991, 155).

3.2 Tärkkelys

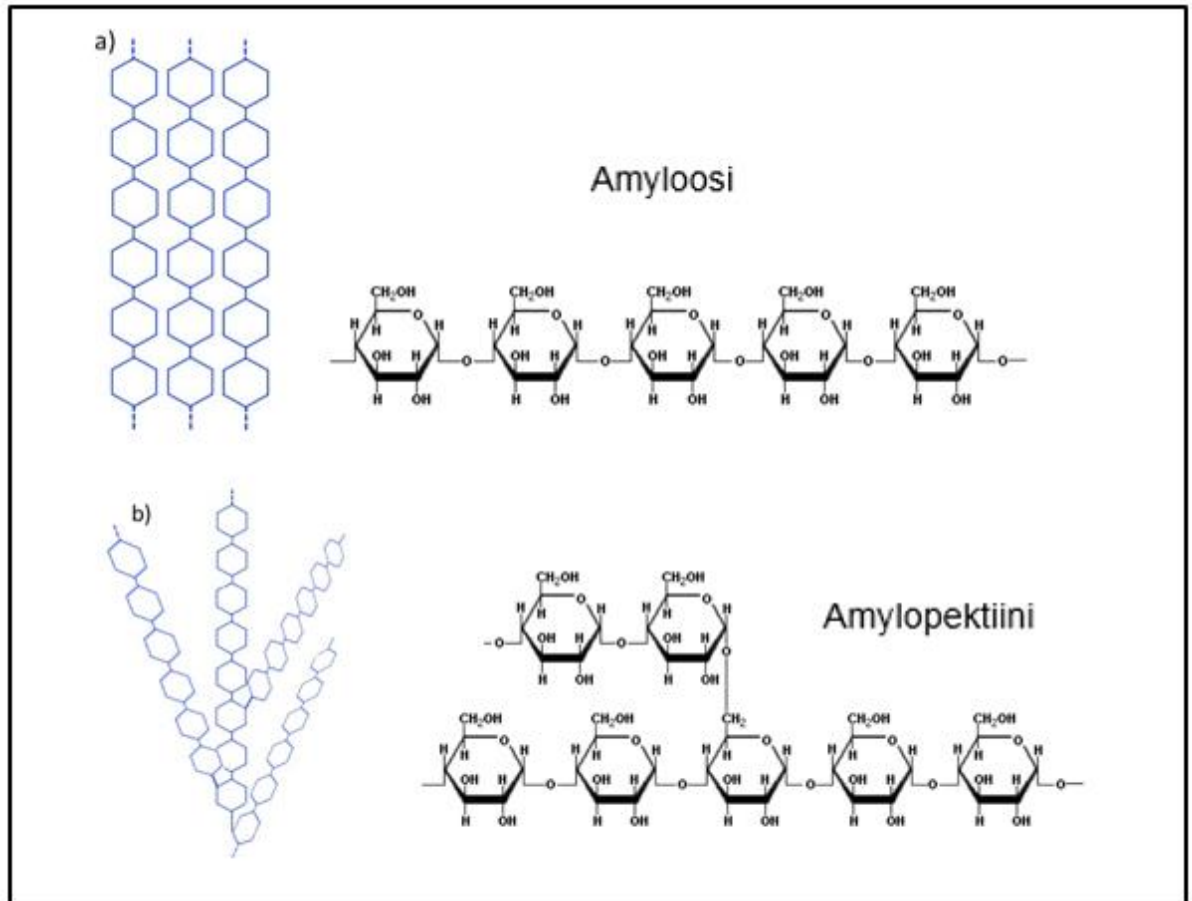
Tärkkelystä syntyy kasveissa fotosynteesin kautta. Tärkkelys koostuu useista yhteen liittyneistä glukoosimolekyyleistä ja se esiintyy kasveissa jyväsissä, joiden koko vaihtelee kasvilajista riippuen. (Dahlgren 1998, 47–48.) Tärkkelys on kasvien varas-
topolysakkaridi, jonka tehtävänä on varmistaa kasvin energiansaanti silloin, kun energiaa ei ole saatavilla riittävästi ravinteiden kautta (Turpeenoja 1999, 52).

3.2.1 Tärkkelysjyvät

Tärkkelysjyväset koostuvat pääosin kierteisestä suoraketjuisesta amyloosista ja haarautuneesta amylopektiinistä. Nämä kaksi erilaista tärkkelysmolekyyliä eroavat ominaisuuksiltaan ja niiden pitoisuudet tärkkelysjyväsessä vaikuttavat tärkkelyksen ominaisuuksiin. Amylopektiini on molekyylikooltaan suurempi kuin amyloosi. (Männistö 2012, 9–17.) Tärkkelysjyvien sisäinen rakenne on kerrostunut ja se muodostuu kasvurenkaista. Kasvurenkaat koostuvat vuorotellen kiteytyneestä kerroksesta ja amorfisesta kerroksesta. (Wrolstad 2011, 113.)

Amyloosin ja amylopektiinin lisäksi tärkkelysjyvässä on pieniä määriä proteiineja (entsyymeinä, tärkkelyksen pintaproteiininä), lipidejä (fosfolipideinä ja rasvahappoina) sekä fosfaattimonoestereitä erityisesti perunatärkkelyksessä (Wrolstad 2011, 112).

Amyloosin ja amylopektiinin rakenteet on esitetty kuviossa 4. Kuviossa on havainnollistettuna rengasmaisten glukoosiyksiköiden muodostamat amyloosin suoraketjuinen rakenne ja amylopektiinin haaroittunut rakenne, sekä näiden tarkemmat kemialliset rakenteet. Delcourin ja Hoseneyn (2010, 26–27) mukaan molemmat tärkkelysmolekyylit koostuvat α -D-glukooseista, jotka ovat kiinnittyneenä toisiinsa α -1,4 -sidoksilla. Amylopektiinillä on lisäksi α -1,6 -sidoksia, joilla glukoosiketjut ovat liittyneet toisiinsa.



Kuvio 2. Glukoosi on kemialliselta rakenteeltaan rengasmaisen hiilivety. Tärkkelys on polysakkaridi, joka koostuu useista glukoosiyksiköistä. a.) suoraketjuinen amyloosi. b.) haaroittunut amylopektiini. (Matikainen 2014; Männistö 2012, 10.)

3.2.2 Tärkkelyksen gelatinoituminen ja geelin muodostus

Tärkkelyksen ollessa kosketuksissa veden kanssa, jyvät alkavat imeä vettä itseensä (kuvio 3). Sen seurauksena jyvät turpoavat hieman, mutta reaktio on palautuva. Jos liuosta kuumennetaan yli tärkkelyksen liisteröitymislämpötilan, tapahtuu muutoksia, jotka ovat palautumattomia. (Hoseney 1986, 49–50.) Tärkkelystä kuumennettaessa vesiliuoksessa jyvän sisäinen järjestäytynyt rakenne muuttuu pysyvästi (Wrolstad 2011, 113–114).

Lämmitettäessä vesi-tärkkelys -liuosta yli liisteröitymislämpötilan tärkkelysjyvät turpoavat moninkertaisiksi. Tärkkelysmolekyyleistä suurempi, amylopektiini, aiheuttaa jyvien turpoamisen ja molekyyleistä pienempi, amyloosi, valuu ulos tärkkelysjy-

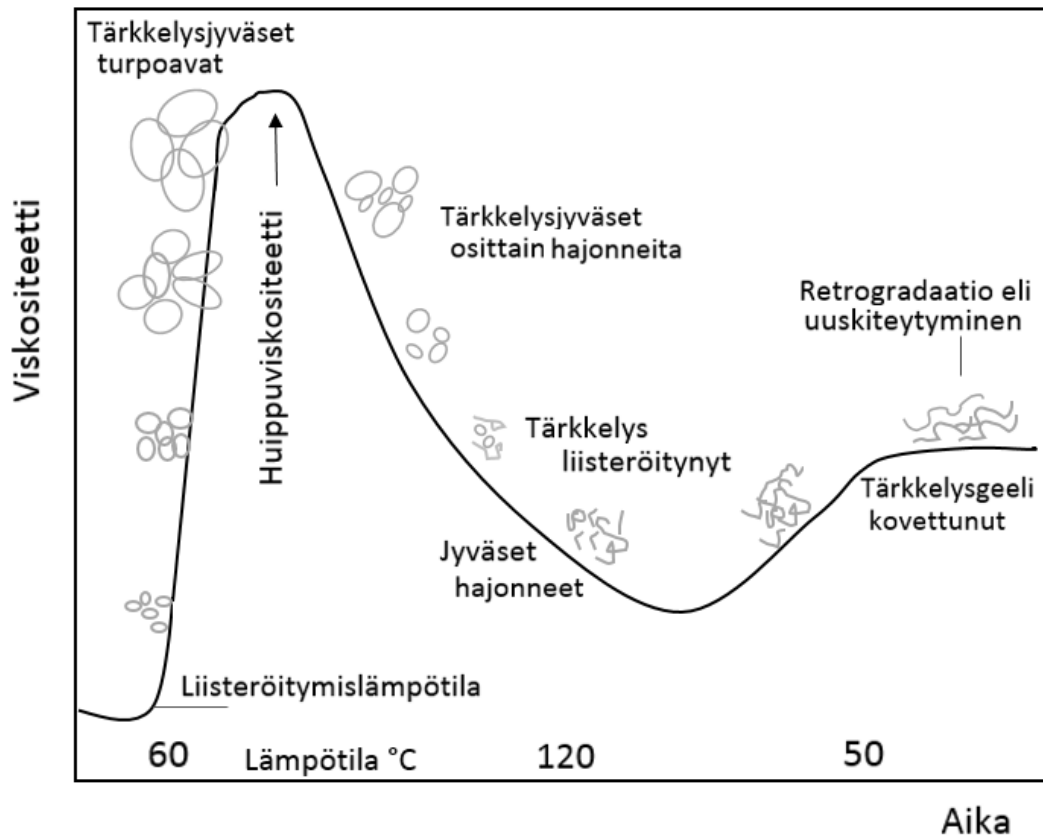
västä. Näiden molekyyliessä tapahtuvien muutosten seurauksena viskositeetti kasvaa ja tärkkelysjuväset muodostavat jähmeän massan. Tapahtumaa kutsutaan gelatinoitumiseksi. Gelatinoitumislämpötila on kullekin kasvilajin tärkkelykselle ominainen riippuen molekyylikoostumuksesta. (Wrolstad 2011, 113–115.) Liuksen viskositeetin muutos on kuvattuna kuviossa 3.

Kun tärkkelysjuvät ovat turvonneet tarpeeksi, sekoitus aiheuttaa niiden hajoamisen. Hajoamisen seurauksena yhä enemmän amyloosia vuotaa ulos juvästä. Sekoitettaessa lisää amyloosimolekyylit asettuvat sekoitusliikkeen suuntaisesti, jolloin juvien hajoaminen ja amyloosimolekyylien asettuminen sekoituksen suuntaisesti aiheuttavat liuksessa viskositeetin laskun. Tärkkelyksen ja veden yhdessä muodostama massa on siis tiksotropinen neste. (Wrolstad 2011, 114–115.) Kun tärkkelysjuvien hajottua seoksen lämpötila alkaa laskea, tärkkelysmolekyylien välille syntyy vetysidoksia. Vetysidokset sitovat vesimolekyylejä muodostaen geelin. (Hoseney 1986, 54.) Geelin muodostumisen seurauksena seoksen viskositeetti alkaa nousta uudelleen.

3.2.3 Retrogradaatio ja synereesi

Tärkkelysgeelin vanhetessa säilytyksen aikana gelatinoitunut tärkkelys uudelleenkiteytyy. Ilmiötä kutsutaan retrogradaatioksi. Retrogradaatiossa pääasiassa tärkkelyksen amylopektiini pyrkii takaisin kiteiseen muotoonsa, mutta joissain tapauksissa myös amyloosi voi kiteytyä. (Delcour & Hoseney 2010, 38.)

Tärkkelysgeelin säilytyksen aikana voi tapahtua myös nesteen erottumista geelistä. Tapahtumaa kutsutaan synereesiksi. Synereesissä tärkkelysmolekyylien välisten sidosten vuorovaikutukset puristavat veden ulos geelistä. (Hoseney 1986, 54.)



Kuvio 3. Tärkkelysgeelin viskositeetin käyttäytyminen Delcourin ja Hoseneyn mukaan kuumennettaessa ja jäähdytettäessä (Männistö 2012, 21).

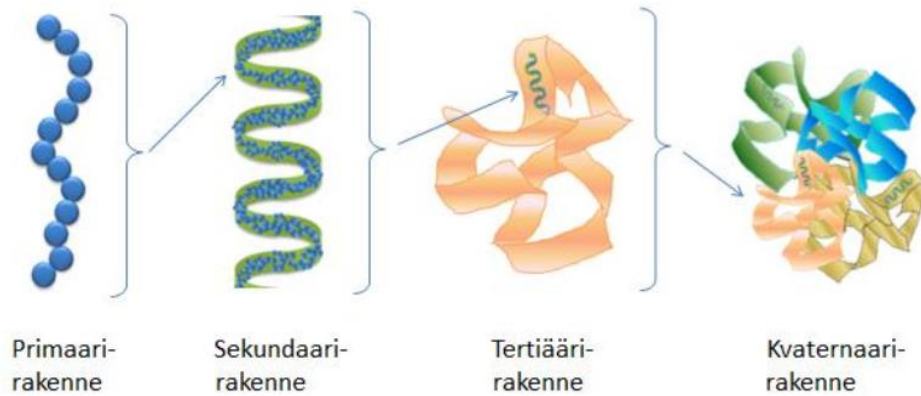
3.3 Proteiinit

Proteiinit eli valkuaisaineet muodostuvat 20 L-aminohaposta. Proteiinit ovat rakenteeltaan polymeerejä, jotka muodostuvat aminohappoketjuista. Yksittäiset aminohapot liittyvät yhteen peptidisidoksien avulla, jolloin niistä tulee aminohappoketjuja. (Mattila, Piironen & Ollilainen 2003, 121.) Aminohapot muodostuvat keskushiilestä, karboksyyli- ja aminoryhmästä, sekä sivuryhmästä. Aminohappoketjussa edellisen aminohapon karboksyyli-ryhmä kiinnittyy peptidisidoksella seuraavan aminohapon aminoryhmän kanssa. (Aittomäki ym. 2002, 48.) Amino- ja karboksyyli-ryhmät ovat aina samanlaiset riippumatta siitä, mikä aminohappo on kyseessä. Sivuryhmät määräävät aminohappojen kemiallisen luonteen ja erottavat aminohapot toisistaan. Proteiineiksi kutsutaan polypeptideitä, joiden ketjussa on yli 20–30 aminohappoa. Kun ketjussa on tätä vähemmän aminohappoja, käytetään nimitystä peptidi. (Suominen & Ollikka 2004, 38.) Proteiineja, jotka sisältävät pelkkiä aminohappoja kutsutaan

yksinkertaisiksi proteiineiksi. Muita funktionaalisia ryhmiä sisältäviä proteiineja kutsutaan konjugoituneiksi proteiineiksi. (Vilhunen 2012, 3.)

3.3.1 Proteiinien neljä eri rakenneastetta

Proteiineilla on neljä eri rakenneastetta: primääri-, sekundääri-, tertiääri- ja kvaternäärirakenne. Rakenneasteet ovat kuvattuna kuviossa 4. Primäärirakenne kuvaa aminohappojen sitoutumisjärjestystä. Primäärirakenne vaikuttaa proteiinien rakenteellisiin, biologisiin ja fysikokemiallisiin ominaisuuksiin. (Mattila ym. 2003, 121.) Sekundäärirakenne kuvaa peptidirungon osien suuntautumista säännöllisessä rakenteessa. Sekundäärirakenteen muotoon vaikuttaa primäärirakenne eli aminohappojärjestys, sillä molekyylien väliset voimat ja aminohappojen sivuryhmien tilantarve saavat peptidisidokset kiertymään. Sekundäärirakennetta voi olla kahdenlaista, poimuttunutta tai serpentiinimäistä. Vetysidokset pitävät sekundäärirakennetta koossa. Tertiäärirakenne on proteiinin kolmiulotteinen muoto, joka voi koostua useammista sekundäärirakenteista. (Vilhunen 2012, 3–4.) Kolmiulotteiseksi taipunutta tertiäärirakennetta kutsutaan proteiinin luonnolliseksi muodoksi eli natiivimuodoksi (Turpeenoja 1999, 93). Tertiäärirakenteeseen ja sen stabiiliuteen vaikuttavat vetysidosten lisäksi proteiinin sivuryhmien välillä vallitsevat van der Waalsin voimat, rikkisillat sekä ionivuorovaikutukset. Tertiäärirakenteella on oleellinen merkitys proteiinien denaturoitumisreaktiossa. (Vilhunen 2012, 4.) Kvaternäärirakenne on useammasta osayksiköstä koostuva rakenne, jossa kaksi tai useampia tertiäärirakenteita yhdistyy ja muodostaa suuremman kokonaisuuden eli kvaternäärirakenteen (Turpeenoja 1999, 95). Kvaternäärirakenteen muodostavat polypeptidiketjut voivat olla primäärirakenteeltaan identtisiä tai toisistaan poikkeavia. Kaikilla proteiineilla ei esiinny kvaternäärirakennetta. (Horton ym. 2006, 87.)



