

Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2017 30 stp
Institutt for plantevitenskap

Utprøving av metodikk for å separere ut det næringsrike aleuronelaget i korn basert på slipeprosesser og bruk av fytinsyre som markør

Testing methodology to separate the nutritious
aleurone layer from cereal grains by pearling
processes and the use of phytic acid as a marker

Amanda Radecki
Matvitenskap

Forord

Denne oppgaven er en avslutning på masterstudiet i matvitenskap, i studieretning produksjon og utvikling av næringsmidler, ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet i Ås. Tema for oppgaven ble valgt på grunnlag av at jeg interesserer meg for plantebasert matproduksjon og ernæring. Gjennom professor Anne Kjersti Uhlen ved Institutt for plantevitenskap og seniorforsker Stefan Sahlström ved Nofima i Ås, fikk jeg muligheten til å gjennomføre dette masterprosjektet ved Nofima i Ås. Jeg håper at denne oppgaven kan føre til flere spennende prosjekter for utnyttelse av kornråvare i fremtiden.

Det har vært en svært lærerik og utfordrende prosess, som har gjort til at jeg nå sitter igjen med masse spennende kunnskap og mestringsfølelse. Jeg er svært takknemlig for all støtten jeg har fått. Takk til Graminor for kornmateriale, og oppgaven kunne heller ikke blitt gjennomført uten finansiell støtte fra Nofima. Anne Kjersti Uhlen har vært en suveren hovedveileder, og uten tilleggsveileder Stefan Sahlström hadde jeg ikke fått denne fantastiske muligheten. Tusen takk for alle konstruktive tilbakemeldinger, og alle lærerike diskusjoner som har vært uunnværlige for oppgaven. En stor takk går til laboratorieleder Hanne Zobel (Nofima Ås) for prisverdig opplæring og hjelp med eksperimentelt arbeid. Jeg må også takke forsker Ann Katrin Holtetjølen (Nofima Ås) for gode innspill. Jeg tror ikke jeg kunne fått bedre veiledning og støtte gjennom et krevende prosjekt som dette.

Til slutt vil jeg takke alle gode venner og familie for all støtte og kjærlighet, som har bidratt til motivasjon gjennom studietiden.

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Ås, 12. Mai 2017

Amanda Radecki

Sammendrag

Kostfiber, proteiner med høy biologisk verdi, vitaminer, mineraler, samt fenoliske komponenter er konsentrert i aleuronlaget i korn. I aleuroncellene befinner det seg også høye nivåer av fytinsyre. Nofima har arbeidet med en metode for sliping av byggkorn der konsentrasjonen av fytinsyre er brukt som markør for å optimalisere slipeprosessen, slik at minst mulig av det verdifulle aleuronlaget tapes. Metoden kan også brukes til å samle opp og ta vare på aleuronlaget som en egen fraksjon, for å utnytte dette som en verdifull ingrediens for berikelse av andre produkter. I denne masteroppgaven ble denne metoden prøvd ut for kornartene bygg, havre, hvete og rug. Behovet for tilpasninger for ulike sorter innen disse kornartene ble også undersøkt. Prøver av hver kornart representert med to til fire vanlige markedssorter, ble skaffet tilveie fra Graminor AS. Sortene som inngikk var Bjarne, Krabat og Mirakel (vårhvete), Brage, Fairytale, Marigold og Phil (bygg), Danko og Palazzo (rug), samt Belinda, Hurdal og Vinger (havre). Fysiske kvalitetsegenskaper (hektolitervekt og tusenkornvekt) ble analysert. Havreprøver ble avskallet for hånd for bestemmelse av skallprosent. Havre ble maskinelt avskallet før det ble malt eller slipt. Alle kornsorter ble malt til mel i hammermølle, og melprøver ble tatt ut for måling av vanninnhold og totalt fytinsyreinnhold. Fytinsyrekonsentrasjon i prøver ble bestemt ved bruk av kolorimetrisk metode (K-PHYT) utarbeidet av Megazyme International. To sorter av hver kornart ble slipt ved gjentakende tidsintervaller som ble tilpasset hver kornprøve. Fraksjoner fra hvert tidsintervall ble tatt ut for fytinsyreanalyse. Korn fra hvert tidsintervall ble fotografert. I dette forsøket ble det funnet en variasjon i fytinsyremengder fra 0,78 – 1,10 g/100 g korn (tørrvekt). Fytinsyreinnholdet hadde en tendens til å variere mer mellom sorter enn mellom arter i dette prøvematerialet, dette gjaldt særlig hvete og bygg. I fraksjoneringsforsøket ble det funnet signifikante variasjoner mellom kornsortene med hensyn på slipetid og avslipingsgrad til toppfraksjon (fraksjon med høyest fytinsyreinnhold), samt tap av fraksjonsmateriale og aleuronutbytte. Bilder viste at kornene ble slipt ujevnt. Kornets form og oppbygging så ut til å påvirke sliping, hvor spisse ender og runde deler ble slipt først. I tillegg hadde fraksjonsmateriale en tendens til å sette seg fast i kornets bukfure. En optimal slipemetodikk og beste fraksjon for de ulike kornsortene var vanskelig å definere. Avskallet havre utmerket seg fra de andre kornsortene da aleuronlaget ble nådd umiddelbart ved sliping. Resultatene viste at det ikke var mulig å få en ren aleuronfraksjon ved bruk av denne metoden, men det er mulig å få ut en fraksjon som inneholder en høy andel materiale fra aleuron, med fytinsyrekonsentrasjon som markør.

Abstract

Dietary fiber, proteins with high biological value, vitamins, minerals, as well as phenolic components are concentrated in the aleurone layer in cereals. The aleurone cells contains high levels of phytic acid. Nofima has been working on a pearling method on grains where the concentration of phytic acid is used as a marker, to optimize pearling of barley, and by that reduce the loss of the valuable aleuron layer. The method can also be used to collect and preserve the aleurone layer as its own fraction, and to utilize it as a valuable ingredient for enrichment of other products. In this master thesis, this method was tested for the cereals barley, oats, wheat and rye, and the need for adjustments for different varieties of these grains was also investigated. Samples of each grain species, represented with two to four common market varieties, were obtained from Graminor AS. The species included were Bjarne, Krabat and Mirakel (spring wheat), Brage, Fairytale, Marigold and Phil (barley), Danko and Palazzo (rye) Belinda, Hurdal and Vinger (oats). Physical quality properties (hectoliter weight and thousand grain weight) were analyzed. Oat samples were dehulled by hand for the determination of hulling percentage. The oats were dehulled by a dehulling machine before the samples were ground and pearled. All cereals were ground to flour in a hammer mill, and flour samples were taken out for measurement of water content and total phytic acid content. Phytic acid concentration was determined using a colorimetric method (K-PHYT) prepared by Megazyme International. Two varieties of each cereal were pearled at repeated time intervals that were set differently for each variety. Fractions from each time interval were analyzed for phytic acid. Grains from every time interval where photographed. In this experiment, phytic acid content in the ground whole-meal samples was found to vary from 0,78 – 1,10 g / 100 g grain (dry weight basis). Phytic acid content tended to vary more between varieties than between species in this sample material, especially in wheat and barley. In the fractionation experiment, significant variations were found between the cereals in terms of pearling time and pearling degree to peak fraction, loss of fractional material and aleurone yield. Images showed that the cereals were pearled unevenly, where sharp ends and round parts were pearled first. In addition, fraction material tended to get stuck in the crease of the grain. An optimal pearling method and peak fraction for the various cereal varieties was difficult to define. However, the dehulled oats excelled from the other cereals as the peak fraction was reached immediately in the process. The results showed that it was not possible to obtain a pure aleurone fraction using this method, but it is possible to obtain a fraction containing a high proportion of aleuron material, with phytic acid concentration as a marker.

Innhold

Forord.....	I
Sammendrag	II
Abstract.....	III
1. Innledning.....	1
2. Litteratur	2
2.1 Kornets oppbygning og egenskaper.....	2
2.2 Aleuronlaget	3
2.3 Fytinsyre.....	5
2.4 Morfologisk oppbygning og kjemisk innhold hos ulike kornarter.....	6
2.4.1 Hvete (<i>Triticum aestivum</i> L.).....	8
2.4.2 Rug (<i>Secale cereale</i> L.)	8
2.4.3 Bygg (<i>Hordeum vulgare</i> L.).....	9
2.4.4 Havre (<i>Avena sativa</i> L.)	10
2.4.5 Isolering av aleuronfraksjon	11
3. Materiale og metode.....	13
3.1 Kornmateriale	13
3.2 Analyser av utgangsmateriale (kornprøvene).....	14
3.2.1 Tusenkornvekt (TKV).....	14
3.2.2 Hektolitervekt (HLV)	14
3.2.3 Skallprosent i havre	14
3.3 Havreavskalling	14
3.4 Maling av korn til mel	16
3.5 Sliping og fraksjonering av korn	16
3.6 Fytinsyreanalyse av mel og fraksjoner	19
3.7 Bestemmelse av vanninnhold	20
3.8 Fotografering av korn.....	20
3.9 Beregninger.....	20
4. Resultater	22

4.1	Kvalitetssegenskaper til kornmateriale	22
4.2	Totalinnhold av fytinsyre og vanninnhold i sammalt mel	23
4.3	Fraksjoneringsforsøk: slipetid, avslipingsgrad og fytinsyre i fraksjoner.....	24
4.3.1	Bygg	24
4.3.2	Hvete	28
4.3.3	Rug.....	31
4.3.4	Havre	34
4.4	Forskjeller mellom kornarter og sorter: avslipingssegenskaper og fytinsyreinnhold.....	38
5.	Diskusjon	42
5.1	Kvalitetssegenskaper til kornmaterialet.....	42
5.1.1	Skallprosent i havre	42
5.1.2	Tusenkorntvekt og hektolitervekt.....	42
5.2	Totalinnhold av fytinsyre i korn	43
5.3	Analysemetode for fytinsyre.....	44
5.4	Fraksjoneringsforsøk.....	46
5.4.1	Tap av kornmateriale og utbytte	46
5.4.2	Slipetid og avslipingsgrad.....	48
5.5	Kommersiell bruk av aleuronlaget	50
5.6	Forbedringspotensialer ved forsøket	51
6.	Konklusjon.....	52
	Kilder	53
	Vedlegg A	i
	Vedlegg B.....	v

1. Innledning

I korn har aleuronlaget viktige funksjoner ved akkumulering av lagringskomponenter under frøutviklingen, og ved mobilisering av opplagsnæring under spiring. Gjennom kornets utvikling, akkumuleres det høye nivåer av fytinsyre i aleuroncellene som binder flere mineraler. Aleuron er det viktigste lageret for fosfat, magnesium, kalium og kalsium. Under spiring utfører aleuron en viktig funksjon, da den utskiller enzymer for å bryte ned stivelsen og proteiner lagret i de stivelsesholdige endospermcellene. I tillegg til at aleuron er viktig for planten, kan aleuron ha flere helsemessige fordeler for mennesker. Kostfiber (arabinoxylaner, β -glukaner), proteiner med høy biologisk verdi, vitaminer, mineraler, samt fenoliske komponenter er konsentrert i aleuronlaget. Flere studier har vist at flere av disse komponentene i aleuronlaget kan forbygge kreft, overvekt, diabetes, samt hjerte- og kar sykdom.