Kuvio 4. Proteiinien neljä eri rakenneastetta (Kyntäjä 2014, 16).

3.3.2 Denaturoituminen ja koaguloituminen

Proteiineilla on kyky sitoa vettä, sekä muodostaa vaahtoa ja emulsioita. Proteiineissa oleva vesi on sitoutuneena proteiinin pintaan ja sisäosiin. (Dahlgren 1998, 61–63.) Proteiinin natiivirakennetta koossa pitävät sidokset hajoavat helposti voimakkaan mekaanisen käsittelyn, lämpötilan, raskasmetallien, vahvojen happojen tai emästen vaikutuksesta ja tämän seurauksena proteiini denaturoituu eli menettää biologisen aktiivisuutensa. Proteiinin denaturoituessa sen tertiääri- ja kvaternäärirakenne purkautuu, eli rakennetta koossapitävät sidokset aukeavat ja proteiinin natiivirakenne tuhoutuu. Proteiini voi aueta jopa primäärirakenteeksi asti, mutta primäärirakenteen peptidisidos on niin vahva, että se aukeaa vasta entsyymikäsittelyllä tai voimakkaalla happohydrolyysillä. (Turpeenoja 1999, 96–97.) Proteiinin denaturoituessa sen vedensidontakyky heikkenee, jolloin myös liukoisuus vähenee. Denaturoituminen voi olla lievää jo 40 °C:ssa, mutta selkeämpää 60 °C:ssa ja sitä korkeammissa lämpötiloissa. (Dahlgren 1998, 62–63.)

Jos proteiinin denaturoitumisen yhteydessä on ympärillä runsaasti vettä, proteiini koaguloituu eli muodostaa hyytelön tai saostuman. Yhteen liittyneistä proteiinimolekyyleistä muodostuu runko, jonka seurauksena proteiini kykenee sitomaan suuria määriä vettä. (Dahlgren 1998, 63.)

3.4 Ravintokuitu

Ravintokuitu jaetaan liukeneviin ja liukenemattomiin kuituihin. Ohran ravintokuidut sijaitsevat pääasiassa jyvän soluseinien materiaaleina. Ravintokuituihin luetaan komponentit, kuten selluloosa, beetaglukaani, arabinoksyylaani, ligniini sekä fruktaani ja glukomannaani. Kokonaisravintokuidun määrä ohrassa on 11–34 %. (Arendt & Zannini 2013, 165–167.) Seuraavissa kappaleissa esitellään ravintokuidun pääkomponentit: selluloosa, hemiselluloosa ja ligniini.

3.4.1 Selluloosa

Selluloosa on glukoosimolekyyleistä β -D-1,4 -sidoksilla rakentuva pitkäketjuinen polymeeri, liukenematon kuitu. Selluloosa muodostaa yhdessä ligniinin kanssa jyvään rakenteen, joka suojaa jyvää tuholaisilta ja kuivumiselta. (Arendt & Zannini 2013, 167.) Selluloosalla on korkea vedensidontakyky (Nelson 2001, 3).

3.4.2 Hemiselluloosa

Hemiselluloosa yhdessä pentosaanien kanssa muodostavat ryhmän, johon kuuluvat polysakkaridit, jotka eivät ole selluloosaa tai tärkkelystä. Ryhmään kuuluu sekä liukoisia että liukenemattomia komponentteja. Hemiselluloosan ja pentosaanien komponentit toimivat jyvän soluseinissä sideaineina ja pitävät solun kasassa. (Hoseney 1986, 90–91.) Yleisimmät tähän ryhmittymään kuuluvat komponentit ovat beetaglukaani ja arabinoksyylaani. Beetaglukaani koostuu β -D-1,3 ja β -D-1,4 -sidoksilla yhteen liittyneistä glukoosimolekyyleistä ja sitä on ohranjyvässä keskimäärin 4–11 %. (Elfson 2012, 304.) Arabinoksyylaani on pentooseista, ksyloosista ja arabinooista, koostuva polymeeri. Ohranjyvä sisältää noin 4–7 % arabinoksyylaania. (Arendt & Zannini 2013, 167–168.) Kummatkin komponentit, sekä beetaglukaani että arabinoksyylaani, pystyvät muodostamaan viskooseja liuoksia niiden korkean liukoisuuden sekä hyvän vedensidontakykynsä ansiosta (Elfson 2012, 305). Vaikka esimerkiksi arabinoksyylaania on määrällisesti vähän ohrassa, sen kyky muodostaa hyvin viskooseja liuoksia vaikuttaa suuresti sen hyödyntämiseen teknologisesti (MacGregor & Fincher 1993, 113).

3.4.3 Ligniini

Ligniini on liukenematon kuitu, aromaattinen polymeeri, joka koostuu fenyylipropaniyksiköistä. Sen rakenne voi vaihdella koostuen erilaisista rakenneyksiköistä, kuten p-kumaryylialkoholista, koniferyylialkoholista ja sinapyylialkoholista. Ligniinin tehtävä on antaa kasville rakennetta ja kestävyyttä sekä sitoa kasvin muita sakkariidimolekyylejä yhtenäiseksi kokonaisuudeksi. Ligniiniä on vaikea hajottaa, sillä se on erittäin resistentti esimerkiksi kemikaaleille ja entsyymeille. (Nelson 2001, 5.)

3.5 Pienemmät komponentit

3.5.1 Lipidit

Ohranjyvä sisältää noin 2–4 % lipideitä kokonaispainostaan. Lipidit sijaitsevat suurimmaksi osaksi alkiossa ja endospermisissä ja ne jaetaan kahteen ryhmään sijaintinsa mukaan: tärkkelyslipideihin ja lipideihin, jotka eivät ole kosketuksissa tärkkelyksen kanssa. Jyvä sisältää määrällisesti eniten linolihappoa, mutta myös muita rasvahappoja, kuten palmitiinihappoa, öljyhappoa, linoleenihappoa ja steariinihappoa. (Arendt & Zannini 2013, 171–172.)

3.5.2 Mineraalit ja vitamiinit

Mineraalit sijaitsevat pääosin jyvän alkiossa, perikarpissa ja aleuronikerroksissa. Mineraalit jaetaan makro- ja mikroravinteisiin. Makroravinteina ohra sisältää muun muassa kalsiumia, magnesiumia, fosforia, kaliumia ja natriumia. Mikroravinteista taas rautaa, sinkkiä, kuparia ja seleeniä. (Arendt & Zannini 2013, 173–174.)

Ohra sisältää kaikkia muita vitamiineja paitsi A-, D-, K-, B₁₂- ja C-vitamiineja. Eniten ohrassa on rasvaliukoista E-vitamiinia. (Arendt & Zannini 2013, 172.)

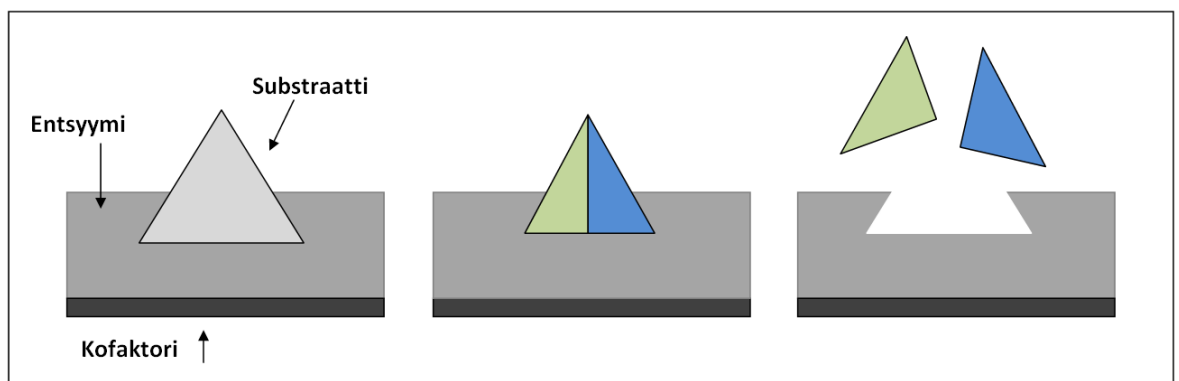
4 KOEASETELMAN OSATEKIJÄT

4.1 Entsyymit

Entsyymit ovat biologisia katalyyttejä, jotka nopeuttavat kemiallisia reaktioita muuttumatta itse reaktioissa. Entsyymikatalysoidun reaktion lähtöainetta kutsutaan substraatiksi. Jokainen entsyymi vaikuttaa spesifisesti tiettyyn substraattiin tai substraatteihin muodostaen tiettyjä lopputuotteita. Entsyymit ovat suurikokoisia proteiinimolekyylejä. (Naz 2002, 4.)

4.1.1 Toiminta ja spesifisyys

Entsyymin katalysoima reaktio tapahtuu aina entsyymin aktiivisessa keskuksessa, johon lähtöaine, substraatti, sitoutuu (kuvio 5). Kun reaktio on tapahtunut, lopputuote irtoaa entsyymistä. Niin lopputuotteita, kuin substraattejakin voi olla reaktiossa useita. (Aittomäki ym. 2002, 52.) Entsyymin rakenteessa voi olla sitoutuneena myös jokin muu komponentti kuin proteiini. Tällaista komponenttia kutsutaan kofaktoriksi. Kofaktori on usein välttämätön entsyymin aktiivisuudelle. Kofaktori voi olla metalli-ioni tai orgaaninen molekyyli, jolloin sitä kutsutaan koentsyymiksi. (Naz 2002, 4.) Jos koentsyymit ovat vain löyhästi sitoutuneena entsyymiin, ne voivat toimia niin sanottuina apusubstraatteina reaktion aikana. Reaktion tapahduttua ne irtoavat entsyymistä. (Aittomäki ym. 2002, 54.)



Kuvio 5. Entsyymin toiminnan kuvaus. Reaktion alussa substraatti kiinnittyy entsyymien aktiiviseen kohtaan. Reaktion tapahduttua reaktiotuotteet vapautuvat ja

entsyymi on valmis vastaanottamaan uuden substraatin. Entsyymi itse ei muutu reaktiossa. (Heiskanen & Mankinen 2004.)

Aittomäen ym. (2002, 55) mukaan entsyymit luokitellaan kuuteen luokkaan sen perusteella, minkälaisia reaktioita ne katalysoivat.

Entsyymit jaetaan

- oksidoreduktaaseihin,
- transferaaseihin,
- hydrolaaseihin,
- lyaaseihin,
- isomeraaseihin,
- ligaaseihin.

Kuudessa pääluokassa on alaluokkia sen mukaan, mitä reaktioita entsyymit katalysoivat ja millaisia substraatteja entsyymit käyttävät.

Myös entsyymien substraattispesifisyys voidaan jaotella erilaisiin ryhmiin sen perusteella, miten entsyymi hajottaa substraattia. Entsyymit voivat esimerkiksi hajottaa substraattia katkaisemalla tiettyjä sidoksia (sidospesifisyys), hajottamalla kemiallisia ryhmiä (ryhmäspesifisyys), vaikuttamalla vain yhteen substraattiin ja siten katalysoida vain yhden reaktion (absoluuttinen spesifisyys) tai valikoida substraatikseen vain tietyn substraatin isomeerin (stereospesifisyys). (Naz 2002, 24.)

4.1.2 Aktiivisuus

Entsyymin aktiivisuus kuvaa entsyymin toimintaa reaktion katalyyttinä. Entsyymin aktiivisuus kertoo entsyymin katalysoimien reaktiotapahtumien määrän aikayksikössä. Entsyymien aktiivisuudelle on olemassa SI-järjestelmän mukainen aktiivisuusyksikkö katal, kat ja sen yksikkö on mol s⁻¹. Useimmin käytetään kuitenkin vanhempaa, tuotteen muodostumisnopeutena määriteltyä entsyymiaktiivisuusyksikköä U, μmol min⁻¹. (Aittomäki ym. 2002, 53.)

4.2 Lämpötila

Lämpö on molekyylien liikettä. Kun molekyylien välinen liike lisääntyy, lämpötila nousee. Jonkin aineen, esimerkiksi nesteen, molekyylien välinen sisäinen aktiivisuus siis aiheuttaa joko lämpötilan nousun tai laskun. (McMillan 2011, 1.) Kun jonkin aine-erän lämpötila muuttuu, aine luovuttaa tai vastaanottaa energiaa, eli tapahtuu energian siirtymistä (Suvanto 2003, 401).

4.2.1 Lämpötila-asteikot

Lämpötila on perussuure, jonka yksikkö SI-järjestelmässä on K, kelvin, ja tunnus T. Kelvinasteikko alkaa absoluuttisesta nollapisteestä, 0 K, joka on asteikon matalin lämpötila. Kelvinasteikosta käytetäänkin nimitystä absoluuttinen lämpötila-asteikko, mutta voidaan myös puhua termodynaamisesta lämpötila-asteikosta. (Hautala & Peltonen 2014, 157.) Kelvinasteikon peruspisteenä käytetään arvoa 273,16 K, joka vastaa celsiusasteikon lämpötilaa 0,01 °C. Kelvinasteikko ja celsiusasteikko ovat yksiköiltään yhtä suuret (1 K = 1 °C), jolloin niiden muutokset ovat yhtä suuret: $\Delta T = \Delta t$. Näiden kahden asteikon lämpötilat poikkeavat toisistaan 273,15 verran, jolloin 0 °C vastaa +273,15 K. (Suvanto 2003, 402.)

Yleisimmin käytetty celsiusaste, jonka yksikkö on °C ja tunnus t, on SI-järjestelmän mukainen johdannaisyksikkö (Lehtonen ym. 2006, 15). Celsiusasteikossa 0 °C vastaa veden sulamispistettä ja 100 °C veden kiehumispistettä (Suvanto 2003, 402).

4.2.2 Lämpötilan mittaaminen ja lämmönsiirtyminen

Lämpötilan mittaaminen perustuu termiseen tasapainoon. Terminen tasapaino saavutetaan, kun kahden toisistaan lämpötilaltaan poikkeavan kappaleen lämpötilaerot tasoittuvat kappaleiden ollessa kosketuksissa toisiinsa. Lämpötilan mittaamisessa lämpömittari ja mittauskohde asettuvat termiseen tasapainoon, jolloin lämpömittarin näyttämä lukema kertoo mitattavan kohteen lämpötilan. Monet teknisesti tärkeät

ominaisuudet ovat lämpötilariippuvaisia, kuten nesteen viskositeetti, kiinteän kapaleen mitat, kemiallisten reaktioiden nopeus ja aineiden olomuodot. (Suvanto 2003, 401.)

Lämmönsiirtymistapoja ovat konvektio, johtuminen ja säteily. Konvektiossa eli kuljetuksessa lämpö siirtyy liikkuvan aineen mukana, kuten virtaavan nesteen. Lämmön johtumisessa energiaa siirtyy aineen rakenneosasten välisissä törmäyksissä, jolloin lämpö voi kulkea esimerkiksi metallitangon kuumasta päästä kohti viileämpää johtumalla. Lämpösäteilyssä lämpö siirtyy sähkömagneettisen aallon avulla ilman väliainetta. Esimerkiksi lämpöpatteri luovuttaa lämpöä huoneilmaan lämpösäteilemällä. (Suvanto 2003, 450–452.)

4.3 pH

Yleisin happo-emäsmääritelmä on Bronstedin ja Lowryn esittämä teoria, jonka mukaan happo on aine, joka luovuttaa vetyionin (H^+) ja emäs on aine, joka vastaanottaa vetyionin. Happo-emäsreaktioita kutsutaan protolyysiksi eli protoninsiirtoreaktioiksi, koska reaktiossa H^+ -ioni eli protoni siirtyy hapolta emäkselle. Luovuttaakseen vetyionin, happo tarvitsee parikseen emäksen, joka ottaa vetyionin vastaan. Samalla tavoin emäs tarvitsee hapon läsnäolon vastaanottaakseen vetyionin. Hapot ja emäkset toimivat siis yhdessä. (Antila ym. 2008, 147–148.)

Aineen happamuutta ilmoittava luku, pH-arvo, määräytyy liuoksessa H_3O^+ -konsentraation, eli liuoksessa olevien oksoniumionien mukaan. Veteen tehtävä happolisäys kasvattaa liuoksen H_3O^+ -konsentraatiota, jolloin OH^- :n konsentraatio pienenee. Vastaavasti emäslisäys nostaa OH^- :n konsentraatiota ja laskee H_3O^+ -konsentraatiota. (Lehtonen & Lehtonen 2008, 130–131.)