Ved de fleste typer av prosessering av kornråstoff, vil viktige næringsstoffer tapes i restråstoff som ikke benyttes til mat. Ved maling av siktemel av hvete følger det aller meste av aleuronlaget med klifraksjonen som blir brukt til brensel eller dyrefôr. Det samme er tilfellet ved maling av siktet rugmel. Havre har løse agner som fjernes ved avskalling. Bygg (vanlig bygg) har agner som sitter fast på kornet, og som må fjernes for å bruke bygget til mat. Dette kan gjøres ved pearling (sliping) ved produksjon av bygg-gryn eller ved maling på valsemølle med lavere utmalingsgrad. I begge tilfeller vil mesteparten av aleuronlaget tapes i restproduktet.

Nofima har arbeidet med en metode for sliping av byggkorn der konsentrasjonen av fytinsyre er brukt som markør for å optimalisere slipeprosessen, slik at minst mulig av det verdifulle aleuronlaget tapes. Metoden kan også brukes til å samle opp og ta vare på aleuronlaget som en egen fraksjon for å utnytte dette som en verdifull ingrediens for berikelse av andre produkter. I denne masteroppgaven skal denne metoden prøves ut for kornartene bygg, havre, hvete og rug. Behovet for tilpasninger for ulike sorter innen disse kornartene skal også undersøkes.

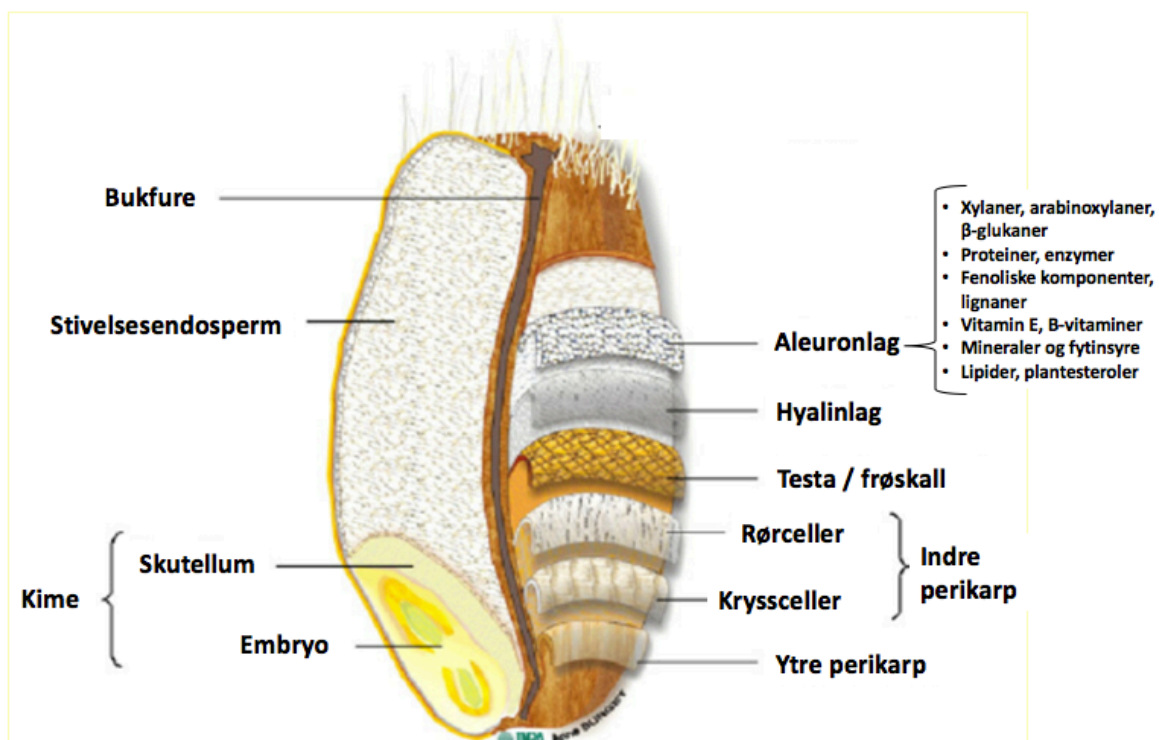
2. Litteratur

2.1 Kornets oppbygning og egenskaper

Et økt inntak av fullkorn er blitt assosiert med lavere risiko for hjerte- og kar sykdom, overvekt, diabetes og kreft (Slavin 2003). Flere studier rapporterer redusert dødelighet ved høyt inntak av fullkorn, selv når resultatene er blitt justert for livsstilsfaktorer.

Korn er en rik kilde til kostfiber og mikronæringsstoffer som mineraler, vitaminer og bioaktive fytokjemikalier som antioksidanter (Slavin 2003; Brouns et al. 2012). Mesteparten av disse stoffene befinner seg i kornets ytre lag som i mølleindustrien betegnes som kli. Ved formaling av korn skilles kornet i mel (stivelsesendosperm), kime (embryo + skutellum) og kli (perikarp, testa, hyalinlag og aleuronlag).

Korn har generelt en kompleks struktur bestående av ulike typer vev og celledag (figur 1). Struktur og komposisjon varierer mellom de ulike morfologiske delene og de har alle ulike funksjoner under kornets vekst og utvikling. Alle kornarter har en fellesstruktur med perikarp, frøskall, hyalinlag, aleuronlag, stivelsesendosperm og kime, men andelen av disse komponentene kan variere mellom ulike kornarter (Slavin 2003; Delcour & Hosenev 2010).



Figur 1. Histologisk struktur av hvetekorn. Modifisert etter Surget & Barron (2005).

Som vist i figur 1, består kliet av flere sammenklistrede vev (fra ytterst til innerst): ytre perikarp, indre perikarp (kryssceller og rørceller), frøskall (testa), hyalinlag, og aleuronlag (Brouns et al. 2012). Perikarp omgir hele kornet og består av flere lag med forgrenede heteroxyfaner, cellulose og lignin (Brouns et al. 2012). Testa er et hydrofobt lag rikt på lignin, mens hyalinlaget inneholder hovedsakelig arabinoxylaner og er tett bundet til både testa og aleuronlaget (Barron et al. 2007). Stivelsesendospermen består hovedsakelig av tre celletyper: subaleuronceller, prismatiske celler og sentrale endospermceller. Subaleuroncellene inneholder mye lagringsprotein mens de prismatiske cellene inneholder høye nivåer av stivelse (Verwimp et al. 2006). Pomeranz fant i 1988 (i følge Brouns et al. 2012) at i de ytterste delene av endospermen, i aleuronlaget, er det en høy konsentrasjon av fiber, vitaminer, mineraler, og fytokjemikalier. Et tynnere aleuronlag dekker også kimen, hvor den fusjonerer med skutellum (Delcour & Hosney 2010; Brouns et al. 2012). Kimen består av embryo og skutellum, og inneholder forstadier til en ny plante som består av protein, fett, sukkerarter og mineraler og vitaminer, særlig B-vitaminer og E-vitamin (Hansen 2014). Sammensetningen i prosentandel av kornvekta er hos de fleste arter: 7-10% perikarp testa og hyalinlag, 8% aleuron, 80-90% endosperm, og 2-4% kime (Hansen 2014).

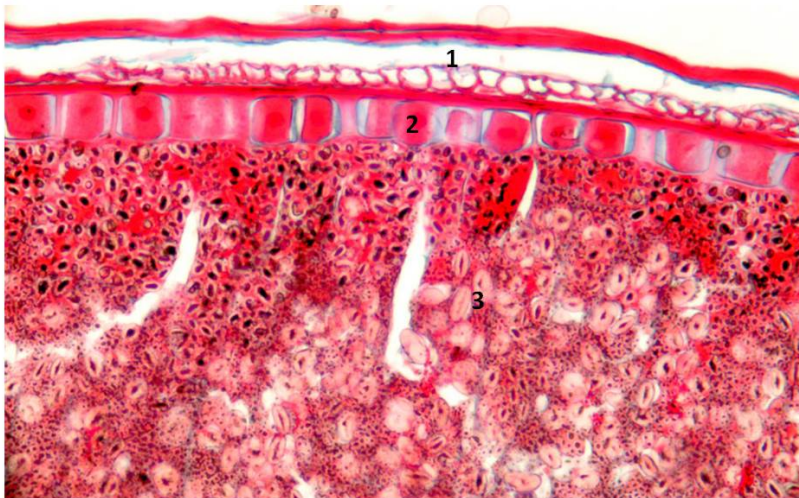
2.2 Aleuronlaget

Aleuronlaget er viktig både botanisk og industrielt. Botanisk sett er det en del av endospermen, men er festet til hyalinlaget (Brouns et al. 2012). Ved malingsprosessen følger derfor aleuronlaget med hyalinlaget og blir en del av klifraksjonen. I aleuroncellenes cytoplasma finnes det høye nivåer av proteiner, fytinsyre, mineraler (bl.a kalium, kalsium, magnesium, sink, mangan og jern), B-vitaminer (særlig niacin og folat), lipider, plantesteroler, samt hydrolytiske enzymer som degraderer opplagsnæring i stivelsesendospermen ved spiring (Brouns et al. 2012; Autio & Salmenkallio-Marttila 2003). Det næringsrike aleuronlaget er derfor en nøkkelkomponent og en stor bidragsyter til de rapporterte helseeffektene assosiert med høyt inntak av fullkorn (Brouns et al. 2012).

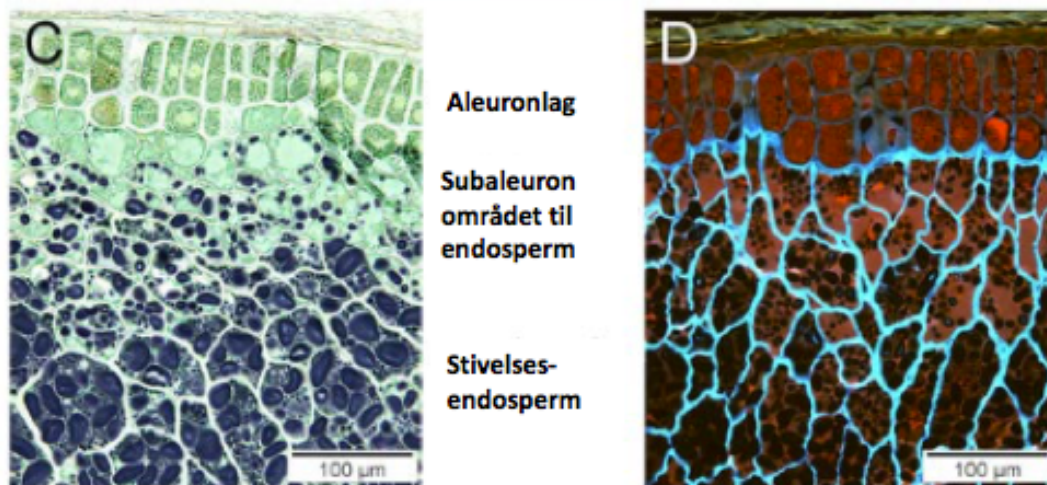
Aleuronlaget som dekker endospermen kan være 1-4 celler tykt, og består av kubiske tykkveggede celler (Autio & Salmenkallio-Marttila 2003). En gjennomsnittlig aleuroncelle er ca 50 µm på tvers og celleveggene er 3-4 µm tykke (Delcour & Hosney 2010).

Aleuroncelleveggene i bygg og hveten har vist seg å inneholde rundt 65-67% arabinoxylan og rundt 26-29% (1-3), (1-4)-β-D-glukan (Autio & Salmenkallio-Marttila 2003).

Aleuronlaget i hvete og rug er sammensatt av 1 lag av celler (Brouns et al. 2012; Simmonds & Campwell 1976) (figur 2), mens den er sammensatt av 2-3 cellelag i havre, og 1-4 celler i bygg (Autio & Salmenkallio-Marttila 2003) (figur 3). Aleuronicellen består av en stor cellekjerne (nucleus), og cytoplasma med et stort antall sfæriske partikler som kalles aleurongranuler (Delcour & Hosney 2010). Morrison et al. (1975) fant at størrelsen på aleurongranulene er ca 2-4 μm i diameter og at disse enten er fytat-inkludjoner (består av fytinsyre og mineraler), eller niacin-inkludjoner (består av niacin og proteiner). Hver granule er omgitt av lipiddråper. Aleuronecellene over kimen er tynnvegget og er mindre enn 1/3 av tykkelsen funnet i aleuronecellene som omgir endospermen (Delcour & Hosney 2010).



Figur 2. Utsnitt av hvetekorn (*Triticum aestivum*) som viser 1: Sammenvekst fruktvegg og frøvegg. 2: Ett aleuronlag. 3: Endosperm med store og små stivelseskorn. Hentet fra Aarnes (2011a).



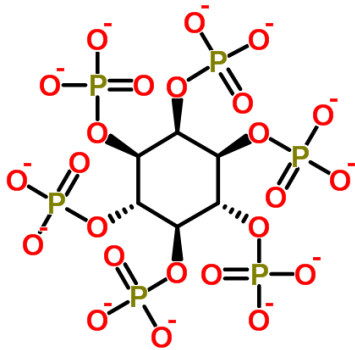
Figur 3. Utsnitt av bygg som viser flere aleuronlag, subaleuron og stivelsesendosperm. **C:** Protein (lysegrønn) og stivelse (mørkeblå). **D:** protein (rød) and β -glukan i cellevegger (lyseblå). Modifisert etter Holopainen-Mantila (2015).

2.3 Fytinsyre

Fytinsyre (fytat; *myo*-inositol 1,2,3,4,5,6-heksafosfat; IP₆) akkumulerer i kornet under modningsperioden, sammen med andre lagringssubstanser som stivelse, lagerprotein og lipider (Urbano et al. 2000). Fytinsyre er fosfor bundet til inositol, som konsenterer seg i både aleuronlaget og skutellumceller i kimen (Skoglund et al. 2009; Megazyme 2015). Fytinsyre representerer hovedlagringsformen for fosfor og inositol, og i korn og frø utgjør det $\approx 70\%$ av totalt fosforinnhold (Skoglund et al. 2009; Megazyme 2015).

Fytinsyre er vital for kornets vekst og utvikling, og effektene det kan ha i dyr og mennesker er blitt studert. Enmagede dyr har begrenset evne til å hydrolysere fytinsyre og frigjøre fosfor for absorpsjon i fordøyelsen (Megazyme 2015; Urbano et al. 2000). I tillegg vil de sterke kelaterende egenskapene til fytinsyre, redusere biotilgjengeligheten av andre essensielle næringsstoffer som mineraler (kalium, kalsium, sink magnesium, mangan og jern), proteiner og aminosyrer (Megazyme 2015). Denne egenskapen relateres til de seks reaktive fosfatgruppene i fytinsyren som binder multivalente kationer (figur 4), og danner uløselige ufordøyelige komplekser (Urbano et al. 2000). I ernæringsammenheng blir fytinsyre derfor ansett som et antinæringsstoff, og tilstedeværelsen av den i korn og kornprodukter er oppfattet som negativt i mat- og fôr-industrien (Megazyme 2015). Bløtlegging, spiring og fermentering er metoder som kan brukes for å redusere den hemmende effekten som fytinsyren har på mineralabsorpsjon (Urbano et al. 2000). Positive effekter av fytinsyre har også blitt funnet av

Fox & Eberl i 2002, som gjennom en oversikt av flere dyrestudier, konkluderte med at fytinsyre kan ha en viktig rolle i forebygging og behandling av flere kreftformer. Fytinsyre har vist seg å fungere som en antioksidant, og har trolig antikarsinogen effekt (Graf et al. 1987; Thompson & Zhang 1991).



Figur 4. Kjemisk struktur av fytinsyre. Hentet fra ChemSpider (2015).

For at mineralene skal kunne absorberes under fordøyelsesprosessen, må de være spaltet fra fytinet ved hjelp av enzymet fytase. Dette enzymet finnes i alle planter og det aktiveres ved både spiring og syring (Urbano et al. 2000). Cellene i aleuronlaget produserer flere hydrolytiske enzymer under spiringen i tillegg til fytase: bl.a beta-glukanase, alfa-amylase og protease, som bryter ned opplagsnæringen i endospermen slik at den frigjøres (Aarnes 2011b). En slik hydrolysering settes i gang etter stimulering av plantehormonet gibberellin fra kimen.

Reddy et al. beskrev i 1982 at fytinsyreinnholdet i korn utgjør 0,5-1,89 % av kornets tørrvekt. Prosentandel fytinsyre har blitt beregnet til å være 0,62-1,35 % i hvete, 0,97 % i rug, 0,97-1,16 i bygg, og 0,79-1,01 i havre. Fytinsyrekonentrasjoner i deler av korn har også blitt presentert i hvete hvor 87% sitter i aleuronlaget, 13% i kimen, og 2% endospermen (Reddy et al. 1982).

2.4 Morfologisk oppbygning og kjemisk innhold hos ulike kornarter

Selv om morfologien til de ulike kornartene har mange likheter, har de ulik kjemisk komposisjon og fordeling av komponenter (Autio & Salmenkallio-Marttila 2003). Fysiske egenskaper kan variere mellom både arter og sorter. Ulikhetene som kan påvirke prosesseringsegenskapene, kommer ikke bare av ulik genetikk, men også miljøfaktorer som påvirker kornstørrelse og kornets struktur (et eksempel er kornets hardhet) (Baik et al. 2011).

Fysiske kornegenskaper kan måles for å bestemme kvaliteten, og til en viss grad angi grunnleggende næringsinnhold av protein og stivelse. Disse næringsstoffene er sterkt og negativt korrelert slik at korn med høyt stivelsesnivå normalt vil ha et lavere proteinnivå, og motsatt vil et lavt stivelsesnivå være korrelert med et høyt proteinnivå (Åman & Newman 1986). Høyt stivelsesinnhold er normalt korrelert med større endosperm og kornstørrelse; derfor vil næringsstoffer i andre deler av kornet reduseres som prosentandel av kornet.

Kornets størrelse og fyldighet som begge er sterkt og positivt korrelert, kan måles med tusenkornvekt (TKV) og hektolitervekt (HLV) (Baik et al. 2011). Antall korn i akset, samt tørke og sykdom vil kunne påvirke kornfyllingen som skjer i kornets vekstfase (Yara u.å.a). Der tilgangen på produkter fra fotosyntesen er lavere enn kravet fra det voksende kornet, vil kornene kunne bli skrumpne ved modning. Jo lengre kornfyllingsperiode og bedre vekstforhold (næringsopptak og assimilasjon), jo større vil kornene bli. Genetikk vil også spille en avgjørende rolle for kornstørrelsen (Yara u.å.b). Det vil være en variasjon i HLV mellom korn på grunn av variasjon i kornets form og om kornet er nakent eller dekket av agner. Krav til basiskvalitet for HLV i det norske prisgraderingssystemet er henholdsvis 79 g, 72 g, 64 g og 53 g for hvete, rug, bygg og havre (Felleskjøpet 2016).

Hvete og rug er nakne kornarter, fordi de har et løstsittende ytterskall (agner) som faller av under treskingen (Hansen 2014; Delcour & Hoseney 2010). Selv om noen nakne sorter av bygg og havre er blitt utviklet, er de vanligste sortene dekket av fastsittende agner som må fjernes før kornet kan anvendes til mat. Av kornets samlede vekt utgjør agner i gjennomsnitt 13% i bygg og 25% i havre (Hansen 2014; Delcour & Hoseney 2010; Baik et al. 2011). Havren som brukes til mat gjennomgår en avskallingsprosess som fjerner agnene. I motsetning til havre, sitter agnene på bygg fast i perikarp og er vanskeligere å fjerne (Delcour & Hoseney 2010). Bygg pleier derfor å gjennomgå en slipeprosess som kalles "pearling", hvor agner, perikarp, testa, hyalinlag og aleuronlag slipes av, mens endospermen beholdes relativt intakt. Mengden materiale som fjernes av kornet, kan kontrolleres ved hvor lenge kornet forblir i slipemaskinen.

Hvete har tynne cellvegger, særlig i ytre endospermen (Autio & Salmenkallio-Marttila 2003). Rug er rik på cellevegger og celleveggene er tykke gjennom hele kornet. Bygg kan også ha tykke cellevegger, men variasjonen i tykkelse er stor mellom ulike sorter. I havre kan celleveggene i subaleuronlaget være veldig tykke, slik at de også har en høy konsentrasjon

celleveggmateriale med β -glukaner. Subaleuronlaget er også kjent for å ha et høyt proteininnhold.

2.4.1 Hvete (*Triticum aestivum* L.)

Hvete er en av verdens mest kultiverte og studerte matplanter, og er en viktig kornart i verdenshandelen. Størrelsen på hvetekorn varierer veldig med sort (Delcour & Hosenev 2010). Stivelsesendosperm utgjør 80-85%, mens kli og kime utgjør henholdsvis 12-18% og 2-3% av hvetekornet (Brouns et al. 2012). I hvete utgjør aleuronlaget tilnærmet 50% av klifraksjonen, dvs. 6-9% av hele hvetekornet (Brouns et al 2012). Celleveggene i aleuronlaget inneholder 29% β -glukaner, noen få proteiner, arabinoxylan med et lavt arabinose-xylose forhold, og høyt innhold av esterifiserte fettsyremonomerer.