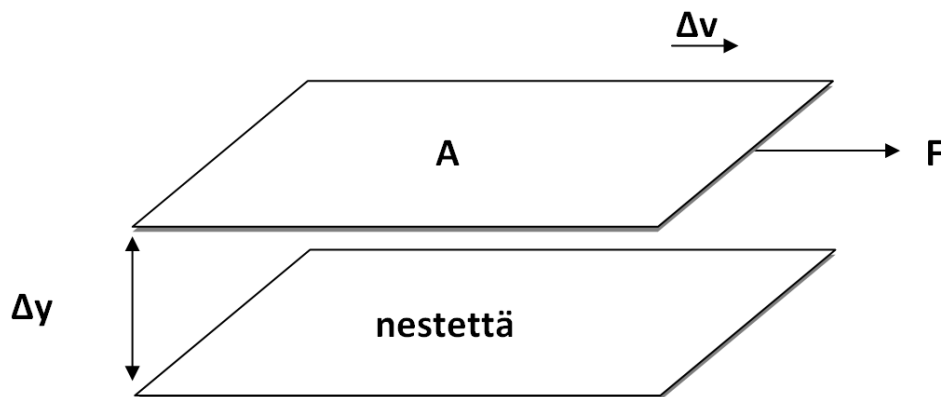
pH:n mittaaminen on yksi laboratorioissa sekä kemianteollisuuden prosesseissa tapahtuvia perusmittauksia. Liuoksen pH voidaan määrittää tarkasti sähkökemiallisen pH-mittarin avulla, mutta myös happo-emäsindikaattoriaineilla likimääräisesti. (Antila ym. 2008, 165.) pH-arvo ilmaistaan yleensä asteikolla 0–14 (Lehtonen & Lehtonen 2008, 130).

Tavallisimpia happoja ovat vetykloridihappo HCl, rikkihappo H₂SO₄ ja typpihappo HNO₃. Yleisimpiä emäksiä ovat puolestaan natriumhydroksidin NaOH, kalsiumhydroksidin Ca(OH)₂ sekä kaliumhydroksidin KOH vesiliuokset. (Antila ym. 2008, 149.)

5 VISKOSITEETTI

Nesteet ovat juoksevuusominaisuuksiltaan hyvin erilaisia (Lehtonen ym. 2006, 63). Nesteiden erilaista kykyä vastustaa virtausta kutsutaan viskositeetiksi (Hautala & Peltonen 2014, 121). Viskositeetti on nesteen sisäistä kitkaa. Mitä suurempi on nesteen sisäinen kitka, sitä suurempi voima tarvitaan nesteen liikuttamiseen. (Brookfield Engineering Laboratories 2014, 15.)

Viskositeetti on määritelty Newtonin viskositeettimallin mukaan seuraavasti. Kuviossa 6 on päällekkäin kaksi levyä, joiden välissä on kerros nestettä Δy . Liikutetaan päällimmäistä levyä voiman F suuntaan, jolloin se liikkuu nopeudella Δv . Newtonilaisilla nesteillä nopeus Δv on suoraan verrannollinen levyä liikuttavaan voimaan F , sekä nestekerroksen paksuuteen Δy , mutta kääntäen verrannollinen levyn pinta-alaan A . Jos levyn pinta-ala kasvaa, myös liikuttavan voiman täytyy kasvaa, jos levyn nopeus halutaan pitää samana. Suhdetta $\tau = F/A$ kutsutaan leikkausjännitykseksi. Sen yksikkö on Pa, pascal. (Hautala & Peltonen 2014, 121.)



Kuvio 6. Viskositeetti määriteltynä Newtonin viskositeettimallin mukaan. Kyseessä on dynaaminen viskositeetti. (Hautala & Peltonen 2014, 121.)

Viskositeetti η määritellään Newtonin viskositeetilla kaavassa 1:

$$\tau = \eta \frac{\Delta v}{\Delta y} \quad (1)$$

missä

τ on leikkausjännitys, Pa

η on nesteen dynaaminen viskositeetti, Pa · s

Δv on nopeus, m/s

Δy on nestekerroksen paksuus, m

Dynaamisen viskositeetin yleisimmin käytetty yksikkö on SI-järjestelmän mukainen Pa · s. Nykyään saatetaan vielä kuitenkin käyttää myös vanhempaa yksikköä poise, P. 1 cP on 1 mPa · s. (Lehtonen ym. 2006, 64.)

Viskositeetin määrittämiseen voidaan myös käyttää toista suuretta, kinemaattista viskositeettia, ν . Kinemaattinen viskositeetti on esitettyinä kaavassa 2. Se saadaan dynaamisesta viskositeetista jakamalla se nesteen tiheydellä. (Lehtonen ym. 2006, 64.)

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} \quad (2)$$

missä

ν on kinemaattinen viskositeetti, m²/s

η on dynaaminen viskositeetti, Pa · s

ρ on tiheys, kg/m³

5.1 Newtonilaiset ja ei-newtonilaiset nesteet

Nesteet jaetaan juoksevuusominaisuuksiensa perusteella newtonilaisiin ja ei-newtonilaisiin nesteisiin. Nesteitä, jotka noudattavat edellisessä kappaleessa kuvattua Newtonin viskositeettimallia kutsutaan newtonilaisiksi nesteiksi. Newtonilaisia nesteitä ovat vesi, useimmat öljyt ja orgaaniset liuottimet. Nesteitä, jotka eivät noudata yllä kuvattua viskositeettimallia, kutsutaan ei-newtonilaisiksi nesteiksi. Tällaisia ovat

esimerkiksi liimat, maalit, majoneesi, suklaa ja jogurtti. (Lehtonen ym. 2006, 65.) Tässä opinnäytetyössä tutkittava rehutuohteen raaka-aine Yeast extract on myös ei-newtonilainen neste.

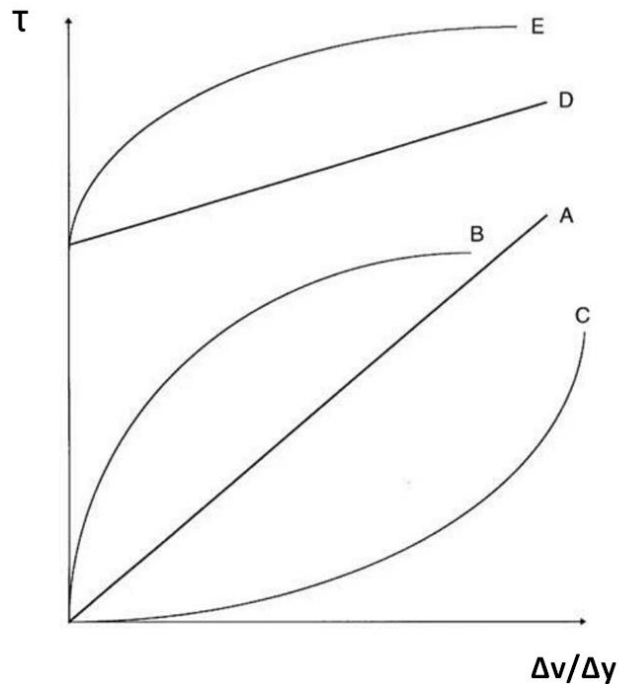
Newtonilaisilla nesteillä ei ole sisäistä rakennetta ja niiden viskositeetti on vakio vakiolämpötilassa. Ei-newtonilaisilla nesteillä viskositeetti riippuu nopeuden gradientin, $\Delta v/\Delta y$, lisäksi vispaushistoriasta. Ei-newtonilaiset nesteet koostuvat yleensä pitkistä molekyyliketjuista. Molekyyliketjut voivat toisiinsa sotkeutuessaan tai kemiallisten vuorovaikutuksien vuoksi muodostaa kasaumia tai hajota, jolloin niillä on vaikutus nesteen viskositeettiin. (Hautala & Peltonen 2014, 133.)

Fellowsin (2017, 40–41) mukaan ei-newtonilaiset nesteet voidaan jakaa ryhmiin käyttäytymisensä perusteella.

Nesteet jaetaan

- pseudoplastisiin,
- dilatantteihin,
- bingham-plastisiin
- casson-plastisiin,
- tiksotropisiin.

Pseudoplastisilla nesteillä viskositeetti laskee leikkausnopeuden kasvaessa, kun taas dilatanteilla viskositeetti kasvaa leikkausnopeuden kasvaessa. Bingham-plastisilla ja casson-plastisilla nesteillä ei ole virtausta ennen tietyn leikkausjännityksen saavuttamista. Kun leikkausjännitys saavutetaan, on muutos bingham-plastisilla lineaarinen suhteessa leikkausnopeuteen ja casson-plastisilla viskositeetti laskee leikkausnopeuden kasvaessa. Tiksotropisilla nesteillä leikkausjännityksen vaikuttaessa materiaalin molekyylirakenteeseen, rakenne rikkoutuu ja viskositeetti laskee. (Fellows 2017, 40–41.) Nesteiden viskositeettien käyttäytyminen on esitetty kuviossa 7.



Kuvio 7. Nesteiden viskositeettien muutokset kuvaajina. Kuvaajissa leikkausjännitys on esitettyinä leikkausnopeuden funktiona. A) Newtonilainen neste. Newtonilaisilla nesteillä muutos käyrällä on aina lineaarinen. B) Pseudoplastinen neste. C) Dilatantti neste. D) Bingham-plastinen neste. E) Casson-plastinen neste. (Fellows 2017, 40–41.)

5.2 Lämpötilariippuvuus

Nestemolekyylien väliset vuorovaikutukset ovat riippuvaisia lämpötilasta. Täten myös viskositeetti on lämpötilariippuvainen suure. Nesteillä viskositeetti laskee lämpötilan noustessa. Tämä johtuu siitä, että nestemolekyylien väliset voimat heikenevät lämpötilan noustessa. Kaasuilla ilmiö on päinvastainen. Lämpötilan noustessa kaasujen viskositeetti kasvaa, sillä kaasumolekyylien väliset törmäykset lisääntyvät. (Hautala & Peltonen 2014, 134.)

6 MENETELMÄKUVAUS

Tämän opinnäytetyön koeasetelma muodostui klassisesta koeasetelmasta, jossa tutkittiin Altian Koskenkorvan tehtaalla tuotettavan rehuraaka-aineen Yeast extractin komponentteja entsyymikokeiden avulla. Komponentteja tutkittiin muodostamalla näytesarjoja, jotka sisälsivät testisarjan ja kontrollisarjan. Näytesarjoilla tehtiin entsyymikokeita, joiden tuloksellisuutta mitattiin näytteiden viskositeettiarvojen muutosprosentteina. Kokeet ja mittaukset tehtiin Altian Koskenkorvan tehtaan laboratoriossa.

Koeasetelman interventio oli näytteisiin tehty entsyymilisäys. Jos testisarjan viskositeettiarvo oli mittausten lopputuloksena selkeästi matalampi verrattuna kontrollisarjaan, voitiin päätellä, että interventiolla on syy-seuraussuhde eli kausaaliteetti tutkittavaan asiaan. Näytteille tehdyillä viskositeetin mittauksilla haettiin eri entsyymien vaikuttavuuden suhteellista vastetta fluidin todellisen viskositeetin määrittämisen sijaan. Mittauksien tarkoituksena oli vertailla tietyllä leikkausnopeuden arvolla mitattua näennäistä viskositeettia.

6.1 Tutkittavat komponentit

Tähän opinnäytetyöhön valittiin tutkittaviksi komponenteiksi todennäköisimmät viskositeetin nostajat: proteiinit, ohratärkkelys, beetaglukaani ja arabinoksyylaani.

Proteiinin määrä tuotteessa tiedetään olevan noin 45–50 %. Proteiinin määrä on mitattu Koskenkorvan tehtaan laboratoriossa Dumatherm DT -tyypianalysointilaitteella. Dumas-menetelmässä laite analysoi näytteen typen määrän, joka muutetaan proteiinipitoisuudeksi käyttämällä proteiinikerrointa 6,25. Kertoimen käytöstä on säädetty Suomen ja EU:n päällysmarkintälainsäädännössä ja se perustuu olettamukseen, jonka mukaan elintarvikkeen proteiineissa on 16 % typpeä (Mattila, Piironen & Ollilainen 2003, 124).

Tärkkelyksen määrän uskottiin olevan tuotteessa varsin vähäinen, koska se pyritään poistamaan prosessista mahdollisimman tehokkaasti. Tärkkelys otettiin kuitenkin mukaan tähän tutkimukseen, sillä se on potentiaalinen viskositeetin nostaja jo

pieninä pitoisuuksina liisteröitymisominaisuutensa vuoksi. Beetaglukaanin ja arabinoksytaanin määrää tuotteessa ei tiedetä. Beetaglukaani ja arabinoksytaani ovat hemiselluloosien ryhmään kuuluvia ohranjyvän soluseinien komponentteja, jotka pystyvät liukoisuuteensa ja vedensidontakykyensä vuoksi muodostamaan viskooseja geelejä.

6.2 Tutkimukseen käytetyt entsyymivalmisteet

Tutkimusta varten hankittiin kolmen eri entsyymitoimittajan kautta mahdollisimman spesifisiä teollisuusentsyymejä, joilla oli mahdollisimman vähän tai ei ollenkaan sivuaktiivisuuksia tutkittavien komponenttien kesken. Teollisuusentsyymit eivät ole täysin puhtaita entsyymejä, mutta tässä tutkimuksessa ei keskitytty entsyymien tarkempien koostumustietojen selvittämiseen, vaan tutkimuksessa toimittiin entsyymitoimittajilta saatujen tietojen pohjalta. Tutkimuksen kannalta oli riittävää, jos entsyymitoimittaja ilmoitti, että entsyymillä ei ole sivuaktiivisuuksia tai kyseessä on yhdistelmäentsyymi, joka koostuu useasta eri entsyymistä.

Tutkimukseen käytettiin yhteensä yhdeksää eri entsyymivalmistetta (taulukko 1). Osalla entsyymeistä ei ollut ilmoitettuja sivuaktiivisuuksia, kuten proteaaseilla (Collupulin L, Novozym 25086, Fermgen 2,5x), beetaglukanaasilla (Optimash TBG), sellulaasilla (Optimash Barley) sekä alfa-amylaasilla (GC-626). Loput entsyymeistä olivat yhdistelmiä kahdesta tai useammasta entsyymistä, kuten sellulaasi–ksylanaasi (Optimash Wheat), beetaglukanaasi–ksylanaasi (Optimash BG) ja beetaglukanaasi–ksylanaasi–sellulaasi–alfa-amylaasi (Viscoferm).

Selluloosaa ei otettu mukaan tämän tutkimuksen todennäköisimmin viskositeettia nostavien komponenttien listalle. Selluloosa poistetaan prosessista tuotannon alkupäässä, joten sitä ei pitäisi tuotteessa olla juurikaan. Lisäksi natiivimuodossa oleva selluloosa ei vaikuta viskositeetin muodostukseen olennaisesti. Entsyymikokeita päätettiin kuitenkin tehdä myös sellulaasilla, sillä kyseistä entsyymiä oli saatavissa entsyymitoimittajalta.

Entsyymivalmisteista löytyy tarkemmat tiedot liitteestä 1.

Taulukko 1. Tutkimukseen käytetyt entsyymivalmisteet.

Entsyymin kauppanimi	Kuvaus
Collupulin L	Proteaasi
Novozym 25086	Proteaasi
Viscoferm	Beetaglukanaasi + ksylanaasi + sellulaasi + alfa-amylaasi
Fermgen 2.5x	Proteaasi
Optimash Wheat	Sellulaasi + ksylanaasi
Optimash TBG	Beetaglukanaasi
Optimash Barley	Sellulaasi
Optimash BG	Beetaglukanaasi + ksylanaasi
GC-626	Alfa-amylaasi

6.3 Näytteiden esivalmistelu

Yeast extractia täytyi jonkin verran käsitellä ennen varsinaisia entsyymikokeita. Entsyymikokeiden lähtökohtana oli säätää kullekin entsyymille optimitoimintaolosuhteet, eli varmistua siitä, että entsyymit varmasti reagoisivat kaiken saatavissa olevan substraatin kanssa loppuun asti.

Yeast extractin pH on luontaisesti noin 3,5–4,0. Entsyymistä riippuen Yeast extractia voitiin käyttää sellaisenaan tai pH-säädettynä 3-molaarisella natriumhydroksidiliuoksella. Näytteen pH mitattiin aina ennen ja jälkeen pH:n säädön.

Näytettä otettiin tutkimukseen kerrallaan viisi litraa. Näyttemäärän mahdollisen pH-säätämisen jälkeen Yeast extractia jaettiin kahteentoista 600 ml teräsastiaan, kuhunkin 400 g näytettä (kuva 1).



Kuva 1. Teräsastioita, joihin Yeast extract -näytettä punnittiin 400 g.