2.4.2 Rug (*Secale cereale* L.)

Det er færre kultiverte markedssorter av rug enn det er av de fleste andre kornarter (Matz 1991b). Kryss-pollinering gjør at rugsorter ikke er så veldefinerte. Rug er en fremmedbestøvende plante mens de andre kornartene er selvbestøvere (Geiger & Miedaner 2009). Ved blomstring må selvbestøvere ha pollen fra samme blomst for å befrukte eggcellen. Fremmedbefruktere har derimot en innebygget sperre for pollen av samme genotype, slik at de må ha pollen fra en annen plante som er genetisk forskjellig for å befrukte eggcellen. Tidligere var derfor alle sorter av rug populasjonssorter, dvs. at sorten består av en populasjon av planter som er genetisk forskjellige fra hverandre.

I senere år er det blitt foredlet hybridsorter av rug (Geiger & Miedaner 2009). Ved foredling av hybridsorter, tvinges utvalgte planter til selvbestøvning gjennom noen generasjoner (slik at disse blir relativt homozygote), og deretter krysses disse sammen. I motsetning til populasjonssorter, vil rug av en hybridsort være genetisk like, og ser derfor like ut slik de står i bestanden, og kvalitetsegenskapene er også mer forutsigbare.

Størrelsen på rugkornet varierer mellom sorter. Hybridsorter har vanligvis større korn enn populasjonssorter (Autio & Salmenkallio-Marttila 2003). Selv om de ytre delene av rug og hvete er relativt like, er rug mindre og inneholder høyere konsentrasjoner av arabinoxylaner enn hvete (Nyman et al. 1984; Delcour & Hosenev 2010). Dette kan være en årsak til at rug er vanskeligere å male enn hvete.

Et gjennomsnittlig rugkorn inneholder 13,4 % protein (Matz 1991b). I 1993 fant Weipert (i følge Verwimp et al. 2006) at det høye proteininnholdet har en påvirkning på hvordan rug oppfører seg i mølla. Når proteininnholdet overgår 12%, blir det vanskeligere å male siden separeringen av endospermen fra kliet dårligere (Nyman et al. 1984). Den langsgående bukturen er en annen fysisk faktor i korn som kan gjøre det vanskelig for møllere å separere kli fra endosperm med et bra utbytte (Delcour & Hosenev 2010). Både hvete, rug, havre og bygg har en slik bukture.

2.4.3 Bygg (*Hordeum vulgare* L.)

Bygg kan være to-radet (2-rads) eller seks-radet (6-rads) avhengig av aksets (blomsterstandens) oppbygning. Byggaket består av én blomstrete småaks som hos 6-rads bygg sitter i knipper på tre og tre på hver side av aksstilken (Holtet 2015). Dette gir seks rader med korn i akset, derav navnet 6-radsbygg. I 2-rads bygg er de to ytre blomstene i disse knippene på tre blomster rudimentære eller mangler, slik at akset bare har to rader av korn. Denne aksmorfologien er styrt genetisk, av noen få gener, som også påvirker kornstørrelse og kornets form (Baik et al. 2011). 2-rads bygg skiller seg fra 6-rads bygg da de har symmetriske korn som normalt er større, og som er bredest på midten av kornet. 6-radet bygg vil normalt ha mindre kornstørrelse og korn som er bredest litt over midten (i lengderetningen). Et annet kjennetegn for 6-rads bygg er at 1/3 av kornene (tilsvarende midtkornet i knippet på tre korn) er symmetriske, mens resten (tilsvarende sidekorna) er mindre og den nederste delen av kornet bøyer seg inn mot frøfestet (der kornet er festet på akset). Kornene i 2-rads bygg er generelt større og fyldige og har et fastere, tynnere agn enn 6-rads bygg (Matz 1991a). Tunge, store korn vil ha et høyt innhold av stivelse og lavere proteininnhold (Baik et al. 2011). Stivelsesinnholdet i 2-rads bygg er normalt høyere enn i 6-rads bygg, men sistnevnte har imidlertid et høyere proteininnhold enn 2-rads bygg.

Bygg er ovalt og bredere i midten enn i endene, med en langsgående bukture på den ventrale siden (Baik et al. 2011). Tynne korn vil se mer avlange ut, mens fyldige korn vil være rundere. Kornlengden er mer konstant innenfor genotype, enn kornbredde og tykkelse, som er mer bestemt ut fra agronomiske prinsipper. Korn av 6-radig bygg er spissere ved frøfestet enn 2-rads som vanligvis er brede på denne siden (Baik et al. 2011).

Et gjennomsnittlig modent byggkorn består av omtrent 13% agner, 2% perikarp og testa, 5% aleuron, 76% stivelsesendosperm og subaleuron, og 3% kime, basert på tørrvekta (Baik et al. 2011). Mikrostrukturen til bygg varierer med genotype, miljø og dyrkingsbetingelser (Autio & Salmenkallio-Marttila 2003). Som i andre kornarter, er de ytre lagene i bygg også karakterisert av høye konsentrasjoner fenol-komponenter som lignan, flavonoider, ferulinsyre og kumarinsyre. Aleuroncelleveggene i bygg har vist seg å inneholde rundt 65-67% arabinoxylan og rundt 26-29% (1-3), (1-4)- β -D-glukan. Et motsatt forhold mellom disse polymerene, finnes i celleveggene i stivelsesendospermen i bygg, med ca 20% arabinoxylan og 70% (1-3), (1-4)- β -D-glukan (Autio & Salmenkallio-Marttila 2003).

2.4.4 Havre (*Avena sativa* L.)

De største forskjellene mellom havre og andre kornarter er størrelse og form på kornet, fordelingen av kjemiske komponenter og kjemisk komposisjon (Autio & Salmenkallio-Marttila 2003). Fordelingen av cellevegger, proteiner og lipidene i kornet skiller seg mest ut fra andre kornarter. I kontrast til bygg, rug og hvete, er celleveggene i subaleuronlaget i noen havresorter veldig tykke. Dette er en viktig strukturell egenskap som gir klifraksjonen et spesielt høyt innhold av β -glukaner (Autio & Salmenkallio-Marttila 2003).

Både bygg og havre er kjent for å ha høye nivåer av (1-3), (1-4)- β -D-glukaner i celleveggene som har vist seg å ha kolesterolsenkende egenskaper (Izydorczyk et al. 2014; Delcour & Hosney 2010). I havre er β -glukanene mer konsentrert i den ytre delen av kornet, mens de i bygg er mer konsentrert i den sentrale delen av endospermen (Baik et al. 2011). Det totale innholdet av β -glukaner er høyere i bygg enn i havre (Autio & Salmenkallio-Marttila 2003).

Innenfor agnene finner vi havrekornet ("groat" – omtalt som havrekime på norsk). Det er et langt og tynt korn, som er dekket av trichomer (hårlignende fremspiringer) (Delcour & Hosney 2010). Kimen i havre utgjør omtrent 1/3 av grynets lengde, og er derfor større og smalere enn kimen i hvete. Havrekli inneholder mer endosperm med større konsentrasjoner stivelse og proteiner sammenlignet med hvetekli (Izydorczyk et al. 2014). På grunn av sin myke tekstur og høye fettinnhold, separeres ikke endospermlagene i havrekornet rent og effektivt fra de ytre fibrøse lagene. Maling av havremel skjer derfor på en annen måte enn for hvete. Havrekli er ikke en skallfraksjon som hvetekli og produseres derfor annerledes.

Avskallet havre blir malt på en hammer mølle og siktes 538 μ m og den grove fraksjonen med

partikler større enn 538 um er havrekli (Sahlström 2017). Havre har generelt et høyere innhold av fett og protein enn andre kornarter (Delcour & Hosney 2010), som gjør det vanskeligere å prosessere. En tydeligere oversikt over hvordan det kjemiske innholdet varierer mellom kornartene er vist i tabell 1.

Aleuronlaget i havre er ca 50-150 µm tykt med fenolsyrerike uløselige cellevegger (Autio & Salmenkallio-Marttila 2003). Av det totale proteininnholdet i havre finnes ca 50% i aleuronlaget. I motsetning til rug, bygg, og hvete hvor proteinet eksisterer i en kontinuerlig matriks med stivelsesgranulater, ligger proteinene i havre i sfæriske proteinkropper, hvorav de største proteinkroppene lokaliserer seg i subaleuronområdet. Det totale lipidinnholdet i havre kan variere mellom 3,1-11,6%. Slik som hos andre kornarter, er det aleuronlaget og kimen som er rik på lipider, men i kontrast til de andre kornartene, kan endospermen i havre inneholde mye lipider (Autio & Salmenkallio-Marttila 2003). Lipidene (hovedsakelig triglyserider) i havre er utsatt for hydrolysering på grunn av havrens naturlige innhold av lipaser. Fettsyrene som frigjøres i hydrolyseringsprosessen er kjent for å gi uønsket smak.

Tabell 1. Kjemisk sammensetning av korn (% av tørrvekt). Modifisert etter Autio & Salmenkallio-Marttila (2003).

	Hvete	Rug	Havre	Bygg
Fett	2,1-3,8	2,0-3,5	3,1-11,6	0,9-4,6
Protein	9-17	8-13,4*	11-15	8-13
Stivelse	60-73	50-63	39-55	53-67
β-glukaner	0,5-3,8	1,0-3,5	2,2-5,4	3,0-10,6

*Gjennomsnittlig proteinverdi for rug fra Matz 1991b.

2.4.5 Isolering av aleuronfraksjon

Ettersom aleuronlaget er fastbundet til frøskallet, er det vanskelig å separere denne fraksjonen fra kliet (Brouns et al. 2012). Ulike fraksjoneringsmetoder har blitt utviklet; alt fra laboratoriske småskala teknikker utviklet for biokjemiske analyser, til semi-industrielle prosesser utviklet for storskala aleuronproduksjon. Manuell disseksjon av korn har vist å være metoden som fører til den reneste aleuronprøven. Denne metoden går ut på at kornene bløtlegges i vann, slik at det er mulig å separere mesteparten av de morfologiske delene (kornlagene) (Barron et al. 2007). Med hensyn på tid og krefter det tar å utføre metoden, samt at metoden begrenser antall prøver som kan produseres, er denne metoden bedre egnet for

analysering av kornets sammensetning mer enn forskning innen ernæring og matproduksjon. Andre metoder går ut på at klifraksjonen bløtlegges i kjemiske reagenter eller organiske løsningsmidler for å trekke ut aleuroncelleveggene fra korn.

Aleuronfraksjonen kan ha ulik renhet avhengig av fraksjoneringsmetode og mengde aleuronceller som er blitt utvunnet fra kornmateriale. Pearling (sliping) av hvetekorn, har blitt brukt som en måte å produsere aleuronrike klifraksjoner (Dexter & Wood 1996; Hemery et al. 2007). Det har blitt vist at disse fraksjonene ofte inneholder en blanding av de ulike ytre kornlagene (Hemery et al. 2009).

Nye metoder for våtfraksjonering og tørrfraksjonering har blitt utviklet for å isolere aleuronlaget i stor skala. For eksempel var det utviklet en våtfraksjoneringsprosess som kombinerer flere enzymatiske behandlinger og våtmaling, etterfulgt av sentrifugering og ultrafiltrering (Kvist et al. 2010). Tørrfraksjonering oppfattes som en mer miljøvennlig metode, da den kun involverer fysiske/mekaniske prosesser, uten energikrevende tørking, og ingen løsningsmidler benyttes. Tørrfraksjonering vil således ikke produsere utslipp samtidig som den begrenser biokjemisk endring av aleuronstrukturen. Tørrfraksjonering omfatter vanligvis minst to steg: 1. Fragmentering, hvor de ulike kli-vevene dissosieres ved sliping, og 2. Separasjon, hvor partiklene sorteres ut i henhold til ulike egenskaper som størrelse, masse, tetthet eller elektrostatiske egenskaper (Hemery et al. 2007).

Det er behov for å gjøre flere undersøkelser med tørrfraksjoneringsmetoder for å kunne separere ut det verdifulle aleuronlaget og å utnytte dette på en bedre måte. I denne oppgaven prøves det ut en metodikk basert på en trinnvis avslipping fra kornets utside og innover, og der analyser av fytinsyre brukes som indikasjon på når aleuronlaget slipes av. Formålet er å undersøke om en slik metodikk kan være egnet for å oppnå en fraksjon som vesentlig består av aleuron, og å prøve ut hvordan metodene kan optimaliseres og tilpasses for ulike kornarter og sorter av disse.

3. Materiale og metode

3.1 Kornmateriale

Ulike sorter av kornartene bygg, hvete, rug og havre, ble valgt ut til denne oppgaven på grunnlag av deres markedsandel. For rug så ble det valgt sorter som representerer de to ulike sortsgruppene som brukes; hybridsorter og populasjonssorter. Palazzo er en hybridsort som er dominerende på markedet, mens Danko ble valgt blant populasjonssortene selv om denne nå i prinsippet regnes som ute av markedet. Prøver på ca 2 kg av hver sort ble skaffet tilveie fra Graminor AS (Ridabu, Norge) og stammer fra feltforsøk utført på forsøksgården Bjørke (Ilseng, Hedmark, Norge) i 2016. En oversikt over sorter, foredler, godkjenningsår i Norge og markedsandel er vist i tabell 2.

Tabell 2. Kornmateriale som ble benyttet i oppgaven.

Kornart	Kornsort	Foredler	Godkj.år	Markedsandel 2016 (%) (Åssveen et al. 2017)
Bygg	Brage (6-rads)	Graminor AS	2010	37,8
	Fairytales (2-rads)	Seijet Planteforædling, Danmark	2014	14,0
	Marigold (2-rads)	Unisigma, Frankrike	2009	3,8
	Phil (GN03386, 2-rads, nakenbygg)	Graminor AS	2016	*
Rug	Danko	Danko Hodowla Roslin Sp. z o.o., Polen	-	0
	Palazzo	KWS Lochow GmbH, Tyskland	-	73
Vår- Hvete	Bjarne	Graminor AS	2002	21,6
	Krabat	Graminor AS	2010	8,1
	Mirakel	Graminor AS	2012	25,5
Havre	Belinda	Graminor AS	1998	46,6
	Hurdal	Graminor AS	2005	0
	Vinger	Graminor AS	2010	11,6

* Phil ble godkjent som ny sort i 2016 og har ikke kommet inn på markedet enda.

3.2 Analyser av utgangsmateriale (kornprøvene)

3.2.1 Tusenkornvekt (TKV)

En prøve av hver sort på minimum 400 korn ble telt opp med Elmor Seed Counter C1 (Elmor Ltd., Sveits), veid og regnet om til TKV (g av 1000 korn).

3.2.2 Hektolitervekt (HLV)

HLV ble målt ved standard utstyr bestående av målesylinder og utstyr for uniform pakking av kornprøving samt vekt kalibrert for HLV målinger for hver enkelt kornart (AACC Method 55-10).

3.2.3 Skallprosent i havre

For å få et reelt mål på hvor mye skall (agner) havren besto av, ble det tatt ut 15 g Hurdal, 17 g Vinger og 17 g Belinda, som ble avskallet for hånd og veid. For å finne prosentandel skall for hver havresort, ble vekten til avskallet korn subtrahert fra originalvekten, og regnet om til prosent i forhold til avskallet havre.

3.3 Havreavskalling

I motsetning til bygg, har havre løse agner som kan fjernes mekanisk. Havreprøvene ble derfor avskallet før fraksjoneringsforsøkene startet. Det ble veid opp 400 g av havresortene, for å få nok kornmateriale (minst 200 g) for videre bearbeiding (maling/sliping). Skallet på havren ble fjernet mekanisk ved bruk av en havreavskaller (Rivakka, Nipere Ltd., Finland). Denne maskinen avskallet havrekornet via sentrifugalkraft, som støtet mot en gummidekket kammervegg for å minske ødeleggelse av kornet. Etter avskalling falt korn og skall ned i et vertikalt rør hvor de ble separert via aspirasjon fra en grovstøvsuger (Kärcher MV 3P, Kärcher AS, Norge). Havreavskaller er vist i figur 5.



Figur 5. Havreavskaller med tilhørende grovstøvsuger. Foto: A. Radecki.

Avskallingshastigheten kunne reguleres på en skala fra 1-10. Avskalling ble gjentatt fem ganger med vekslende hastighet for å bedre separeringen av korn og skall, og hastighetene (avskallingsnivåer) som ble brukt er vist i tabell 3. Maskinen ble først innstilt på høy avskallingshastighet for å få nok kraft til å avskalle havrekornet. Deretter ble hastigheten nedjustert til lav hastighet (nivå 2), for å separere ut gjenværende løse skallrester som lå igjen blant det avskallede kornet. Dette ble gjentatt til varen hadde akseptabel avskalling. Hvis det var noen få skallrester igjen til slutt, ble disse fjernet for hånd.

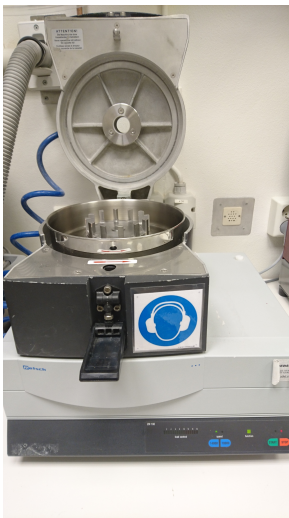
Tabell 3. Benyttede avskallingsnivåer ved havreavskalling.

*Avskallingsnivåer brukt for avskalling av havre	
Belinda	Vinger
10	10
2	2
8	6
2	2
7	6

*1= lav avskallingshastighet – 10 = høy avskallingshastighet.

3.4 Maling av korn til mel

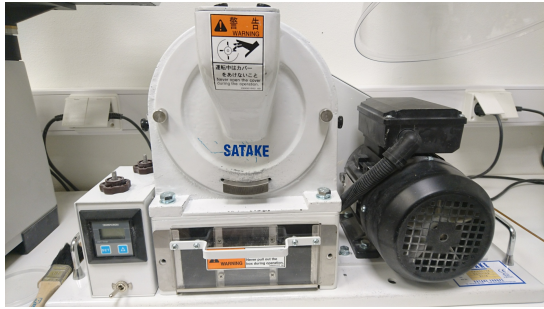
Av hver kornsort ble 50 g korn malt til sammalt mel i en ultra-sentrifugalmølle (hammermølle) (Retsch ZM100, www.retsch.com) (figur 6). Malingen skjedde ved hastighet på 14000 rpm, og 0,5 mm sikt ble brukt. Melrester fra malingen ble nøye fjernet fra alle maskindeler mellom hver kornsort ved bruk av støvsuger og trykkluft, for å unngå kontaminering mellom prøvene. Melet ble lagt i poser med zip lukkemekanisme og lagret i kjølerom. Melprøver av hver kornsort ble tatt ut for måling av vanninnhold og total fytinsyreinnhold.



Figur 6. Hammermølle. Foto: A. Radecki.

3.5 Sliping og fraksjonering av korn

Det ble veid opp 200 gram av hver kornsort som ble slipt ved gjentakende tidsintervaller i en Satake kornsliper (Satake Testing Mill TM05C, Satake Manufacturing (Suzhou) CO., Ltd.) (figur 7). Slipeprosedyren ble gjort i henhold til brukermanualen for Satake Testing mill (Satake Manufacturing, Instruction Manual, Testing Mill TM05C). Bygg, hvete og rug ble slipt ved bruk av stein #30. Brukermanualen beskrev ingen standardprosedyre for havre. Siden avskallet havre skiller seg fra de andre kornartene ved at det er et langt, myk og fettrikt korn, ble det for havre valgt en finere stein; #36, som brukermanualen anbefalte for sliping av riskorn. Hastigheten på slipemaskinen var 1100 rpm gjennom forsøket.



Figur 7. Kornsliper. Foto: A. Radecki



Figur 8. Separert fraksjonsmateriale i metallboks i kornsliper: slipte korn i midten, og avslipt fraksjon til venstre og høyre. Foto: A. Radecki.

Slipemaskinen var utformet på en slik måte at avslipt korn og fraksjon ble separert når det falt ned i en metallboks (figur 8). Det ble brukt en kost for å koste ut avslippede partikler som satt fast inne i maskinen. Denne kosten ble også brukt til å banke ut korn som iblant kunne sitte fast i hullene i metall-sjiktet som omringet steinen. Særlig havre hadde en tendens til å sette seg fast i maskinen. Fraksjonsvekt og kornvekt ble registrert etter hvert tidsintervall ved veiing på en digitalvekt. Ut fra vektdifferansen mellom fraksjon og korn, kunne tapt kornmateriale beregnes. Avslipt korn gikk videre til neste tidsintervall, mens fraksjoner ble lagt i plastposer med zip lukkemekanisme for lagring. Alt slipeverktøy ble støvsugd for kornpartikler etter hvert tidsintervall for å unngå kontaminering mellom fraksjoner. Ved bytte av kornsort, ble metall-sjikt og stein grundigere rensset for kornrester, ved bruk av både med støvsuger og trykkluft.

Tidsintervallene ble satt ulikt for de ulike kornarter og sorter slik at det skulle bli avslipt omtrent 5% av kornet fra hvert tidsintervall. Dette ble valgt både for å få nok prøvemateriale til fytinsyreanalysering og for å oppnå jevne fraksjonsmengder. Avslipingsgrad ble beregnet etter hvert tidsintervall ved å finne differansen mellom kornvekt etter avsliping og kornvekt ved start. Deretter ble denne vektdifferansen omregnet til prosentandel av kornvekt ved start (200 g).

Først ble rug, hvete, samt byggsortene Marigold, Brage og Fairytale slipt frem til omtrent 50% avslipingsgrad var nådd. Avskallet havre (Vinger og Belinda) og nakenbygg (Phil) ble slipt til avslipingsgrad var nærmere 40%. Endelig avslipingsgrad for kornsortene ble bestemt ut i fra om kornsorten ble slipt med eller uten agner, og for å få med mest mulig av

fytinsyreholdige deler av kornet for påvisning av variasjoner i fytinsyrenivåer. Fraksjoner av bygg, hvete og rug ble lagret i kjølerom, mens havrefraksjoner ble lagret i fryser.