6.4 Näytteiden haudekäsittely

Yeast extractia sisältävistä 12 teräsastiasta yhdeksän laitettiin mäskäyshauteeseen lämpökäsittelyyn (kuva 2). Mäskäyshauteeseen (Lochner LB 12 Electronic 0809239) säädettiin aina kunkin entsyymin toiminnan kannalta optimaalinen lämpötila, kuten esimerkiksi 80 °C ja sopiva vaikutusaika, esimerkiksi 12 tuntia. Vaikutusaika on riippuvainen entsyymin aktiivisuudesta ja entsyymilisäysmäärästä. Tässä kokeessa jokaista entsyymiä lisättiin näytteisiin 8 ml. Määrä on suurehko näytemäärään suhteutettuna, mutta tarkoituksena oli saattaa substraatin hydrolysointireaktio loppuun asti mahdollisimman lyhyessä ajassa.

Kahdestatoista näytteestä kuusi oli entsyymikäsittelyn saavia näytteitä ja loput kuusi vertailunäytteitä. Vertailunäytteistä kolme sai aina saman haudekäsittelyn, kuin entsyymilisäyksen saaneet näytteet. Loput kolme vertailunäytettä siirrettiin kylmiöön (+2–+8 °C) odottamaan haudekäsittelyn ajaksi. Nämä kolme näytettä siirrettiin hauteeseen vasta entsyymikäsittelyn loputtua. Entsyymikäsittelyn loputtua kaikki näytteet (12 kpl) temperoitiin viskositeetin mittaustempötilaan, joka oli 20 °C.

Yhdessä haudekäsittelyssä käytettiin samaa entsyymiä kaikkiin kuuteen näytteeseen ja kokeet toistettiin samalla tavalla jokaisen entsyymin kohdalla. Eroavaisuutena Yeast extractin pH:n säätö ja hauteeseen säädetty kunkin entsyymin toiminnan kannalta olennainen optimilämpötila.



Kuva 2. Mäskäyshaude (Lochner LB 12 Electronic, sarjanumero: 0809239).

6.5 Viskositeetin mittaaminen

Näytteiden entsyymikäsittelyn jälkeen jokaisesta 12 näytteestä mitattiin viskositeetti Brookfieldin rotaatioviskosimetrillä (malli: LVTDV-II sarjanumero: D18935) (kuva 3). Aina ennen mittaamista tarkastettiin, että viskosimetri on tukevasti kiinni jalustassaan, vaaitettu suoraksi laitteen takana olevan kuplan avulla, nollattu ja valittu oikea spindeliluku (SPDL) käytettävän spindelin mukaan. Mittauksen alussa viskosimetrin kalibrointi tarkistettiin laitteen oman käyttöohjeen (Brookfield digitaaliviskosimetri DV-II, käsikirja n:o M/85-160-C) mukaan ja mitattiin kalibroidun testinäytteen (Brookfield viscosity standard, erä: 012907) viskositeetti ohjeen mukaisesti.

Kaikki näytteet olivat mittausvaiheessa temperoituina lämpötilaan 20 °C. Viskositeetti mitattiin näytteiden ollessa samoissa teräsastioissa, joissa ne entsyymikäsi-

teltiin, sekä temperoitiin. Viskositeetit mitattiin leikkausnopeudella 12 rpm ja spindelillä numero kolme. Kaikista näytteistä mitattiin viskositeetti neljässä eri aikapisteessä: yhden minuutin, kahden minuutin, kolmen minuutin ja neljän minuutin kohdalla. Mittaukset tehtiin neljässä eri aikapisteessä, koska viskosimetrin lukema ei tasaantunut mittauksen aikana.



Kuva 3. Brookfield rotaatioviskosimetri (malli: LVTDV-II, sarjanumero: D18935).

6.6 Entsyymivalmisteiden lisäyksen vaikutus

Jotta voitiin saada luotettavia tuloksia siitä, miten tehokkaasti kukin entsyymi todellisuudessa vaikutti Yeast extractin viskositeettiin, tehtiin entsyymivaikutuskokeiden lisäksi testit pelkän entsyymilisäyksen vaikutuksesta näytteeseen. Testattiin, kuinka paljon kukin entsyymineste itsessään alentaa 8 ml lisäsmäärällä näytteen viskositeettia. Entsyymivalmisteiden lisäyksen vaikutus tuli selvittää, sillä vertailunäytteisiin

ei tehty ollenkaan entsyymilisäystä. Ilman tätä selvitystä vertailunäytteiden tulokset eivät olisi täysin vertailtavissa entsyymikäsittelyn saaneiden näytteiden tuloksiin. Toinen vaihtoehto olisi ollut entsyymien inaktivointi ennen vertailunäytteisiin lisäämistä, jolloin kaikkiin 12 näytteeseen olisi tehty entsyymilisäys. Entsyymivalmisteita oli kuitenkin käytössä rajallinen määrä, joten tällä toimintatavalla entsyymit saatiin varmasti riittämään tutkimuksen ajan.

Kullakin entsyymivalmisteella tehtiin kolme rinnakkaista viskositeetin mittausta neljässä eri aikapisteessä näytteiden ollessa temperoituina 20 °C: n. Samaan tapaan tehtiin kolme rinnakkaista määrittystä vertailunäytteille, joihin ei tehty entsyymilisäystä. Viskositeetti mitattiin vuoron perään vertailunäytteestä ja näytteestä, johon lisättiin entsyymi. Entsyymilisäys tehtiin näytteeseen aina juuri ennen mittaamista näyte kerrallaan.

7 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELO

7.1 Entsyymivalmisteiden vaikutus

Pelkällä entsyymivalmisteiden lisäämisellä oli vaikutusta Yeast extract -näytteiden viskositeettiin. Taulukossa 2 on esitettyä vaikutus prosentteina. Vähiten vaikutusta oli Collupulin L -proteasilla, joka laski näytteiden viskositeettia 9,5 % näytettä kohti. Eniten vaikutusta oli Optimash TBG -beetaglukaanasilla, joka laski viskositeettia jopa 22,3 % näytettä kohti. Valmisteiden viskositeettia alentava vaikutus on huomioitu lopullisissa tuloksissa (taulukko 4) kunkin entsyymivalmisteiden kohdalla.

Taulukko 2. Entsyymivalmisteiden vaikutus näytteen viskositeettiin.

Entsyymivalmiste	Vaikutus viskositeettiin, %
Collupulin L	9,5
Novozym 25086	12,2
Viscoferm	13,9
Optimash Barley	16,3
Optimash Wheat	17,2
Optimash BG	17,4
GC-626	17,7
Fermgen 2,5x	18,5
Optimash TBG	22,3

Tarkemmat mittaustulokset entsyymivalmisteiden lisäyksen vaikutuksesta on esitettyä liitteessä 11. Liitteessä on esitettyä mittaustulokset erikseen jokaisesta entsyymivalmisteesta ja laskettuna kaikista muutosprosentit vertailunäytteiden mittaustulosten avulla.

Muutosprosentit laskettiin seuraavasti kaavalla 3:

$$(x - y)/x \cdot 100 \tag{3}$$

missä

x on vertailunäytteiden viskositeettiarvojen ka.

y on entsyymilisäyksen saaneiden näytteiden viskositeettiarvojen ka.

7.2 Mittaustulokset

Jokaisella entsyymillä tehtiin vähintään kaksi rinnakkaiskäsitelyä tulosten varmentamiseksi ja viskositeetti mitattiin kaikista näytteistä neljässä eri aikapisteessä. Yhteensä tehtiin siis vähintään 96 viskositeetin mittausta (12 näytettä/sarja) yhtä entsyymiä kohti. Poikkeuksena tästä oli Optimash barley -sellulaasi, jolla voitiin tehdä vain yksi näytesarja. Kyseisen entsyymin valmistus lopetettiin kesken opinnäytetyötutkimuksen ja entsyymitoimittajalta saatu määrä riitti vain yhden näytesarjan koekeseen. Selluloosa ei kuitenkaan ollut varsinaisten tutkittavien komponenttien listalla, joten tästä ei aiheutunut haittaa tutkimukselle.

Taulukossa 3 on esitetty viskositeettimittausten keskiarvot neljästä eri aikapisteestä. Taulukossa on eritelty jokaisen entsyymivalmisteen kohdalla entsyymikäsitelyjen näytteiden, pelkän haudekäsitelyn saaneiden näytteiden sekä temperoitujen näytteiden viskositeetit. Tulokset on esitetty viskositeetin mukaan nousevassa järjestyksessä. Tarkat mittauspöytäkirjat kunkin entsyymin osalta löytyvät liitteistä 2–10.

Taulukko 3. Yeast extract -näytteiden viskositeetti. Mittaustulokset ovat keskiarvoja.

Viskositeetti, CPS			
Entsyymivalmiste	Entsyymikäsitteily	Haudekäsitteily	Temperointi
Collupulin L	361	3179	3137
	450	2794	2896
	391	3050	3227
Novozym 25086	411	3480	3517
	366	3576	4338
Viscoferm	697	3025	2945
	995	3819	4508
Fermgen 2.5x	875	3603	4459
	1063	4952	6721
Optimash Wheat	1100	2857	2868
	1670	4287	4597
Optimash TBG	1526	4417	4095
	1666	3944	3862
	2183	4335	5773
Optimash Barley	1977	3863	3738
Optimash BG	2126	3202	4232
	1547	2998	3718
GC-626	3470	4143	4865
	3310	3564	4304

Näytteistä mitattujen viskositeettiarvojen perusteella laskettiin kullekin näytesarjalle muutosprosentit (kaava 3). Muutosprosentti kertoo, kuinka paljon mikäkin entsyymivalmiste alensi Yeast extract -näytteiden viskositeettia verrattuna haudekäsitelyihin ja temperoituihin vertailunäytteisiin. Mitä suurempi muutosprosentti on, sitä tehokkaampi entsyymivalmiste oli laskemaan näytteiden viskositeettia.

Entsyymivalmisteet laitettiin muutosprosenttien perusteella järjestykseen tehokkaimmasta tehottomimpaan. Järjestys on esitetty taulukossa 4. Selkeästi eniten tuotteen viskositeettia laskivat proteaasit Collupulin L ja Novozym 25086. Vähiten viskositeettia laski alfa-amylaasi GC-626.

Taulukko 4. Entsyymivalmisteiden tehokkuus laskemaan Yeast extractin viskositeettia.

Tulokset	
Entsyymivalmiste	Muutos-%
Collupulin L	77,3
Novozym 25086	77,3
Viscoferm	62,4
Fermgen 2.5x	61,2
Optimash Wheat	44,8
Optimash TBG	36,8
Optimash Barley	31,7
Optimash BG	30,2
GC-626	1,1

Mittaustulosten esittämisessä päädyttiin käyttämään keskiarvoja, koska keskiarvo ei juurikaan poikennut yksittäisten minuuttien perusteella lasketuista muutosprosentista. Liitteistä 2–10 on nähtävillä jokaiselle näytesarjalle lasketut muutosprosentit sekä keskiarvona että erikseen yhden minuutin, kahden minuutin, kolmen minuutin ja neljän minuutin arvoilla.

7.3 Tulosten tarkastelu

Tutkimuksessa mitattujen viskositeettiarvojen ja niistä laskettujen muutosprosenttien perusteella saatiin määritettyä, mikä on yksittäisten komponenttien vaikutus Yeast extractin kokonaisviskositeettiin. Komponenttien vaikutus tuotteen viskositeettiin laskevassa järjestyksessä:

1. Proteiinit
2. Beetaglukaani
3. Arabinoksyylaani
4. Tärkkelys

Saatujen tulosten perusteella voidaan todeta Yeast extractin sisältämien proteiinien muodostavan eniten viskositeettia nostavan kokonaisuuden tuotteessa. Kahdella

proteaasilla (Collupulin L, Novozym 25086) saavutettiin tuotteen viskositeetissa suurempi lasku, kuin Viscoferm-entsyymillä. Viscoferm-entsyymi sisälsi beetaglukanasia, ksylanaasia, sellulaasia sekä alfa-amylaasia, eli kaikkia muita komponentteja pilkkovia entsyymejä, paitsi proteaasia.

Tulosten perusteella beetaglukanin ja arabinoksyalaanin kohdalla ei sinänsä pysty absoluuttisesti sanomaan, kumpi aiheuttaa suuremman viskositeetin muodostuksen tuotteessa. Entsyymitoimittajilta ei ollut saatavissa spesifistä entsyymiä, joka olisi pilkkonut vain arabinoksyalaania, vaan entsyymeissä oli ksylanaasin lisäksi sivuaktiivisuuksia muihin komponentteihin, kuten beetaglukanisiin ja selluloosaan. Muutosprosenttien perusteella käy ilmi, että beetaglukanasi (Optimash TBG) alensi viskositeettia yksistään enemmän, kuin beetaglukanasin ja ksylanaasin yhdistelmä (Optimash BG). Entsyymien toiminta riippuu kuitenkin monesta tekijästä pH:n, lämpötilan ja vaikutusajan lisäksi. Lopputulokseen vaikuttaa myös entsyymin aktiivisuus sekä se, miten entsyymi pilkkoo substraattia. Erot entsyymien aktiivisuuksissa pyrittiin eliminoimaan pois kokeen muuttujista erilaisia tai mahdollisimman pitkiä vaikutusaikoja käyttäen. Näin voitiin varmistua siitä, että entsyymit varmasti reagoisivat kaiken saatavissa olevan substraatin kanssa loppuun asti. Jos tiettyä entsyymiä testattaessa päästiin esimerkiksi kolmen tunnin vaikutusajalla samaan lopputulokseen, kuin 12 tunnin vaikutusajalla, voitiin todeta substraatin hydrolysoituneen täydellisesti kokeen aikana ja tulosten olevan luotettavia ja vertailukelpoisia.

Tärkkelystä ei tulosten perusteella ole tuotteessa juuri yhtään, kuten jo tutkimuksen alussa epäiltiin. Selluloosa ei ollut varsinaisten tutkittavien komponenttien listalla, mutta entsyymikokeiden perusteella sellulaasi laski viskositeettia ainakin enemmän kuin alfa-amylaasi.

Tutkimuksen lopputuloksena mielenkiintoista oli myös huomata, että komponenttien muutosprosentit eivät muodosta yhteensä 100 %. Proteaaseilla saatiin laskettua tuotteen viskositeettia lähes 80 % ja silti esimerkiksi beetaglukanasi alensi viskositeettia noin 37 %. Lisäksi arabinoksyalaanilla ja selluloosalla oli omat vaikutuksensa tuotteen viskositeettiin.

7.3.1 Mahdolliset virhelähteet

Optimash TBG -beetaglukanaasilla oli suhteellisen korkea optimilämpötila, 80 °C. Korkeasta käsittelylämpötilasta johtuen näytteiden pintaan muodostui haudekäsittelyn aikana jonkin verran jähmeää kuorta, vaikka näytteissä oli kannet päällä koko käsittelyn ajan. Kansi ei silti täydellisesti estänyt nesteen haihtumista. Ensimmäisen Optimash TBG -käsittelyn jälkeen tehdyissä viskositeetin mittauksissa jouduttiin hylkäämään kahdeksan mittaustulosta näytteen pinnalle muodostuneen kuoren vuoksi. Kuorta oli selkeästi tarttunut mukaan spindeliin ja osa kuoresta raahautui spindelin mukana sen pyöriessä nostaen tuloksia. Muissa mittauksissa kiinnitettiin erityistä huomiota spindelin asettelussa näyteastiaan, ettei pinnalle mahdollisesti muodostunut kuori aiheuttanut lisää virheitä mittaustuloksiin.

Entsyymikokeet pyrittiin tekemään jokaisen entsyymin kohdalla lyhyemmällä ja pidemmällä vaikutusajalla sen vuoksi, että voitiin todentaa entsyymin pilkkoneen kaiken substraatin täydellisesti. Entsyymien Optimash BG, Fermgen 2,5x ja GC-626 kohdalla käytettiin kuitenkin kummassakin rinnakkaismittauksessa 12 tunnin vaikutusaikaa. Kyseisistä entsyymeistä Optimash BG sekä GC-626 osoittautuivat tulosten vertailuissa kahdeksi heikoimman tuloksen antaneeksi entsyymiksi. Myös Fermgen 2,5x jäi tuloksissa hieman heikommaksi kahteen muuhun proteaasiin verrattuna. Pitkän vaikutusajan ja entsyymien aktiivisuudet (liite 1) huomioon ottaen voi kuitenkin päätellä, että Optimash BG sekä GC-626 olivat ehtineet suorittaa tehtävänsä loppuun asti 12 tunnin aikana. Vertailukohtana voi käyttää Optimash TBG -entsyymiä, jolla on pienempi aktiivisuus, kuin näillä edellä mainituilla entsyymeillä. Matalammasta aktiivisuudestaan huolimatta Optimash TBG oli suorittanut tehtävänsä loppuun jo kolmen tunnin käsittelyn aikana, sillä kolmen tunnin käsittelyn saaneen näytesarjan muutosprosentit vastasivat 12 tunnin käsittelyn muutosprosentteja. Fermgen 2,5x tapauksessa ei voida varmuudella sanoa, oliko substraatti hydrolysoitunut täydellisesti, sillä entsyymin aktiivisuus on matalampi kuin Optimash TBG:llä. Tutkimuksessa oli mukana kuitenkin myös kaksi muuta proteaasia, joilla saatiin erinomaiset ja luotettavat tulokset.

Optimash barleylla voitiin tehdä vain yksi koe kolmen tunnin vaikutusajalla. Kyseisen entsyymin aktiivisuus oli kuitenkin korkea verrattuna Optimash TBG:n aktiivisuuteen, joten entsyymin voidaan olettaa pilkkoneen kaiken substraatin kolmen tunnin aikana. Selluloosa ei ollut virallisten tutkittavien komponenttien listalla.

8 YHTEENVETO

Yeast extract on Altia Oyj:n Koskenkorvan tehtaalla tuotettava, ohrasta ja hiivasta koostuva tislauksen sivutuote, jota myydään Altian asiakkaalle rehutuotteen raaka-aineeksi. Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää entsyymikokeiden avulla, mikä on Yeast extractin yksittäisten komponenttien vaikutus tuotteen kokonaisviskositeettiin.

Tutkittaviksi komponenteiksi valittiin tuotteen todennäköisimmät viskositeetin nostajat: proteiinit, ohratärkkelys, beetaglukaani ja arabinoksyylaani. Entsyymikokeet tehtiin Koskenkorvan tehtaan laboratoriossa käsittelemällä Yeast extractia yhteensä yhdeksällä eri entsyymivalmisteella. Tuotenäytteistä muodostettiin koesarjoja, joihin kuului sekä entsyymikäsittelyn saavia näytteitä että vertailunäytteitä. Entsyymikäsittelyn jälkeen näytteistä mitattiin viskositeetti Brookfieldin rotaatioviskosimetrillä ja saatujen viskositeettiarvojen pohjalta muodostettiin lopulliset tulokset laskemalla näytteille muutosprosentit. Muutosprosentti kertoi, kuinka tehokkaasti mikäkin entsyymivalmiste alensi Yeast extract -näytteiden viskositeettia. Muutosprosentteissa otettiin huomioon myös 8 ml entsyymilisäyksen (nesteen) vaikutus näytteiden viskositeetteihin.

Tulosten perusteella voitiin todeta Yeast extractin sisältämien proteiinien aiheuttavan suurimman vaikutuksen tuotteen kokonaisviskositeettiin. Tuotteen viskositeetti laski proteaasikäsittelyn vaikutuksesta lähes 80 %. Beetaglukaanilla ja arabinoksyylaanilla on oma vaikutuksensa viskositeetin muodostukseen, mutta kyseiset komponentit jäivät tuloksissa selkeästi proteiinien taakse. Tärkkelystä ei tulosten perusteella ole tuotteessa juuri yhtään, kuten jo tutkimuksen alussa epäiltiin. Myös selluloosaa tutkittiin, vaikka se ei ollut varsinaisten tutkittavien komponenttien listalla. Entsyymikokeiden perusteella sellulaasi laski viskositeettia ainakin enemmän kuin alfa-amylaasi.

9 POHDINTA

Tutkimuksessa päästiin selkeään lopputulokseen ja vastattiin työn tutkimusongelmaan. Yeast extractin komponenteista suurimman nousun viskositeettiin aiheuttaa tuotteen sisältämät proteiinit. Proteaasia käyttämällä saatiin tuotteen viskositeetti laskemaan lähes 80 prosenttia. Beetaglukaani, arabinoksyalaani sekä selluloosa muodostavat myös omat pienemmät osuutensa, tärkkelystä tuotteessa ei ole juuri yhtään. Komponenttien osuudet eivät tulosten mukaan muodosta kuitenkaan kokonaisuutena 100 %, vaan beetaglukaania, arabinoksyalaania ja selluloosaa olisi tuotteessa tulosten perusteella yhteensä määrällisesti enemmän kuin noin 20 %.

Syitä komponenttien prosentiosuuksien epätasaiseen jakautumiseen voi mielestäni olla useita. Kuituja, kuten beetaglukaania tai selluloosaa pilkkovilla entsyymeillä saattoi esimerkiksi olla lieviä sivuaktiivisuuksia muihin kuituihin nähden, vaikka tuotteen valmistaja ei ollut niitä ilmoittanut. Tutkimuksessa käytetyt entsyymit olivat teollisuusentsyymejä, jotka saattavat sisältää sivuaktiivisuuksia toisin kuin täysin puhtaat entsyymit. Mahdollisten sivuaktiivisuuksien määrät ovat luultavasti todella pieniä, mutta voivat mielestäni silti olla omalta osaltaan vaikuttamassa lopullisiin tuloksiin. Voi myös olla mahdollista, että yhden komponentin poistaminen vaikuttaa tuotteen muihin komponentteihin. Tällöin yksittäisten komponenttien osuudet eivät muodosta tuotteen viskositeettia lineaarisesti, vaan viskositeetin muutos entsyymikäsitelyn seurauksena voi tapahtua myös esimerkiksi eksponentiaalisesti. Jos viskositeetin muodostus olisi lineaarista, jokainen yksittäinen komponentti muodostaisi tarkan osuuden tuotteen viskositeetista ja komponenttien poistaminen yksi kerrallaan laskisi tuotteen viskositeettia osuus kerrallaan. Nämä osuudet yhteen laskien päästäisiin lopputuloksena 100 prosenttiin. Myös keskiarvojen käyttö tulosten laskennassa saattaa hiukan pyöristää lopullisia tuloksia.

Entsyymien katalysoimat reaktiot proteaasien tapauksessa saattoivat poiketa toisistaan, mistä johtuen Fermgen 2,5x -proteaasi antoi hiukan heikomman tuloksen kuin Collupulin L ja Novozym 25086. Kyseisillä entsyymeillä voi olla eroa muun muassa siinä, pilkkooko entsyymi aminohappoketjuja esimerkiksi kymmenen aminohapon ketjuiksi vai yksittäisiksi aminohapoiksi.

10 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksessa päästiin selkeään lopputulokseen, joten tutkimuksen tuloksia voidaan hyödyntää tulevaisuutta ajatellen. Tulosten pohjalta voidaan lähteä kehittämään Yeast extractin tuotantoprosessia ja etsimään prosessiin uutta tehokkaampaa entsyymiä, joka laskisi viskositeettia nykyistä käytössä olevaa entsyymiä tehokkaammin. Jos prosessiin löytyisi tehokkaampi entsyymi, tuotetta olisi mahdollista haihduttaa pidemmälle, kuin 24 kuiva-aineprosenttiin. Uuden entsyymin etsimisessä tulisi ottaa huomioon Yeast extractin tuotanto-olosuhteet, korkean lämpötilan ja alhaisen pH:n yhdistelmä, sekä varmistaa myös, että entsyymi olisi sallittu rehun lisäaine. Huomioida tulisi myös, että uusi entsyymi ei muuttaisi tuotetta, eli tuotteen funktionaalisuus on pyrittävä säilyttämään. Parhaiten uudeksi entsyymiksi sopisi tietysti yllämainitut ehdot täyttävä proteaasi, mutta mahdollisesti myös viscofermin kaltaiset yhdistelmäentsyymit voisivat toimia.

LÄHTEET

- Aittomäki, E., Eerikäinen, T., Leisola, M., Ojamo, H., Suominen, I. & von Weymarn, N. 2002. Bioprosessitekniikka. Porvoo: Sanoma Pro.
- Altia Industrial. [Verkkosivu]. Helsinki: Altia Oyj. [Viitattu 1.2.2017]. Saatavana: <https://www.altiaindustrial.com/fi/etusivu>
- Altia Oyj. Prosessikaavio. Koskenkorva: Altia Oyj.
- Altia Yrityksenä. [Verkkosivu]. Helsinki: Altia Oyj. [Viitattu 1.2.2017]. Saatavana: <https://www.altiagroup.com/fi/altia-yrityksena>
- Antila, A-M., Karppinen, M., Leskelä, M., Mölsä, H. & Pohjakallio, M. 2008. Tekniikan kemia. 10. uud. painos. Helsinki: Edita Publishing.
- Arendt, E. & Zannini, E. 2013. Cereal grains for the food and beverage industries. [Verkkokirja]. Oxford: Woodhead Publishing. [Viitattu 19.12.2016]. Saatavana Ebsco-tietokannasta. Vaatii käyttöoikeuden.
- Brookfield Engineering Laboratories. 2014. More solutions to sticky problems. [Verkkokirja]. Middleboro: Brookfield engineering labs. [Viitattu 23.1.2017]. Saatavana: http://www.brookfieldengineering.com/download/files/more_solutions.pdf
- Dahlgren, Ö. 1998. Elintarvikekemian. Lääketieteellinen käännöstoimisto. 1.-2. painos. Helsinki: WSOY.
- Delcour, J. A. & Hosney, R. C. 2010. Principles of cereal science and technology. 3. ed. Minnesota: AACC International.
- Elfson, S. B. 2012. Barley production, cultivation and uses: agriculture issues and policies. New York: Nova Science Publishers.
- Fastnaught, C. E. 2001. Barley fiber. In: Cho, S. S. & Dreher, M. L. (toim.) Handbook of dietary fiber. USA: CRC Press. 519-542.
- Fellows, P. J. 2017. Food processing technology: principles and practice. [Verkkokirja]. UK: Woodhead. [Viitattu 27.2.2017]. Saatavana Knovel-tietokannasta. Vaatii käyttöoikeuden.
- Hautala, M. & Peltonen, H. 2014. Insinöörin (AMK) Fysiikka: osa 1. 11. painos. Lahden Teho-Opetus.

- Heiskanen, P. & Mankinen, S. T. 5/2004. Entsyymit ovat biokatalyyttejä. [Verkkosivu]. Helsinki: Helsingin Yliopisto. [Viitattu 22.1.2017]. Saatavana: http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/aineistot/entsyymit/rakenne_3.html
- Hockett, E. A. 1991. Barley. In: Lorenz, K. J. & Kulp, K (toim.) Handbook of cereal science and technology. New York: Marcel Dekker. Food science and technology series 41. 133-198.
- Horton, H. R., Moran, L. A., Scrimgeour, K. G., Perry, M. D. & Rawn, J. D. 2006. Principles of biochemistry. 4. ed. New Jersey: Pearson Education International.
- Hoseney, R.C. 1986. Principles of cereal science and technology: a general reference on cereal foods. Minnesota: American Association of Cereal Chemists.
- Kyntäjä, M. 2014. Elintarvikkeiden kuvaaminen VP-ESEM:lla. [Verkkajulkaisu]. Seinäjoki: Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Elintarvike ja maatalous, Bio- ja elintarviketekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [Viitattu 27.11.2016]. Saatavana: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/78452/Kyntaja_Merja.pdf?sequence=1
- Lehtonen, O., Jaarinen, S., Jansson, K., Pohjakallio, M. & Repo, R. 2006. Laboratorioalan fysiikka ja fysikaalinen kemia. 1-2. painos. Vantaa: Opetushallitus.
- Lehtonen, P. & Lehtonen, P. 2008. Teknisten alojen kemia. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit.
- MacGregor, A. W. & Fincher, G. B. 1993. Carbohydrates of the barley grain. In: MacGregor, A. W. & Bhatti, R. S. (toim.) Barley: chemistry and technology. Minnesota: American Association of Cereal Chemists. 73-130.
- Matikainen, L. 25.11.2014. Molekyyligastronomia: tärkkelyksen kemiaa. [Blogikirjoitus]. Anu Hopia. [Viitattu 30.11.16]. Saatavana: <http://molekyyligastronomia.fi/ruokaverstas-seinajoella/tarkkelyksen-kemiaa/#comments>
- Mattila, P., Piironen, V. & Ollilainen, V. 2003. Elintarvikekemia ja analytiikka. Helsinki: Gaudeamus
- McMillan, G. K. 2011. Advanced temperature measurement and Control. [Verkkokirja]. USA: International Society of Automation. [Viitattu 8.1.2017]. Saatavana Knovel-tietokannasta. Vaatii käyttöoikeuden.
- Männistö, L. 2012. Ohratärkkelyksen elintarvikekäyttö. [Verkkajulkaisu]. Helsinki: Helsingin yliopisto. Elintarvike- ja ympäristötekniikan laitoksen Maisterin tutkielma. EKT-sarja 1571. [Viitattu 25.11.2016]. Saatavana: <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/37063/Maisterin%20tutkielma,%20Laura%20M%C3%A4nnist%C3%B6.pdf?sequence=1>

- Naz, S. 2002. Enzymes and food. New York: Oxford University.
- Nelson, A. L. 2001. High-fiber ingredients: practical guides for the food industry. Minnesota: American Association of Cereal Chemists.
- Suominen, I. & Ollikka, P. 2004. Yhdistelmä-DNA-tekniikan perusteet. 3-2. painos. Helsinki: Opetushallitus.
- Suvanto, K. 2003. Tekniikan fysiikka 1. Helsinki: Edita Publishing.
- Turpeenoja, L. 1999. Biokemiaa: virtsa-aineesta lääkemaitoon. 3. uud. painos. Helsinki: Opetushallitus.
- Ulvinen, O. 2002. Suomalaisten viljelykasvilajikkeiden kuvauksia 1: ohra, 1922-1999. Selvitystutkimus. Helsinki.
- Vilhunen, A-S. 2012. Tutkimuksellinen proteiinien opiskelu molekyyli gastronomian kontekstissa. [Verkojulkaisu]. Helsinki: Helsingin yliopisto. Kemian laitos. Pro gradu -tutkielma. [Viitattu 25.11.2016]. Saatavana: <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/34537/kehittam.pdf?sequence=1>
- Wrolstad, R. E. 2011. Institute of Food Technologists Series: Food Carbohydrate Chemistry. [Verkkokirja]. USA: Wiley-Blackwell. [Viitattu 5.12.2016]. Saatavana Ebrary-tietokannasta. Vaatii käyttöoikeuden.

LIITTEET

Liite 1. Tutkimukseen käytetyt entsyymivalmisteet

Liite 2. Mittaustulokset – Collupulin L

Liite 3. Mittaustulokset – Novozym 25086

Liite 4. Mittaustulokset – Viscoferm

Liite 5. Mittaustulokset – Fermgen 2,5x

Liite 6. Mittaustulokset – Optimash Wheat

Liite 7. Mittaustulokset – Optimash TBG

Liite 8. Mittaustulokset – Optimash Barley

Liite 9. Mittaustulokset – Optimash BG

Liite 10. Mittaustulokset – GC-626

Liite 11. Mittaustulokset- entsyymivalmisteen lisäyksen vaikutus

LIITE 1. Tutkimukseen käytetyt entsyymivalmisteet

Entsyymin kaupan nimi	Kuvaus	Aktiivisuus	Optimit
Collupulin L	Proteaasi	81,0 - 90,0 TU/mg	°C: 55-70 , pH: 5,0-8,0
Novozym 25086	Proteaasi	36 FLPU-A/g	°C: 60-75 , pH: 4,5-5,2
Viscoferm	Beetaglukaanasi	222 FBG/g	°C: 50-65 , pH: 4,8-5,8
	Ksylanaasi		
	Sellulaasi		
	Alfa-amylaasi		
Fermgen 2.5x	Proteaasi	2500 SAPU/g	°C: 28-35 , pH: 3,5-5,0
Optimash Wheat	Sellulaasi	2575-3025 IU/g	°C: 55,65 , pH: 5,2-5,8
	Ksylanaasi	495000-605000 DXU/g	
Optimash TBG	Beetaglukaanasi	5625 U/g	°C: 80 , pH: 3,0-6,5
Optimash Barley	Sellulaasi	17856-20544 U/g	°C: 50-65 , pH: 4,0-5,0
Optimash BG	Beetaglukaanasi	10300 CMC U/g	°C: 60-70 , pH: 3,7-4,6
	Ksylanaasi		
GC-626	Alfa-amylaasi	10000 SSU/g	°C: 62-70 , pH: 3,5-4,5