Alle fraksjoner fra avslipingen ble analysert for fytinsyreinnhold (se avsnitt 3.6). Resultater for fytinsyrenivåer i prøvemateriale fra første avsliping, ga en indikasjon på hvor mesteparten av fytinsyren i kornet satt. Ut i fra dette ble det gjort gjentak ved bruk av samme slipetidsintervaller som ved første forsøk. Den totale slipetiden for gjentak ble forkortet til det området hvor fytinsyrenivå begynte å flate ut. Fraksjon med høyeste fytinsyrenivå ble definert som "toppfraksjon". Endepunktet for fraksjonering - definert som "sluttfraksjon", ble satt konsekvent etter toppfraksjon, hvor fytinsyrenivået var kommet ned til $\approx 1\text{g}/100\text{g}$ fraksjon.

To kornsorter av hver kornart ble plukket ut for gjentak av forsøket - bygg; Brage og Fairytale, hvete; Mirakel, Krabat, rug; Danko, Palazzo, og havre; Vinger, Belinda. Når resultater fra første avsliping (fraksjonering A) ble sammenlignet med resultater fra gjentak (fraksjonering B), kunne det observeres visse avvik. Det ble derfor gjort et ytterligere gjentak (fraksjonering C) for Brage, Danko og Palazzo. Ved å sammenligne kurvene for hvert gjentak innen samme sort, ble det observert noen avvikende verdier for fytinsyreinnhold. Det ble det gjort ny fytinsyreanalyse av fraksjoner som hadde gitt tydelig avvikende resultat for fytinsyrenivå sammenlignet parallell(e) fraksjon(er). Tabell 4 viser alle fraksjonsprøver som måtte gjen-analyseres. Hvis resultater for fytinsyrenivå i fraksjon fra første analyse og gjentakresultater av samme fraksjonsprøve var tilnærmet like hverandre og nære parallellverdier, ble gjennomsnitt beregnet. Fire prøveresultater som avvek sterkt fra både gjentak og parallell ble forkastet, da det trolig hadde det skjedd en feil under utførelsen av fytinsyreanalysering for fraksjonsprøven.

Tabell 4. Fraksjoner som ble gjen-analysert for fytinsyre.

Kornsort	Fraksjonering	Slipetid (sek)
Brage	A	40
Brage	A	90
Danko*	A	50
Palazzo*	A	20
Mirakel*	A	20
Vinger	B	60
Belinda*	A	25

* Første resultat for fytinsyrenivå ble forkastet, og resultat fra gjentak ble beholdt.

3.6 Fytinsyreanalyse av mel og fraksjoner

Fytinsyreinnhold i kornfraksjoner og totalinnhold av fytinsyre i mel, ble bestemt ved bruk av en kvantitativ metode (K-PHYT) utviklet av Megazyme International (Wicklow, Irland). Denne metoden innebærer en pakke med kjemisk materiale og medfølgende metodehefte, for å måle total tilgjengelig fosfor som blir frigjort av fytase og alkalisk fosfatase. Metoden for analysen ble utført slik som beskrevet i metodeheftet for K-PHYT (Megazyme 2015).

Analysen er spesifikk for måling av frigjort fosfor fra fytinsyre, *myo*-inositol (fosfat) og monofosfater av fytase og alkalisk fosfatase (ALP). Det ble gjort en syreekstraksjon av inositol fosfater etterfulgt av behandling med en fytase som er spesifikk for fytinsyre (IP₆) og de lavere *myo*-inositol fosfat formene (dvs. IP₂, IP₃, IP₄, IP₅). Etterfølgende behandling med ALP sørget for frigjøring av det endelige fosfatet fra *myo*-inositol fosfat (IP₁) som forholdsvis er motstandsdyktig overfor virkningen av fytase. Den totale mengden frigjort fosfat ble målt ved anvendelse av en modifisert kolorimetrisk metode og angitt som gram fosfor per 100 g av prøvematerialet.

Fytinsyreanalyse prinsipp:

1. Fytase hydrolyserer fytinsyre (fytat; *myo*-inositol heksafosfat) til *myo*-inositol (fosfat)_n og uorganisk fosfat (P_i).
2. Videre vil ALP hydrolysere *myo*-inositol (fosfat)_n og danne *myo*-inositol og P_i.
3. P_i og ammoniummolybdat reagerer og danner 12-molybdenfosforsyre, som deretter reduseres i surt miljø til molybdenblått.

Mengden molybdenblått som dannes i reaksjonen, er proporsjonal med mengden P_i tilstede i prøven og blir målt med økningen i absorbans ved 655 nm. P_i ble derfor kvantifisert som fosfor via en kalibreringskurve laget ut fra standarder med kjent fosforkonsentrasjon. Det ble laget fem standarder for kalibreringskurven slik at analysen var lineær over området 0,5 til 10 µg fosfor per analyse. Kalkulering av fytinsyreinnhold i alle prøver ble gjort som beskrevet i metodeheftet for K-PHYT (Megazyme 2015).

3.7 Bestemmelse av vanninnhold

Vanninnholdet i alle kornsorter ble bestemt for å undersøke om vannet i kornet hadde noen innvirkning på forskjeller i de totale fytinsyrenivåene som ble funnet mellom kornsortene. Mel av alle kornsorter ble analysert for vanninnhold i en fuktanalysator (Sartorius Thermo Control YTC 01L, Sartorius AG, Göttingen, Tyskland). Det ble benyttet >1 g prøvemateriale av hver kornsort. Melet ble jevnt fordelt på en innebygget vektskål i maskinen, og satt til analysering ved 160 °C. To til tre gjentak av analysen ble gjort, og gjennomsnittlig mengde vanninnhold i hver kornsort ble beregnet og angitt som prosentandel.

Fytinsyrekonsentrasjonen per friskvekt ble justert for kornets vanninnhold ved bruk av formelen:

$$\text{Fytinsyre g per 100 g friskvekt} * 100\% / (100\% - \text{vann}\%) = \text{Fytinsyre g per 100 g tørrvekt}$$

3.8 Fotografering av korn

For å dokumentere hvordan avslipingsprosessen behandlet kornet, ble det tatt bilder gjennom lupe. Prøver av avslipt korn fra hvert tidsintervall (i fraksjonering B) ble tatt ut for fotografering. Det ble brukt et digitalkamera for mikroskopi med tilhørende programvare for PC (Leica DFC320, Leica Microsystems Imaging Solutions Ltd., Cambridge, UK). Bilder av korn ble tatt ved 6,43 x forstørrelse.

3.9 Beregninger

Data ble behandlet statistisk i statistisk dataprogramvare (Minitab Express Version 1.5.0). Det ble beregnet en enveis ANOVA variansanalyse, hvor det statistiske signifikansnivå ble satt ved $p < 0,05$. For å finne ut hvordan de ulike kornsortene skiller seg fra hverandre ble det gjort en Tukeys Test med 95% konfidensintervall. Andre beregninger, samt grafer og figurer, ble utarbeidet i Microsoft Excel.

Den totale avslippede fytinsyremengden i mg fra hver fraksjonering, og prosentandel fytinsyreubytte for hver fraksjonering ble beregnet for å kunne sammenligne kornsorter via ANOVA. Ut fra resultater for totale fytinsyrenivåer (g/100 g friskvekt mel), ble det beregnet total mengde fytinsyre (mg) per 200 g korn, som var mengden korn som ble brukt ved fraksjonering:

$$\text{Fytinsyre g per 100 g friskvekt mel} * 200 \text{ g} / 100 * 1000 = \text{fytinsyre mg per 200 g mel}$$

Beregning av fytinsyremengder i mg fra en fraksjon:

$$(Fytinsyre \text{ g per } 100 \text{ g} * \text{fraksjonsvekt} / 100) * 1000 = \text{fytingsyre mg per } 100 \text{ g}$$

Resultatene for alle fytinsyremengdene i mg fra alle fraksjoner ble summert, slik at den totale fytinsyremengden fra et fraksjoneringsgjentak ble bestemt. Middelerdier for total fytinsyremengde i fraksjonering av de ulike kornsortene ble beregnet.

Fytinsyreutbyttet som prosentandel av fraksjoner kunne til slutt bestemmes:

$$\text{Total fytinsyremengde i fraksjonering mg} * 100 / \text{fytingsyre mg per } 200 \text{ g mel} = \text{fytingsyreutbytte \%}$$

4. Resultater

4.1 Kvalitetssegenskaper til kornmateriale

Fysiske kvalitetssegenskaper til innsamlede kornarter og sorter av disse, er vist i tabell 5. TKV varierte generelt lite mellom sorter innen art, med unntak av Marigold som hadde 10 g høyere TKV enn både Phil og Brage. I tillegg hadde Hurdal lavere kornstørrelse enn Belinda og Vinger. Blant alle fire kornartene var det Marigold som skilte seg ut med høyest TKV, mens Palazzo hadde lavest TKV. Mellom arter varierte TKV mest mellom bygg og rug, mens variasjonen var minst mellom bygg og havre, og mellom rug og hvete.

HLV varierte som forventet med kornart, og var høyest for hvete og rug, lavere for bygg og lavest i havre. HLV blant byggsortene var svært høy i Phil, og mellom havresortene var den størst i Vinger. Rugsortene hadde tilnærmet lik HLV. Tett opp til rug, samt byggsorten Phil, var det hvete som hadde størst HLV. Hvetesorten Mirakel hadde størst HLV av alle de tolv ulike sortene, mens havre hadde minst HLV av alle arter.

Basert på kornstørrelse og HLV, så viser resultatene at det har vært en god og tilfredsstillende kornfylling for alle prøvene. Ut fra kvalitetskravene i det norske prisgraderingssystemet, ligger HLV over basiskvalitet for alle kornprøver unntatt Bjarne.

Tabell 5. Tusenkornvekt og hektolitervekt av kornprøver i utgangsmateriale.

Kornart	Kornsort	Tusen­korn­vekt (g/1000 korn)	Hektolitervekt (kg/hl)
Bygg	Fairy­tale	43,44	69
	Brage	40,66	69
	Marigold	51,58	69,5
	Phil	41,17	79,5
Rug	Danko	33,06	76,5
	Palazzo	32,04	77
Hvete	Bjarne	34,66	78
	Krabat	35,50	81
	Mirakel	34,71	83
Havre	Belinda	37,57	56
	Hurdal	32,65	56,5
	Vinger	38,11	59

En prøve av hver havresort ble avskallet for hånd og skallprosent ble beregnet, for å få et reelt mål på hvor mye skall havren besto av. Havresortene Belinda og Vinger ble valgt ut for det videre prosjektet, og disse prøvene ble derfor også avskallet maskinelt. Resultater for skallprosent i havre, både etter avskalling for hånd og etter mekanisk avskalling, er vist i tabell 6. Resultater fra avskalling for hånd tilsier at det var minimale forskjeller i skallprosent mellom havresortene da Belinda besto av 23% skall, mens Vinger og Hurdal besto henholdsvis av 21% skall. Den maskinelle metoden gav en mye høyere avskallingsprosent enn avskallingen for hånd. Maskinell avskalling fjernet så mye som 44 % og 42 % av henholdsvis Belinda og Vinger. Årsaken til dette er at mange korn ble tapt i den maskinelle prosessen da korn ble sugd opp sammen med løst kornskall via maskinens tilkoblede støvsuger.