LIITE 2. Mittaustulokset – Collupulin L

9.6.16, Collupulin L - proteaasi								
		Viskositeetti, CPS				Spindeli	rpm	
	Paino, g	1 min	2min	3min	4min			
1	400,0	379	401	401	391	3	12	
2	400,0	351	361	361	371	3	12	
3	400,4	341	341	351	351	3	12	
4	400,0	351	351	351	361	3	12	
5	400,5	351	351	361	361	3	12	
6	400,2	341	351	361	361	3	12	
ka.		352	359	364	366		361	
Temperoitu 20°C, ei käsittelyä								
		1min	2min	3min	4min			
7	400,1	3110	2990	2870	2790	3	12	
8	400,3	3290	3140	3070	2970	3	12	
9	400,9	3760	3370	3190	3090	3	12	
ka.		3387	3167	3043	2950		3137	
Ei entsyymilisäystä, mutta haudekäsittely kuten näytteillä								
		1min	2min	3min	4min			
A	400,1	3860	3510	3310	3170	3	12	
B	400,6	3420	3160	2970	2870	3	12	
C	400,2	3210	3010	2870	2790	3	12	
ka.		3497	3227	3050	2943		3179	
Näytteet mittaussaiheessa 20°C								
Ohjelma	Step	1	2	3	4	5		
	Temp	67	67	20	20	20		
	Time	120	60	120	120	0		
Yeast extract -erän (5.6 kerätty) pH: 3,46								
Collupulin L optimit: pH 5,0-8,0 ja °C 55-70								
Entsyymilisäys näytteisiin: 8ml								
Entsyymi: DSM								
Yeast extractin pH säädettyä NaOH: 4,85								
NaOH 3M kulutus: 250 ml								
1. Muutos%:		1min	2min	3min	4min		tod%	
0,88661	88,7 %	89,9	88,9	88,1	87,6		79,2	
Entsyymikäsittelyn vaikutus								
verrattuna pelkkään haudekäsittelyyn ilman entsyymiä								
2. Muutos%:		1min	2min	3min	4min		tod%	
0,88507	88,5 %	89,6	88,7	88,0	87,6		79,0	
Entsyymikäsittelyn vaikutus verrattuna								
temperoituihin näytteisiin								
ilman entsyymiä ja haudekäsittelyä								

Hietala, Sara:
 Todellinen muutos %
 (muutosprosentista
 vähennettynä
 entsyymilisäyksen
 aiheuttama viskositeetin
 lasku)

29.6.16, Collupulin L - proteaasi

		Viskositeetti, CPS				Spindeli	rpm
	Paino, g	1 min	2min	3min	4min		
1	400,1	501	501	501	491	3	12
2	400,2	479	479	479	479	3	12
3	400,1	429	429	441	441	3	12
4	400,6	429	429	441	441	3	12
5	400,2	401	421	429	429	3	12
6	400,8	429	429	421	441	3	12
ka.		445	448	452	454	450	
Temperoitu 20°C, ei käsittelyä							
		1min	2min	3min	4min		
7	400,4	2910	2770	2650	2590	3	12
8	400,1	3360	3160	3010	2890	3	12
9	400,2	3040	2890	2790	2690	3	12
ka.		3103	2940	2817	2723	2896	
Ei entsyymilisäystä, mutta haudekäsittely kuten näytteillä							
		1min	2min	3min	4min		
A	400,3	2910	2840	2720	2650	3	12
B	400,3	3040	2870	2760	2650	3	12
C	400	2940	2810	2700	2640	3	12
ka.		2963	2840	2727	2647	2794	
Näytteet mittausvaiheessa 20°C							
Ohjelma	Step	1	2	3	4	5	
	Temp	67	67	20	20	20	
	Time	120	60	120	120	0	

Yeast extract -erän (5.6 kerätty) pH: 3,45

Collupulin L optimit: pH 5,0-8,0 ja °C 55-70

Entsyymilisäys näytteisiin: 8ml

Entsyymi: DSM

Yeast extractin pH säädettyinä NaOH: 5,48

NaOH 3M kulutus: 300 ml

1. Muutos%:		1min	2min	3min	4min	tod%
0,8391	83,9 %	85,0	84,2	83,4	82,9	74,4

Entsyymikäsittelyn vaikutus
verrattuna pelkkään haudekäsittelyyn ilman entsyymiä

2. Muutos%:		1min	2min	3min	4min	tod%
0,84475	84,5 %	85,7	84,8	84,0	83,3	75,0

Entsyymikäsittelyn vaikutus verrattuna
temperoituihin näytteisiin
ilman entsyymiä ja haudekäsittelyä

1.8.16, Collupulin L - proteaasi

		Viskositeetti, CPS				Spindeli	rpm
	Paino, g	1 min	2min	3min	4min		
1	400,0	371	379	401	441	3	12
2	400,5	371	401	401	411	3	12
3	400,5	391	371	401	421	3	12
4	400,6	351	379	421	411	3	12
5	400,0	371	371	371	351	3	12
6	400,0	371	401	429	401	3	12
ka.		371	384	404	406		391
Temperoitu 20°C, ei käsittelyä							
		1min	2min	3min	4min		
7	400,0	3510	3290	3160	3040	3	12
8	400,9	3390	3310	3060	2840	3	12
9	400,4	3520	3370	3190	3040	3	12
ka.		3473	3323	3137	2973		3227
Ei entsyymilisäystä, mutta haudekäsittely kuten näytteillä							
		1min	2min	3min	4min		
A	400,2	3220	2960	2860	2700	3	12
B	400,4	3510	3190	3060	2990	3	12
C	400,4	3290	3060	2990	2770	3	12
ka.		3340	3070	2970	2820		3050
Näytteet mittausvaiheessa 20°C							
Ohjelma	Step	1	2	3	4	5	
	Temp	20	67	20	20	20	
	Time	480	420	550	250	0	
Yeast extract -erän (24.7 kerätty) pH: 3,64							
Collupulin L optimit: pH 5,0-8,0 ja °C 55-70							
Entsyymilisäys näytteisiin: 8ml							
Entsyymi: DSM							
Yeast extractin pH säädettyinä NaOH: 5,79							
NaOH 3M kulutus: 300 ml							
1. Muutos%:			1min	2min	3min	4min	tod%
0,87175	87,2 %		88,9	87,5	86,4	85,6	77,7
Entsyymikäsittelyn vaikutus							
verrattuna pelkkään haudekäsittelyyn ilman entsyymiä							
2. Muutos%:			1min	2min	3min	4min	tod%
0,87877	87,9 %		89,3	88,5	87,1	86,3	78,4
Entsyymikäsittelyn vaikutus verrattuna							
temperoituihin näytteisiin							
ilman entsyymiä ja haudekäsittelyä							

LIITE 3. Mittaustulokset – Novozym 25086

28.6.16, Novozym 25086 - proteaasi							
		Viskositeetti, CPS				Spindeli	rpm
	Paino, g	1 min	2min	3min	4min		
1	400,1	441	429	421	411	3	12
2	400,0	411	391	411	401	3	12
3	400,7	391	391	391	401	3	12
4	400,0	479	441	441	429	3	12
5	400,2	411	391	421	411	3	12
6	400,0	379	379	401	401	3	12
ka.		419	404	414	409	411	
Temperoitu 20°C, ei käsittelyä							
		1min	2min	3min	4min		
7	400,6	3800	3620	3410	3310	3	12
8	400,3	3770	3540	3390	3270	3	12
9	400,4	3820	3570	3410	3290	3	12
ka.		3797	3577	3403	3290	3517	
Ei entsyymilisäystä, mutta haudekäsittely kuten näytteillä							
		1min	2min	3min	4min		
A	400,2	4290	3770	3490	3360	3	12
B	400,3	3660	3410	3260	3110	3	12
C	400,0	3670	3410	3260	3070	3	12
ka.		3873	3530	3337	3180	3480	
Näytteet mittausvaiheessa 20°C							
Ohjelma	Step	1	2	3	4	5	
	Temp	70	70	20	20	20	
	Time	120	60	120	120	0	
Yeast extract -erän (5.6 kerätty) pH: 3,51							
Novozym 25086 optimit: pH 4,5-5,2 ja °C 60-75							
Entsyymilisäys näytteisiin: 8ml							
Entsyymi: Novozymes							
Yeast extractin pH säädettyinä NaOH: 4,52							
NaOH 3M kulutus: 190ml							
1. Muutos%:			1min	2min	3min	4min	tod%
0,881777	88,2 %		89,2	88,6	87,6	87,1	76,0
Entsyymikäsittelyn vaikutus							
verrattuna pelkkään haudekäsittelyyn ilman entsyymiä							
2. Muutos%:			1min	2min	3min	4min	tod%
0,883009	88,3 %		89,0	88,7	87,8	87,6	76,1
Entsyymikäsittelyn vaikutus verrattuna							
temperoituihin näytteisiin							
ilman entsyymiä ja haudekäsittelyä							

Hietala, Sara:
 Todellinen muutos %
 (muutosprosentista
 vähennettynä
 entsyymilisäyksen
 aiheuttama viskositeetin
 lasku)

6.9.16, Novozym 25086 - proteaasi

		Viskositeetti, CPS				Spindeli	rpm
	Paino, g	1 min	2min	3min	4min		
1	400,0	329	341	351	361	3	12
2	400,2	371	351	379	391	3	12
3	400,1	361	371	379	391	3	12
4	400,1	361	361	371	379	3	12
5	400,2	341	361	361	371	3	12
6	400,5	371	371	379	379	3	12
ka.		356	359	370	379	366	
Temperoitu 20°C, ei käsittelyä							
		1min	2min	3min	4min		
7	400,1	4810	4410	4140	3910	3	12
8	400,0	4930	4510	4210	3990	3	12
9	400,2	4830	4390	4090	3840	3	12
ka.		4857	4437	4147	3913	4338	
Ei entsyymilisäystä, mutta haudekäsittely kuten näytteillä							
		1min	2min	3min	4min		
A	400,8	4440	3940	3710	3490	3	12
B	400,5	3920	3500	3360	3160	3	12
C	400,2	3810	3400	3190	2990	3	12
ka.		4057	3613	3420	3213	3576	
Näytteet mittausvaiheessa 20°C							
Ohjelma	Step	1	2	3	4	5	
	Temp	20	70	20	20	20	
	Time	240	720	990	0	0	

Yeast extract -erän (7.8 kerätty) pH: 3,46

Novozyym 25086 optimit: pH 4,5-5,2 ja °C 60-75

Entsyymilisäys näytteisiin: 8ml

Entsyymi: Novozymes

Yeast extractin pH säädettynä NaOH: 4,58

NaOH 3M kulutus: 190 ml

1. Muutos%:		1min	2min	3min	4min	tod%
0,89767	89,8 %	91,2	90,1	89,2	88,2	77,6

Entsyymikäsittelyn vaikutus

verrattuna pelkkään haudekäsittelyyn ilman entsyymiä

2. Muutos%:		1min	2min	3min	4min	tod%
0,915655	91,6 %	92,7	91,9	91,1	90,3	79,4

Entsyymikäsittelyn vaikutus verrattuna

temperoituihin näytteisiin

ilman entsyymiä ja haudekäsittelyä

LIITE 4. Mittaustulokset – Viscoferm

27.6.16, Viscoferm -

beeta-glukanaasi+ksylanaasi+sellulaasi+alfa-amylaasi

	Paino, g	Viskositeetti, CPS				Spindeli	rpm
		1 min	2min	3min	4min		
1	400,1	772	730	711	661	3	12
2	400,4	782	721	690	690	3	12
3	400,5	835	782	711	711	3	12
4	400,1	711	701	680	661	3	12
5	400,1	661	661	651	611	3	12
6	400,6	671	661	641	631	3	12
ka.		739	709	681	661	697	
Temperoitu 20°C, ei käsittelyä							
		1min	2min	3min	4min		
7	400,3	3120	2920	2810	2720	3	12
8	400,0	3060	2890	2810	2690	3	12
9	400,0	3340	3140	2970	2870	3	12
ka.		3173	2983	2863	2760	2945	
Ei entsyymilisäystä, mutta haudekäsittely kuten näytteillä							
		1min	2min	3min	4min		
A	400,2	3240	2970	2820	2720	3	12
B	400,1	4190	3490	3140	2920	3	12
C	400,1	2840	2760	2650	2560	3	12
ka.		3423	3073	2870	2733	3025	
Näytteet mittausvaiheessa 20°C							
Ohjelma	Step	1	2	3	4	5	
	Temp	55	55	20	20	20	
	Time	120	60	120	120	0	

Yeast extract -erän (5.6 kerätty) pH: 3,46

Viscoferm optimit: pH 4,8 - 5,8 ja °C 50-65

Entsyymilisäys näytteisiin: 8ml

Entsyymi: Novozymes

Yeast extractin pH säädettyä NaOH: 5,36

NaOH 3M kulutus: 300 ml

1. Muutos%:		1min	2min	3min	4min	tod%
0,76946	76,9 %	78,4	76,9	76,3	75,8	63,0

Entsyymikäsittelyn vaikutus

verrattuna pelkkään haudekäsittelyyn ilman entsyymiä

2. Muutos%:		1min	2min	3min	4min	tod%
0,7632	76,3 %	76,7	76,2	76,2	76,1	62,4

Entsyymikäsittelyn vaikutus verrattuna

temperoituihin näytteisiin

ilman entsyymiä ja haudekäsittelyä

Hietala, Sara:

Todellinen muutos %
(muutosprosentista vähennettynä
entsyymilisäyksen
aiheuttama viskositeetin
lasku)

30.8.16, Viscoferm -

beeta-glukanaasi+ksylanaasi+sellulaasi+alfa-amylaasi

		Viskositeetti, CPS				Spindeli	rpm
	Paino, g	1 min	2min	3min	4min		
1	400,1	1330	1110	1210	1100	3	12
2	400,7	1100	1040	1000	910	3	12
3	400,2	1220	994	977	868	3	12
4	400,0	835	830	813	885	3	12
5	400,0	885	762	830	701	3	12
6	400,4	1220	1050	1140	1080	3	12
ka.		1098	964	995	924	995	
Temperoitu 20°C, ei käsittelyä							
		1min	2min	3min	4min		
7	400,5	4980	4630	4220	4010	3	12
8	400,0	5240	4730	4580	4310	3	12
9	400,0	4910	4460	4140	3890	3	12
ka.		5043	4607	4313	4070	4508	
Ei entsyymilisäystä, mutta haudekäsittely kuten näytteillä							
		1min	2min	3min	4min		
A	400,0	4530	3940	3670	3490	3	12
B	400,8	4160	3810	3440	3320	3	12
C	400,1	4360	3960	3710	3440	3	12
ka.		4350	3903	3607	3417	3819	
Näytteet mittausvaiheessa 20°C							
Ohjelma	Step	1	2	3	4	5	
	Temp	20	55	20	20	20	
	Time	240	720	990	0	0	
Yeast extract -erän (7.8 kerätty) pH: 3,47							
Viscoferm optimit: pH 4,8 - 5,8 ja °C 50-65							
Entsyymilisäys näytteisiin: 8ml							
Entsyymi: Novozymes							
Yeast extractin pH säädettyä NaOH: 4,84							
NaOH 3M kulutus: x ml							
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> <p>pH:n säätö: NaOH-liuosta meni aluksi liikaa (395ml) ja pH:ksi tuli 6,41. Sekoitin mukaan säätämätöntä Yeast extractia ja sain pH:ksi 4,84.</p> </div>							
1. Muutos%:		1min	2min	3min	4min	tod%	
0,73936	73,9 %	74,8	75,3	72,4	73,0	60,0	
Entsyymikäsittelyn vaikutus							
verrattuna pelkkään haudekäsittelyyn ilman entsyymiä							
2. Muutos%:		1min	2min	3min	4min	tod%	
0,77921	77,9 %	78,2	79,1	76,9	77,3	64,0	
Entsyymikäsittelyn vaikutus verrattuna							
temperoituihin näytteisiin							
ilman entsyymiä ja haudekäsittelyä							

LIITE 5. Mittaustulokset – Fermgen 2,5x

3.8.16, FERMGEN 2,5x - proteaasi							
		Viskositeetti, CPS				Spindeli	rpm
	Paino, g	1 min	2min	3min	4min		
1	400,3	893	935	910	860	3	12
2	400,3	1040	902	952	868	3	12
3	400,0	969	927	969	969	3	12
4	400,5	752	740	762	782	3	12
5	400,2	902	852	790	730	3	12
6	400,7	910	893	835	860	3	12
ka.		911	875	870	845		875
Temperoitu 20°C, ei käsittelyä							
		1min	2min	3min	4min		
7	400,0	4980	4710	4310	4210	3	12
8	400,4	4830	4390	4220	3990	3	12
9	400,0	4960	4490	4310	4110	3	12
ka.		4923	4530	4280	4103		4459
Ei entsyymilisäystä, mutta haudekäsittely kuten näytteillä							
		1min	2min	3min	4min		
A	400,0	4220	3860	3610	3390	3	12
B	400,2	3740	3440	3270	3110	3	12
C	400,2	4060	3740	3540	3260	3	12
ka.		4007	3680	3473	3253		3603
Näytteet mittaussvaiheessa 20°C							
Ohjelma	Step	1	2	3	4	5	
	Temp	20	34	20	20	20	
	Time	240	720	550	250	0	
Yeast extract -erän (24.7 kerätty) pH: 3,58							
Fermgen optimit: pH 3,5-5,0 ja °C 28-35							
Entsyymilisäys näytteisiin: 8ml							
Entsyymi: HK-Import							
Yeast extractin pH säädettyinä NaOH: 4,01							
NaOH 3M kulutus: 100 ml							
1. Muutos%:			1min	2min	3min	4min	tod%
0,75715	75,7 %		77,3	76,2	75,0	74,0	57,2
Entsyymikäsittelyn vaikutus							
verrattuna pelkkään haudekäsittelyyn ilman entsyymiä							
2. Muutos%:			1min	2min	3min	4min	tod%
0,80376	80,4 %		81,5	80,7	79,7	79,4	61,9
Entsyymikäsittelyn vaikutus verrattuna							
temperoituihin näytteisiin							
ilman entsyymiä ja haudekäsittelyä							