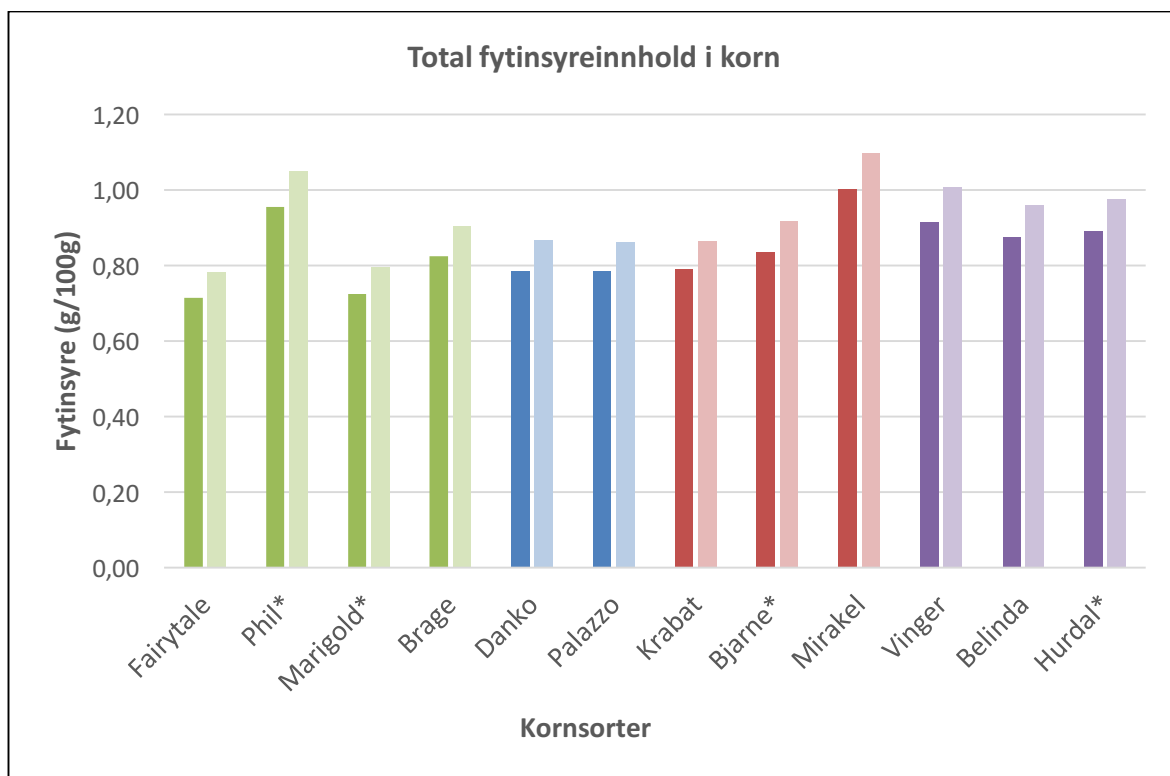
Tabell 6. Beregnet skallprosent i havresorter.

Havresort	Skall (%)	
	Avskalling for hånd	Maskinell avskalling
Belinda	23	44
Vinger	21	42
Hurdal	21	

4.2 Totalinnhold av fytinsyre og vanninnhold i sammalt mel

Innhold av fytinsyre i sammalt mel av utgangsmateriale av arter og sorter er vist i figur 8. Konsentrasjonen av fytinsyre ble justert for kornets vanninnhold. Vanninnhold i sammalt mel fra alle kornsorter var tilnærmet lik 9%, og fytinsyrekonsentrasjoner var derfor sammenlignbare mellom kornsortene.

Gram fytinsyre per 100 g tørrstoff (TS) har ikke blitt funnet for disse kornsortene tidligere. I denne analysen ble det funnet en variasjon i fytinsyremengder fra 0,78 – 1,10 g/100 g TS (figur 8). Variasjoner innen kornart ser ut til å være større enn mellom kornsorter, og det er den nakne byggsorten Phil og Mirakel som hadde høyest fytinsyrenivå i dette prøvematerialet.



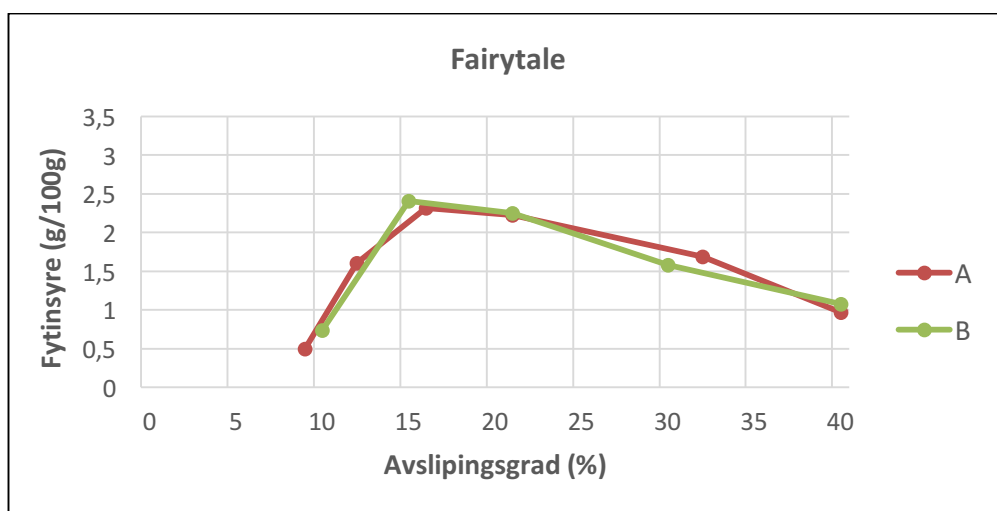
Figur 8. Totalinnhold av fytinsyre (g/100g mel) i sammalt mel av utgangsmateriale av arter og sorter. Kornarter er angitt med ulike farger: **Bygg** **Rug** **Hvete** **Havre**. For havre er analysene utført på avskallet havre. Kolonner til venstre viser total fytinsyremengde i korn oppgitt i g/100 g friskvekt. Kolonner til høyre viser total fytinsyremengde i korn oppgitt i g/100 g tørrstoff.
* Sort som ikke ble fraksjonert med gjentak

4.3 Fraksjoneringsforsøk: slipetid, avslipingsgrad og fytinsyre i fraksjoner

Etter første forsøk med sliping og fytinsyreanalyse (fraksjoneringsforsøk) av alle kornsorter, ble det valgt ut to kornsorter fra hver kornart som ble videre med i prosjektet: Fairytale og Brage (bygg), Mirakel, Krabat (hvete), Danko, Palazzo (rug), samt Belinda og Vinger (havre). Forsøket ble gjentatt for disse utvalgte sortene, hvorav slipetidene ble satt slik som ved første forsøk.

4.3.1 Bygg

Fytinsyrenivåer i repeterende fraksjoneringsforsøk av Fairytale er vist som en funksjon av avslipingsgrad i figur 9. Disse resultatene er vist for første fraksjon til og med fraksjon med fytinsyrenivå tilnærmet 1 g/100 g prøve (=sluttfraksjon). Resultater for slipetid, avslipingsgrad og fytinsyrenivå i topp- og sluttfraksjoner av Fairytale, er vist i tabell 5.



Figur 9. Innhold av fytinsyre ved økende avslipingsgrad i Fairytale:

Fytinsyrenivåer i repeterende fraksjoneringer av Fairytale vist som en funksjon av avslipingsgrad.

Avslipingsgrad = vekt av avslipt materiale i % av helkornsprøven på 200 g.

A = første fraksjonering, 15-180 sek. **B** = gjentakfraksjonering, 15-140 sek.

Tabell 7. Slipeforløp og fytinsyrefunn ved fraksjonering av Fairytale.

FAIRYTALE	Toppfraksjon			Sluttfraksjon		
	Slipetid (sek)	Avslipingsgrad (%)	Fytinsyre (g/100g)	Slipetid (sek)	Avslipingsgrad (%)	Fytinsyre (g/100 g)
A	55	17	2,32	180	41	0,97
B	30	15	2,41	140	42	1,08
Gjennomsnitt	43	16	2,37	160	41	1,03

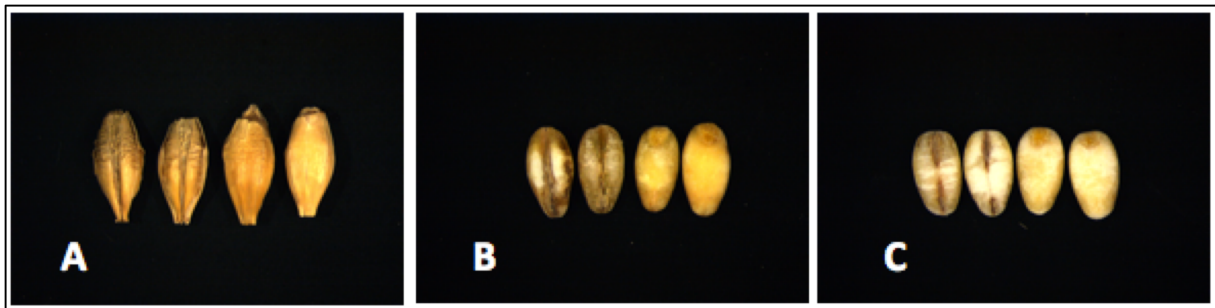
Toppfraksjon = fraksjon med høyeste nivå av fytinsyre

Sluttfraksjon = fraksjon med fytinsyrenivå $\approx 1\text{g}/100\text{g}$

Gjentak ble svært like med hensyn på fytinsyrenivå i forhold til avslipingsgrad (figur 9).