Hietala, Sara:

Todellinen muutos %
(muutosprosentista
vähennettynä
entsyymilisäyksen
aiheuttama viskositeetin
lasku)

18.8.16, FERMGEN 2,5x - proteaasi

		Viskositeetti, CPS				Spindeli	rpm
	Paino, g	1 min	2min	3min	4min		
1	400,3	1220	1200	1120	1150	3	12
2	400,6	1040	1060	1080	1010	3	12
3	400,2	1150	1080	1060	960	3	12
4	400,3	1110	1120	960	1040	3	12
5	400,5	977	868	1030	1000	3	12
6	400,0	1090	1140	994	1050	3	12
ka.		1098	1078	1041	1035	1063	
Temperoitu 20°C, ei käsittelyjä							
		1min	2min	3min	4min		
7	400,7	7980	7080	6580	6080	3	12
8	400,2	7350	6800	6010	5630	3	12
9	400,5	7900	7000	6330	5910	3	12
ka.		7743	6960	6307	5873	6721	
Ei entsyymilisäystä, mutta haudekäsittely kuten näytteillä							
		1min	2min	3min	4min		
A	400,1	5540	4980	4510	4390	3	12
B	400,6	5760	5090	4630	4430	3	12
C	400,4	5730	5140	4710	4510	3	12
ka.		5677	5070	4617	4443	4952	
Näytteet mittausvaiheessa 20°C							
Ohjelma	Step	1	2	3	4	5	
	Temp	20	34	20	20	20	
	Time	240	720	990	0	0	
Yeast extract -erän (7.8 kerätty) pH: 3,46							
Fermgen optimit: pH 3,5-5,0 ja °C 28-35							
Entsyymilisäys näytteisiin: 8ml							
Entsyymi: HK-Import							
Yeast extractin pH säädettyinä NaOH: ei tarvinnut säätää							
NaOH 3M kulutus: 0 ml							
1. Muutos%:			1min	2min	3min	4min	tod%
0,78535	78,5 %		80,7	78,7	77,5	76,7	60,0
Entsyymikäsittelyn vaikutus							
verrattuna pelkkään haudekäsittelyyn ilman entsyymiä							
2. Muutos%:			1min	2min	3min	4min	tod%
0,84185	84,2 %		85,8	84,5	83,5	82,4	65,7
Entsyymikäsittelyn vaikutus verrattuna							
temperoituihin näytteisiin							
ilman entsyymiä ja haudekäsittelyä							

LIITE 6. Mittaustulokset – Optimash Wheat

31.5.16, OPTIMASH Wheat - sellulaasi+ksylanaasi							
		Viskositeetti, CPS				Spindeli	rpm
	Paino, g	1 min	2min	3min	4min		
1	400,9	1310	1230	1150	1080	3	12
2	400,3	1190	1090	1050	1000	3	12
3	400,0	1260	1140	1080	1030	3	12
4	400,5	1190	1140	1060	1030	3	12
5	400,4	1110	1060	1030	960	3	12
6	400,0	1170	1080	1000	960	3	12
ka.		1205	1123	1062	1010	1100,00	
Temperoitu 20°C, ei käsittelyjä							
		1min	2min	3min	4min		
7	400,0	3040	2910	2810	2670	3	12
8	400,2	näyte epäkelpo mitata, taarausvirhe				3	12
9	400,6	3060	2940	2810	2700	3	12
ka.		3050	2925	2810	2685	2867,50	
Ei entsyymilisäystä, mutta haudekäsittely kuten näytteillä							
		1min	2min	3min	4min		
A	400,0	3060	2890	2760	2640	3	12
B	400,3	3170	2970	2820	2690	3	12
C	400,9	3010	2870	2760	2640	3	12
ka.		3080	2910	2780	2657	2856,67	
Näytteet mittaussivaiheessa 20°C							
Ohjelma	Step	1	2	3	4	5	
	Temp	60	60	20	20	20	
	Time	120	60	120	120	0	
Yeast extract -erän (22.5 kerätty) pH: 3,60							
Optimash Wheat optimit: pH 5,2-5,8 ja °C 55-65							
Entsyymilisäys näytteisiin: 8ml							
Entsyymi: HK-Import							
Yeast extractin pH säädettyinä NaOH: 5,38							
NaOH 3M kulutus: 250ml							
1. Muutos%:		1min	2min	3min	4min	tod%	
0,61494	61,5 %	60,9	61,4	61,8	62,0	44,3	
Entsyymikäsittelyn vaikutus							
verrattuna pelkkään haudekäsittelyyn ilman entsyymiä							
2. Muutos%:		1min	2min	3min	4min	tod%	
0,61639	61,6 %	60,5	61,6	62,2	62,4	44,4	
Entsyymikäsittelyn vaikutus verrattuna							
temperoituihin näytteisiin							
ilman entsyymiä ja haudekäsittelyä							

Hietala, Sara:
 Todellinen muutos %
 (muutosprosentista
 vähennettynä
 entsyymilisäyksen
 aiheuttama viskositeetin
 lasku)

7.9.16, OPTIMASH Wheat - sellulaasi+ksylanaasi

		Viskositeetti, CPS				Spindeli	rpm
	Paino, g	1 min	2min	3min	4min		
1	400,7	2170	1890	1700	1600	3	12
2	400,8	2190	1820	1600	1500	3	12
3	400,5	1700	1560	1460	1370	3	12
4	400,7	1850	1700	1600	1510	3	12
5	400,5	1630	1520	1460	1400	3	12
6	400,1	1920	1750	1620	1560	3	12
ka.		1910	1707	1573	1490	1670,00	
Temperoitu 20°C, ei käsittelyjä							
		1min	2min	3min	4min		
7	400,2	5180	4730	4440	4160	3	12
8	400,6	5060	5040	4610	4290	3	12
9	400,4	4940	4530	4190	3990	3	12
ka.		5060	4767	4413	4147	4596,67	
Ei entsyymilisäystä, mutta haudekäsittely kuten näytteillä							
		1min	2min	3min	4min		
A	400,4	4800	4390	4100	3820	3	12
B	400,3	4790	4220	4040	3790	3	12
C	400,5	5060	4430	4140	3860	3	12
ka.		4883	4347	4093	3823	4286,67	
Näytteet mittausvaiheessa 20°C							
Ohjelma	Step	1	2	3	4	5	
	Temp	20	60	20	20	20	
	Time	240	720	990	0	0	
Yeast extract -erän (7.8 kerätty) pH: 3,50							
Optimash Wheat optimit: pH 5,2-5,8 ja °C 55-65							
Entsyymilisäys näytteisiin: 8ml							
Entsyymi: HK-Import							
Yeast extractin pH säädettyä NaOH: 5,11							
NaOH 3M kulutus: 250 ml							
1. Muutos%:			1min	2min	3min	4min	tod%
	0,61042	61,0 %	60,9	60,7	61,6	61,0	43,8
Entsyymikäsittelyn vaikutus							
verrattuna pelkkään haudekäsittelyyn ilman entsyymiä							
2. Muutos%:			1min	2min	3min	4min	tod%
	0,63669	63,7 %	62,3	64,2	64,4	64,1	46,5
Entsyymikäsittelyn vaikutus verrattuna							
temperoituihin näytteisiin							
ilman entsyymiä ja haudekäsittelyä							

LIITE 7. Mittaustulokset – Optimash TBG

27.5.16, OPTIMASH TBG- beetaglukaanasi							
		Viskositeetti, CPS				Spindeli	rpm
	Paino, g	1 min	2min	3min	4min		
1	400,1	3240	2860	2650	2470	3	12
2	400,2	3200	2560	2240	2040	3	12
3	400,5	2020	1770	1650	1540	3	12
4	400,0	1580	1450	1350	1290	3	12
5	400,3	1640	1530	1430	1340	3	12
6	400,4	1610	1500	1400	1310	3	12
ka.		1713	1563	1458	1370		1526
Temperoitu 20°C, ei käsittelyjä							
		1min	2min	3min	4min		
7	400,1	4380	4070	3820	3640	3	12
8	400,3	4640	4310	4040	3840	3	12
9	400,2	4530	4200	3910	3760	3	12
ka.		4517	4193	3923	3747		4095
Ei entsyymilisäystä, mutta haudekäsittely kuten näytteillä							
		1min	2min	3min	4min		
A	400,2	5390	4780	4480	4220	3	12
B	400,6	3990	3690	3520	3360	3	12
C	400,1	5410	4990	4730	4440	3	12
ka.		4930	4487	4243	4007		4417
Näytteet mittaussvaiheessa 20°C							
Ohjelma	Step	1	2	3	4	5	
	Temp	80	80	20	20	20	
	Time	120	60	120	120	0	
Yeast extract -erän (22.5 kerätty) pH: 3,60							
Optimash TBG optimit: pH 3,0-6,5 (4,2) ja °C 80							
Entsyymilisäys näytteisiin: 8ml							
Entsyymi: HK-Import							
Yeast extractin pH säädettyinä NaOH: 4,13							
NaOH 3M kulutus: 100ml							
1. Muutos%:			1min	2min	3min	4min	tod%
0,65458	65,5 %		65,3	65,2	65,7	65,8	43,2
Entsyymikäsittelyn vaikutus							
verrattuna pelkkään haudekäsittelyyn ilman entsyymiä							
2. Muutos%:			1min	2min	3min	4min	tod%
0,62744	62,7 %		62,1	62,7	62,9	63,4	40,4
Entsyymikäsittelyn vaikutus verrattuna							
temperoituihin näytteisiin							
ilman entsyymiä ja haudekäsittelyä							
Vihreällä pohjalla olevat lukemat eivät ole mukana keskiarvossa ---> spindeliin oli tarttunut mukaan jähmeää kuorta näytteen pinnalta ja se nosti viskositeettilukemia.							

Hietala, Sara:
 Todellinen muutos %
 (muutosprosentista
 vähennettynä
 entsyymilisäyksen
 aiheuttama viskositeetin
 lasku)

30.5.16, OPTIMASH TBG- beetaglukanaasi

		Viskositeetti, CPS				Spindeli	rpm
	Paino, g	1 min	2min	3min	4min		
1	400,2	1920	1750	1600	1540	3	12
2	400,4	1740	1600	1480	1390	3	12
3	400,0	2040	1720	1610	1510	3	12
4	400,3	1950	1750	1570	1450	3	12
5	400,2	2200	1900	1720	1580	3	12
6	400,4	1660	1540	1430	1340	3	12
ka.		1918	1710	1568	1468		1666
Temperoitu 20°C, ei käsittelyä							
		1min	2min	3min	4min		
7	400,6	4280	3970	3740	3540	3	12
8	400,6	4220	3820	3570	3440	3	12
9	400,4	4390	3990	3770	3610	3	12
ka.		4297	3927	3693	3530		3862
Ei entsyymilisäystä, mutta haudekäsittely kuten näytteillä							
		1min	2min	3min	4min		
A	400,3	4260	3910	3640	3470	3	12
B	400,3	4580	4260	3970	3810	3	12
C	400,2	4310	3940	3670	3510	3	12
ka.		4383	4037	3760	3597		3944
Näytteet mittausvaiheessa 20°C							
Ohjelma	Step	1	2	3	4	5	
	Temp	80	80	20	20	20	
	Time	120	60	120	120	0	
Yeast extract -erän (22.5 kerätty) pH: 3,60							
Optimash TBG optimit: pH 3,0-6,5 (4,2) ja °C 80							
Entsyymilisäys näytteisiin: 8ml							
Entsyymi: HK-Import							
Yeast extractin pH säädettyä NaOH: 4,18							
NaOH 3M kulutus: 100ml							
1. Muutos%:			1min	2min	3min	4min	tod%
	0,57754	57,8 %	56,2	57,6	58,3	59,2	35,5
Entsyymikäsittelyn vaikutus							
verrattuna pelkkään haudekäsittelyyn ilman entsyymiä							
2. Muutos%:			1min	2min	3min	4min	tod%
	0,56852	56,9 %	55,4	56,5	57,5	58,4	34,6
Entsyymikäsittelyn vaikutus verrattuna							
temperoituihin näytteisiin							
ilman entsyymiä ja haudekäsittelyä							

4.8.16, OPTIMASH TBG- beetaglukaanasi

		Viskositeetti, CPS				Spindeli	rpm
	Paino, g	1 min	2min	3min	4min		
1	400,6	2620	2400	2220	2040	3	12
2	400,0	2760	2470	2400	2220	3	12
3	400,3	2610	2440	2220	2100	3	12
4	400,2	1820	1670	1560	1500	3	12
5	400,6	2200	2040	1900	1720	3	12
6	400,2	2590	2400	2340	2150	3	12
ka.	2433	2237	2107	1955		2183	
Temperoitu 20°C, ei käsittelyä							
		1min	2min	3min	4min		
7	400,5	6500	6010	5540	5230	3	12
8	400,1	6300	5940	5580	5240	3	12
9	400,4	6380	5910	5490	5160	3	12
ka.	6393	5953	5537	5210		5773	
Ei entsyymilisäystä, mutta haudekäsittely kuten näytteillä							
		1min	2min	3min	4min		
A	400,4	5760	4980	4840	4530	3	12
B	400,1	3820	3670	3320	3290	3	12
C	400,6	5010	4610	4220	3970	3	12
ka.	4863	4420	4127	3930		4335	
Näytteet mittausvaiheessa 20°C							
Ohjelma	Step	1	2	3	4	5	
	Temp	20	80	20	20	20	
	Time	300	660	550	250	0	
Yeast extract -erän (24.7 kerätty) pH: 3,57							
Optimash TBG optimit: pH 3,0-6,5 (4,2) ja °C 80							
Entsyymilisäys näytteisiin: 8ml							
Entsyymi: HK-Import							
Yeast extractin pH säädettyinä NaOH: ei säätöä tällä kertaa							
NaOH 3M kulutus: 0ml							
1. Muutos%:		1min	2min	3min	4min	tod%	
0,49644	49,6 %	50,0	49,4	48,9	50,3	27,3	
Entsyymikäsittelyn vaikutus							
verrattuna pelkkään haudekäsittelyyn ilman entsyymiä							
2. Muutos%:		1min	2min	3min	4min	tod%	
0,6219	62,2 %	61,9	62,4	62,0	62,5	39,9	
Entsyymikäsittelyn vaikutus verrattuna							
temperoituihin näytteisiin							
ilman entsyymiä ja haudekäsittelyä							

LIITE 8. Mittaustulokset – Optimash Barley

1.6.16, OPTIMASH Barley-sellulaasi							
		Viskositeetti, CPS				Spindeli	rpm
	Paino, g	1 min	2min	3min	4min		
1	400,8	2610	2220	2040	1900	3	12
2	400,0	2120	1970	1820	1790	3	12
3	400,5	2170	1990	1920	1820	3	12
4	400,1	2000	1850	1750	1690	3	12
5	400,1	2050	1900	1800	1700	3	12
6	400,0	2470	2100	1920	1840	3	12
ka.		2237	2005	1875	1790		1977
Temperoitu 20°C, ei käsittelyä							
		1min	2min	3min	4min		
7	400,9	3960	3690	3470	3310	3	12
8	400,1	4050	3810	3620	3460	3	12
9	400,3	4280	3960	3710	3540	3	12
ka.		4097	3820	3600	3437		3738
Ei entsyymilisäystä, mutta haudekäsittely kuten näytteillä							
		1min	2min	3min	4min		
A	400,7	3940	3660	3470	3290	3	12
B	400,0	4630	4140	3770	3570	3	12
C	400,1	4430	4060	3790	3610	3	12
ka.		4333	3953	3677	3490		3863
Näytteet mittausvaiheessa 20°C							
Ohjelma	Step	1	2	3	4	5	
	Temp	60	60	20	20	20	
	Time	120	60	120	120	0	
Yeast extract -erän (22.5 kerätty) pH: 3,60							
Optimash Barley optimit: pH 4,0-5,0 ja °C 50-65							
Entsyymilisäys näytteisiin: 8ml							
Entsyymi: HK-Import							
Yeast extractin pH säädettyinä NaOH: 4,20							
NaOH 3M kulutus: 100ml							
1. Muutos%:			1min	2min	3min	4min	tod%
	0,48835	48,8 %	48,4	49,3	49,0	48,7	32,5
Entsyymikäsittelyn vaikutus							
verrattuna pelkkään haudekäsittelyyn ilman entsyymiä							
2. Muutos%:			1min	2min	3min	4min	tod%
	0,47124	47,1 %	45,4	47,5	47,9	47,9	30,8
Entsyymikäsittelyn vaikutus verrattuna							
temperoituihin näytteisiin							
ilman entsyymiä ja haudekäsittelyä							

Hietala, Sara:

Todellinen muutos %
(muutosprosentista
vähennettynä
entsyymilisäyksen
aiheuttama viskositeetin
lasku)

LIITE 9. Mittaustulokset – Optimash BG

27.9.16, Optimash BG-beetaglukaanaasi+ksylanaasi							
		Viskositeetti, CPS				Spindeli	rpm
	Paino, g	1 min	2min	3min	4min		
1	400,3	2540	2140	2020	2020	3	12
2	400,3	3390	2920	2470	2500	3	12
3	400,3	2690	2420	2300	2270	3	12
4	400,6	1750	1770	1600	1620	3	12
5	400,7	1950	1700	1770	1650	3	12
6	400,4	2040	1900	1820	1770	3	12
ka.		2393	2142	1997	1972		2126
Temperoitu 20°C, ei käsittelyä							
		1min	2min	3min	4min		
7	400,0	4610	4220	3970	3740	3	12
8	400,6	4760	4330	4040	3820	3	12
9	400,8	4910	4460	4110	3810	3	12
ka.		4760	4337	4040	3790		4232
Ei entsyymilisäystä, mutta haudekäsittely kuten näytteillä							
		1min	2min	3min	4min		
A	400,3	4190	3540	3290	3040	3	12
B	400,2	3520	3070	2910	2670	3	12
C	400,0	3390	3170	2940	2690	3	12
ka.		3700	3260	3047	2800		3202
Näytteet mittausvaiheessa 20°C							
Ohjelma	Step	1	2	3	4	5	
	Temp	20	65	20	20	20	
	Time	240	720	990	0	0	
Yeast extract -erän (18.9 kerätty) pH: 3,53							
Optimash BG optimit: pH 3,7-4,6 (4,0) ja °C 60-70 (65)							
Entsyymilisäys näytteisiin: 8ml							
Entsyymi: HK-Import							
Yeast extractin pH säädettyä NaOH: 3,95							
NaOH 3M kulutus: 80ml							
1. Muutos%:			1min	2min	3min	4min	tod%
	0,33602	33,6 %	35,3	34,3	34,5	29,6	16,2
Entsyymikäsittelyn vaikutus							
verrattuna pelkkään haudekäsittelyyn ilman entsyymiä							
2. Muutos%:			1min	2min	3min	4min	tod%
	0,49764	49,8 %	49,7	50,6	50,6	48,0	32,4
Entsyymikäsittelyn vaikutus verrattuna							
temperoituihin näytteisiin							
ilman entsyymiä ja haudekäsittelyä							

Hietala, Sara:
 Todellinen muutos %
 (muutosprosentista
 vähennettynä
 entsyymilisäyksen
 aiheuttama viskositeetin
 lasku)

29.9.16, Optimash BG-beetaglukanaasi+ksylanaasi

		Viskositeetti, CPS				Spindeli	rpm
	Paino, g	1 min	2min	3min	4min		
1	400,5	1500	1430	1370	1340	3	12
2	400,3	1570	1550	1480	1420	3	12
3	400,6	1890	1750	1660	1600	3	12
4						3	12
5						3	12
6						3	12
ka.		1653	1577	1503	1453	1547	
Temperoitu 20°C, ei käsittelyjä							
		1min	2min	3min	4min		
7	400,2	4040	3660	3440	3240	3	12
8	400,2	4540	4160	3790	3590	3	12
9	400,7	3990	3590	3390	3190	3	12
ka.		4190	3803	3540	3340	3718	
Ei entsyymilisäystä, mutta haudekäsittely kuten näytteillä							
		1min	2min	3min	4min		
A	400,0	3540	3190	2920	2650	3	12
B	400,2	3520	3170	2960	2790	3	12
C	400,3	3120	2870	2690	2560	3	12
ka.		3393	3077	2857	2667	2998	
Näytteet mittausvaiheessa 20°C							
Ohjelma	Step	1	2	3	4	5	
	Temp	20	65	20	20	20	
	Time	240	720	990	0	0	
Yeast extract -erän (18.9 kerätty) pH: 3,54							
Optimash BG optimit: pH 3,7-4,6 ja °C 60-70							
Entsyymilisäys näytteisiin: 8ml							
Entsyymi: HK-Import							
Yeast extractin pH säädettyinä NaOH: 3,91							
NaOH 3M kulutus: 80 ml							
1. Muutos%:			1min	2min	3min	4min	tod%
	0,48416	48,4 %	51,3	48,8	47,4	45,5	31,0
Entsyymikäsittelyn vaikutus							
verrattuna pelkkään haudekäsittelyyn ilman entsyymiä							
2. Muutos%:			1min	2min	3min	4min	tod%
	0,58404	58,4 %	60,5	58,5	57,5	56,5	41,0
Entsyymikäsittelyn vaikutus verrattuna							
temperoituihin näytteisiin							
ilman entsyymiä ja haudekäsittelyä							

LIITE 10. Mittaustulokset – GC-626

16.11.16, GC-626 - alfa-amylaasi							
		Viskositeetti, CPS				Spindeli	rpm
	Paino, g	1 min	2min	3min	4min		
1	400,1	3510	3240	3040	2870	3	12
2	400,4	3510	3160	3060	3040	3	12
3	400,2	3760	3370	3260	3110	3	12
4	400,7	3910	3610	3220	3170	3	12
5	400,9	3890	3460	3290	3070	3	12
6	400,4	4780	4260	3920	3760	3	12
ka.		3893	3517	3298	3170	3470	
Temperoitu 20°C, ei käsittelyjä							
		1min	2min	3min	4min		
7	400,2	5160	4660	4460	4210	3	12
8	400,5	5510	5140	4690	4380	3	12
9	400,1	5590	5140	4860	4580	3	12
ka.		5420	4980	4670	4390	4865	
Ei entsyymilisäystä, mutta haudekäsittely kuten näytteillä							
		1min	2min	3min	4min		
A	400,3	4660	4280	3960	3690	3	12
B	400,5	4510	4290	3860	3710	3	12
C	400,7	4790	4260	4010	3690	3	12
ka.		4653	4277	3943	3697	4143	
Näytteet mittaussvaiheessa 20°C							
Ohjelma	Step	1	2	3	4	5	
	Temp	20	67	20	20	20	
	Time	240	720	990	0	0	
Yeast extract -erän (30.10 kerätty) pH: 3,68							
GC-626 optimit: pH 3,5-4,5 (4,0) ja °C 62-70 (67)							
Entsyymilisäys näytteisiin: 8ml							
Entsyymi: HK-Import							
Yeast extractin pH säädettyinä NaOH: ei säädetty							
NaOH 3M kulutus: 0 ml							
1. Muutos%:			1min	2min	3min	4min	tod%
	0,16244	16,2 %	16,3	17,8	16,4	14,2	-1,5
Entsyymikäsittelyn vaikutus							
verrattuna pelkkään haudekäsittelyyn ilman entsyymiä							
2. Muutos%:			1min	2min	3min	4min	tod%
	0,28683	28,7 %	28,2	29,4	29,4	27,8	11,0
Entsyymikäsittelyn vaikutus verrattuna							
temperoituihin näytteisiin							
ilman entsyymiä ja haudekäsittelyä							

Hietala, Sara:
 Todellinen muutos %
 (muutosprosentista
 vähennettynä
 entsyymilisäyksen
 aiheuttama viskositeetin
 lasku)

17.11.16, GC-626 - alfa-amylaasi

		Viskositeetti, CPS				Spindeli	rpm
	Paino, g	1 min	2min	3min	4min		
1	400,0	3440	3220	3090	2940	3	12
2	400,1	3310	3110	2870	2840	3	12
3	400,9	3610	3210	3060	2890	3	12
4	400,4	3370	3090	2940	2810	3	12
5	400,6	3720	3540	3290	3120	3	12
6	400,1	4390	4110	3820	3661	3	12
ka.		3640	3380	3178	3044	3310	
Temperoitu 20°C, ei käsittelyä							
		1min	2min	3min	4min		
7	400,0	4600	4390	4060	3940	3	12
8	400,0	5140	4660	4290	3970	3	12
9	400,2	4560	4260	4010	3770	3	12
ka.		4767	4437	4120	3893	4304	
Ei entsyymilisäystä, mutta haudekäsittely kuten näytteillä							
		1min	2min	3min	4min		
A	400,7	4120	3660	3540	3290	3	12
B	400,3	3890	3660	3360	3210	3	12
C	400,3	3920	3540	3390	3190	3	12
ka.		3977	3620	3430	3230	3564	
Näytteet mittausvaiheessa 20°C							
Ohjelma							
Step		1	2	3	4	5	
Temp		20	67	20	20	20	
Time		240	720	990	0	0	

Yeast extract -erän (30.10 kerätty) pH: 3,64
 GC-626 optimit: pH 3,5-4,5 (4,0) ja °C 62-70 (67)
 Entsyymilisäys näytteisiin: 8ml
 Entsyymi: HK-Import

Yeast extractin pH säädettyinä NaOH: ei säädetty
 NaOH 3M kulutus: 0ml

1. Muutos%:		1min	2min	3min	4min	tod%
0,07118	7,1 %	8,5	6,6	7,3	5,8	-10,6

Entsyymikäsittelyn vaikutus
 verrattuna pelkkään haudekäsittelyyn ilman entsyymiä

2. Muutos%:		1min	2min	3min	4min	tod%
0,23087	23,1 %	23,6	23,8	22,9	21,8	5,4

Entsyymikäsittelyn vaikutus verrattuna
 temperoituihin näytteisiin
 ilman entsyymiä ja haudekäsittelyä

LIITE 11. Mittaustulokset - entsyymivalmisteen lisäyksen vaikutus

Collupulin L

VERTAILU 9.11.16								
		Viskositeetti, CPS				Spindeli	rpm	
	Paino, g	1 min	2min	3min	4min			
1	400,0	5730	5240	4940	4690	3	12	
2	400,4	5090	4910	4480	4210	3	12	
3	400,8	5540	5090	4760	4530	3	12	
	ka.	5453,3	5080	4727	4477	4934		
9.11.16, Collupulin L - proteaasi								
		Viskositeetti, CPS				Spindeli	rpm	
	Paino, g	1 min	2min	3min	4min			
1	400,0	4890	4530	4290	4110	3	12	entsyymi
2	400,2	4980	4540	4330	4070	3	12	entsyymi
3	400,3	4930	4530	4290	4070	3	12	entsyymi
	ka.	4933	4533	4303	4083	4463		
						muutos%	9,5 %	

Novozym 25086

VERTAILU 21.11.16								
		Viskositeetti, CPS				Spindeli	rpm	
	Paino, g	1 min	2min	3min	4min			
1	400,4	5280	4790	4430	4310	3	12	
2	400,4	5030	4610	4290	4170	3	12	
3	400,2	5780	5330	5030	4690	3	12	
	ka.	5363	4910	4583	4390	4812		
21.11.16, Novozym 25086 - proteaasi								
		Viskositeetti, CPS				Spindeli	rpm	
	Paino, g	1 min	2min	3min	4min			
1	400,8	4910	4500	4290	3940	3	12	entsyymi
2	400,7	4610	4210	3970	3720	3	12	entsyymi
3	400,2	4530	4330	3990	3710	3	12	entsyymi
	ka.	4683	4347	4083	3790	4226		
						muutos%	12,2 %	

Viscoferm

VERTAILU 21.11.16								
		Viskositeetti, CPS				Spindeli	rpm	
	Paino, g	1 min	2min	3min	4min			
1	400,2	5630	5190	4880	4590	3	12	
2	400,4	5640	5140	4830	4610	3	12	
3	400,4	5660	5230	4880	4580	3	12	
	ka.	5643	5187	4863	4593	5072		
21.11.16, Viscoferm - beeta-glukanaasi+ksylanaasi+sellulaasi+alfa-amylaasi								
		Viskositeetti, CPS				Spindeli	rpm	
	Paino, g	1 min	2min	3min	4min			
1	400,4	4910	4460	4240	3920	3	12	entsyymi
2	400,0	4760	4430	4120	3820	3	12	entsyymi
3	400,5	4930	4540	4210	4040	3	12	entsyymi
	ka.	4867	4477	4190	3927	4365		
						muutos%		13,9 %

Fermgen 2,5x

VERTAILU 22.11.16								
		Viskositeetti, CPS				Spindeli	rpm	
	Paino, g	1 min	2min	3min	4min			
1	400,0	5680	5090	4830	4580	3	12	
2	400,4	5340	4910	4740	4480	3	12	
3	400,1	5390	4930	4580	4290	3	12	
	ka.	5470	4977	4717	4450	4903		
22.11.16, Fermgen 2,5x - proteaasi								
		Viskositeetti, CPS				Spindeli	rpm	
	Paino, g	1 min	2min	3min	4min			
1	400,1	4380	3970	3860	3540	3	12	entsyymi
2	400,1	4610	4220	3710	3690	3	12	entsyymi
3	400,6	4530	4060	3740	3660	3	12	entsyymi
	ka.	4507	4083	3770	3630	3998		
						muutos%		18,5 %

Optimash Wheat

VERTAILU 22.11.16								
		Viskositeetti, CPS				Spindeli	rpm	
	Paino, g	1 min	2min	3min	4min			
1	400,3	6180	5690	5360	4980	3	12	
2	400,5	5780	5140	4830	4540	3	12	
3	400,8	5540	5180	4740	4560	3	12	
	ka.	5833	5337	4977	4693	5210		
22.11.16, Optimash Wheat - sellulaasi+ksylanaasi								
		Viskositeetti, CPS				Spindeli	rpm	
	Paino, g	1 min	2min	3min	4min			
1	400,3	4710	4390	4170	3870	3	12	entsyymi
2	400,6	4890	4460	4110	3870	3	12	entsyymi
3	400,0	4730	4460	4170	3960	3	12	entsyymi
	ka.	4777	4437	4150	3900	4316		
						muutos%		17,2 %

Optimash TBG

VERTAILU 9.11.16								
		Viskositeetti, CPS				Spindeli	rpm	
	Paino, g	1 min	2min	3min	4min			
1	400,3	4840	4440	4140	3960	3	12	
2	400,6	5130	4760	4430	4170	3	12	
3	400,5	5260	4830	4460	4210	3	12	
	ka.	5077	4677	4343	4113	4553		
9.11.16, OPTIMASH TBG- beetaglukanaasi								
		Viskositeetti, CPS				Spindeli	rpm	
	Paino, g	1 min	2min	3min	4min			
1	400,3	3570	3360	3160	3010	3	12	entsyymi
2	400,5	3920	3640	3410	3210	3	12	entsyymi
3	400,1	4210	3860	3640	3470	3	12	entsyymi
	ka.	3900	3620	3403	3230	3538		
						muutos%		22,3 %

Optimash Barley

VERTAILU 22.11.16								
		Viskositeetti, CPS				Spindeli	rpm	
	Paino, g	1 min	2min	3min	4min			
1	400,1	5080	4710	4290	4190	3	12	
2	400,1	5190	4760	4440	4210	3	12	
3	400,4	5110	4540	4360	4110	3	12	
	ka.	5127	4670	4363	4170	4583		
22.11.16, Optimash Barley - sellulaasi								
		Viskositeetti, CPS				Spindeli	rpm	
	Paino, g	1 min	2min	3min	4min			
1	400,4	4310	3970	3790	3460	3	12	entsyymi
2	400,2	4170	3910	3610	3540	3	12	entsyymi
3	400,0	4160	3940	3760	3420	3	12	entsyymi
	ka.	4213	3940	3720	3473	3837		
						muutos%		16,3 %

Optimash BG

VERTAILU 28.9.16								
		Viskositeetti, CPS				Spindeli	rpm	
	Paino, g	1 min	2min	3min	4min			
1	400,3	6010	5360	4930	4480	3	12	
2	400,3	6480	5780	5210	5010	3	12	
3	400,5	5510	5080	4690	4430	3	12	
	ka.	6000	5407	4943	4640	5248		
28.9.16, Optimash BG - beetaglukanaasi+ksylanaasi								
		Viskositeetti, CPS				Spindeli	rpm	
	Paino, g	1 min	2min	3min	4min			
1	400,1	5080	4710	4380	4040	3	12	entsyymi
2	400,0	4590	4290	3990	3770	3	12	entsyymi
3	400,4	4830	4430	4120	3810	3	12	entsyymi
	ka.	4833	4477	4163	3873	4337		
						muutos%		17,4 %

GC-626

VERTAILU 22.11.16								
		Viskositeetti, CPS				Spindeli	rpm	
	Paino, g	1 min	2min	3min	4min			
1	400,0	4940	4610	4210	4110	3	12	
2	400,6	5280	4910	4540	4380	3	12	
3	400,0	6150	5390	5140	4930	3	12	
	ka.	5457	4970	4630	4473	4883		
22.11.16, GC-626 - alfa-amylaasi								
		Viskositeetti, CPS				Spindeli	rpm	
	Paino, g	1 min	2min	3min	4min			
1	400,8	4560	4090	3820	3490	3	12	entsyymi
2	400,1	4660	4160	3860	3910	3	12	entsyymi
3	400,9	4330	4040	3770	3520	3	12	entsyymi
	ka.	4517	4097	3817	3640	4018		
						muutos%	17,7	%