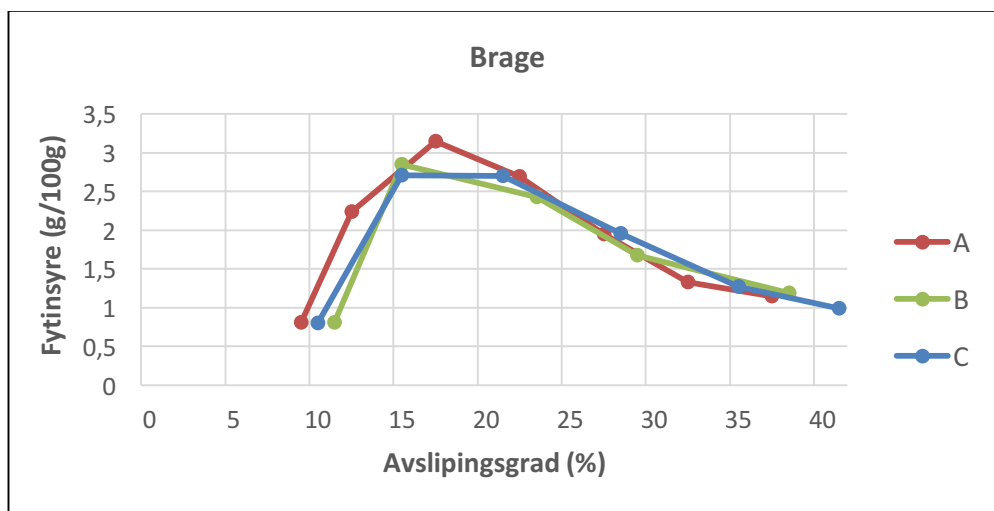
Det var derimot tydelige forskjeller mellom gjentak når det gjaldt avslipingsgrad og fytinsyrenivåer, i forhold til slipetid for Fairytale (tabell 7). Det høyeste fytinsyreinnholdet i Fairytale ble funnet etter 30-55 sekunder slipetid, som henholdsvis ga en avslipingsgrad mellom 15-17 %. Den høyeste fytinsyrekonsentrasjonen som ble funnet var 2,41 g/100 g fraksjon etter 15 % avsliping. Fraksjoneringen ble avsluttet ved gjennomsnittlig 41 % avslipingsgrad, tilsvarende slipetid på 160 sekunder (tabell 7).

For å se effekten avslippingen hadde på kornets utseende ble det tatt bilder av kornprøver fra andre fraksjonering (fraksjonering B). Før sliping var korn av Fairytale spiss i kantene og hadde agner (figur 10A). Etter avslipping av toppfraksjon, var agner i stor grad slipt bort, kornet hadde blitt rundere, og hvite områder (stivelsesendosperm) hadde blitt synlig på noen korn (figur 10B). Ytterligere 110 sekunder avslipping gjorde kornet enda rundere og lysere, samt at hvite områder kom tydeligere frem på noen korn (figur 10C).



Figur 10. Fairytale: før sliping (A), etter 30 sek sliping (B), og etter 140 sek sliping (C). Kornprøvene ble plukket ut fra fraksjonering B.

Fytinsyrenivåer i repeterende fraksjonerings av Brage er vist som en funksjon av avslipingsgrad i figur 11. Disse resultatene er vist for første fraksjon til og med fraksjon med fytinsyrenivå tilnærmet 1 g/100 g prøve. Resultater for slipetid, avslipingsgrad og fytinsyrenivå i topp- og sluttfraksjoner av Brage, er vist i tabell 8.



Figur 11. Innhold av fytinsyre ved økende avslipingsgrad i Brage:

Fytinsyrenivåer i repeterende fraksjonerings av Brage vist som en funksjon av avslipingsgrad.

Avslipingsgrad = vekt av avslipt materiale i % av helkornsprøven på 200 g.

A = første fraksjonering, 20-430 sek. B = gjentak, 20-250 sek. C = gjentak, 20-340 sek.

Tabell 8. Slipeforløp og fytinsyrefunn ved fraksjonering av Brage.

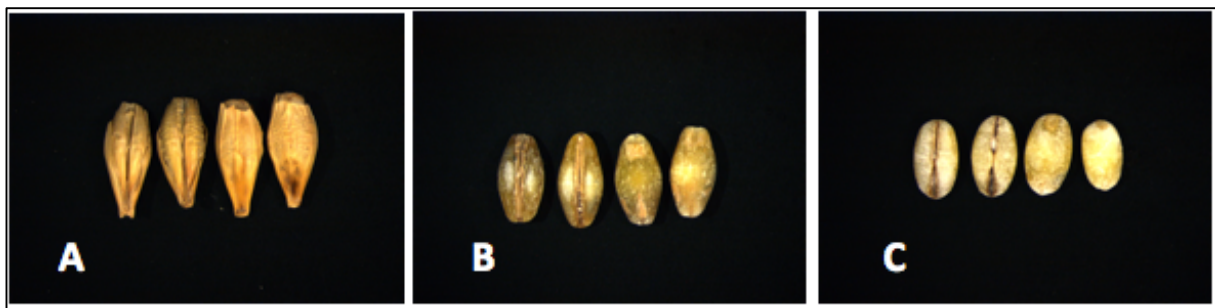
BRAGE	Toppfraksjon			Sluttfraksjon		
	Slipetid (sek)	Avslipingsgrad (%)	Fytinsyre (g/100g)	Slipetid (sek)	Avslipingsgrad (%)	Fytinsyre (g/100 g)
A	90	17	3,15	430	38	1,15
B	40	16	2,85	250	39	1,19
C	40	15	2,71	340	41	0,99
Gjennomsnitt	57	16	2,90	340	39	1,11

Toppfraksjon = fraksjon med høyeste nivå av fytinsyre

Sluttfraksjon = fraksjon med fytinsyrenivå ≈ 1 g/100g

Det var store forskjeller mellom første fraksjonering og gjentak når det gjaldt avslipingsgrad og fytinsyrenivåer i forhold til slipetid for Brage (tabell 8). Det høyeste fytinsyreinnholdet i Brage ble funnet etter 40-90 sekunder slipetid, som henholdsvis ga en avslipingsgrad på 15-17%. Den høyeste fytinsyrekonsentrasjonen som ble funnet var 3,15 g/100 g fraksjon etter 17% avsliping. Fraksjoneringen ble avsluttet når 39% av kornet var avslipt, tilsvarende gjennomsnittlig slipetid på 340 sekunder.

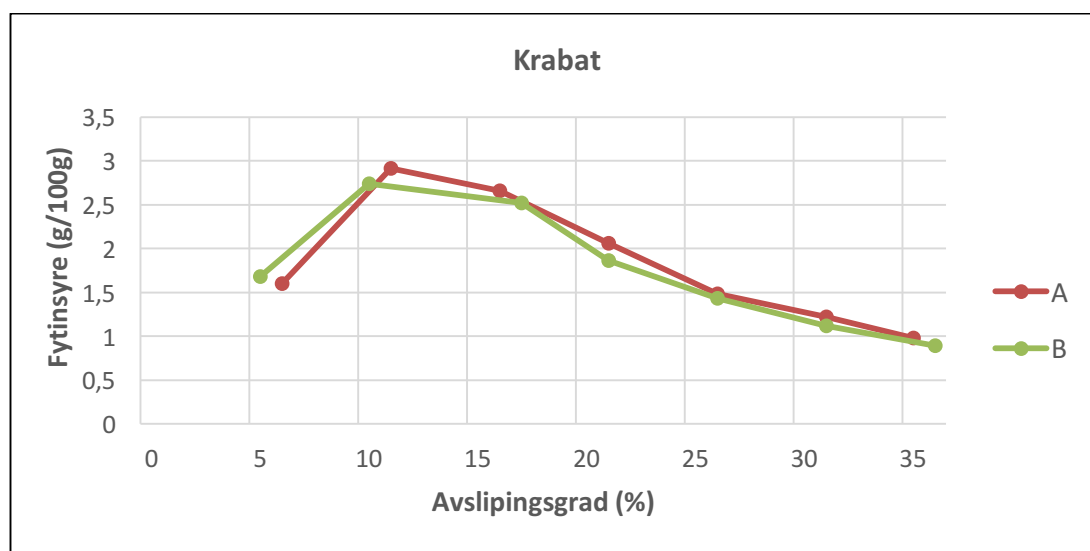
Korn av Brage hadde agner før sliping (figur 12A). Enden ned mot frøfestet var spissere i forhold til korn av Fairytale, og øverst var kornet bredere og buttere. Etter 40 sekunder avsliping hadde kornet blitt avslipt agnene, blitt mer avrundet i formen, i tillegg til at små hvite områder ble synlige (figur 12B). Etter siste fraksjon hadde kornet blitt betydelig rundere og lysere, med større hvite områder (figur 12C). Kornene varierte i størrelse.



Figur 12. Brage: før sliping (A) etter 40 sek sliping (B), og etter 250 sek sliping (C). Kornprøvene ble plukket ut fra fraksjonering B.

4.3.2 Hvete

Fytinsyrenivåer i repeterende fraksjoneringsprosesser av Krabat er vist som en funksjon av avslipingsgrad i figur 13. Disse resultatene er gitt for første fraksjon til og med fraksjon med fytinsyrenivå tilnærmet 1 g/100 g prøve. Resultater for slipetid, avslipingsgrad og fytinsyrenivå i topp- og sluttfraksjoner av Krabat, er vist i tabell 9.



Figur 13. Innhold av fytinsyre ved økende avslipingsgrad i Krabat:

Fytinsyrenivåer i repeterende fraksjoneringsprosesser av Krabat vist som en funksjon av avslipingsgrad.

Avslipingsgrad = vekt av avslipet materiale i % av helkornsprøven på 200 g.

A = første fraksjonering, 20-250 sek. B = gjentak, 20-250 sek.

Tabell 9. Slipeforløp og fytinsyrefunn ved fraksjonering av Krabat.

KRABAT	Toppfraksjon			Sluttfraksjon		
	Slipetid (sek)	Avslipingsgrad (%)	Fytinsyre (g/100g)	Slipetid (sek)	Avslipingsgrad (%)	Fytinsyre (g/100 g)
A	40	11	2,91	250	36	0,98
B	40	11	2,74	250	37	0,89
Gjennomsnitt	40	11	2,83	250	36	0,94

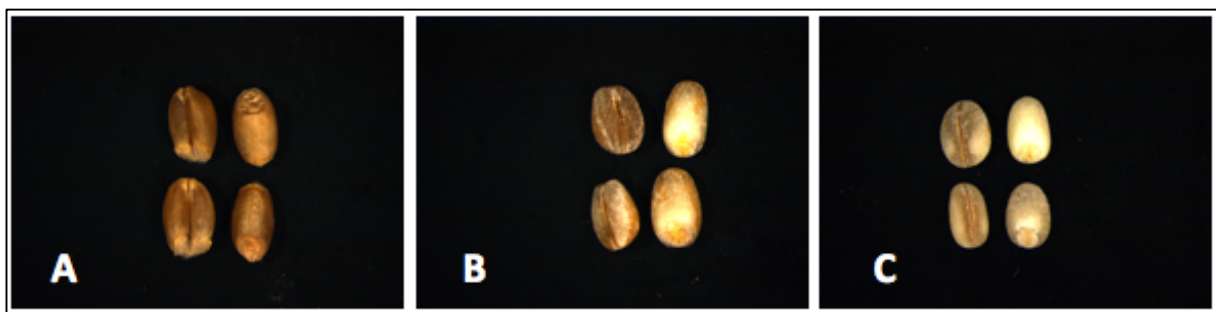
Toppfraksjon = fraksjon med høyeste nivå av fytinsyre

Sluttfraksjon = fraksjon med fytinsyrenivå $\approx 1\text{g}/100\text{g}$

Det høyeste fytinsyreinnholdet i Krabat ble funnet etter 40 sekunder slipetid, som henholdsvis ga en avslipingsgrad på 11 % (tabell 9). Den høyeste fytinsyrekonsentrasjonen som ble funnet

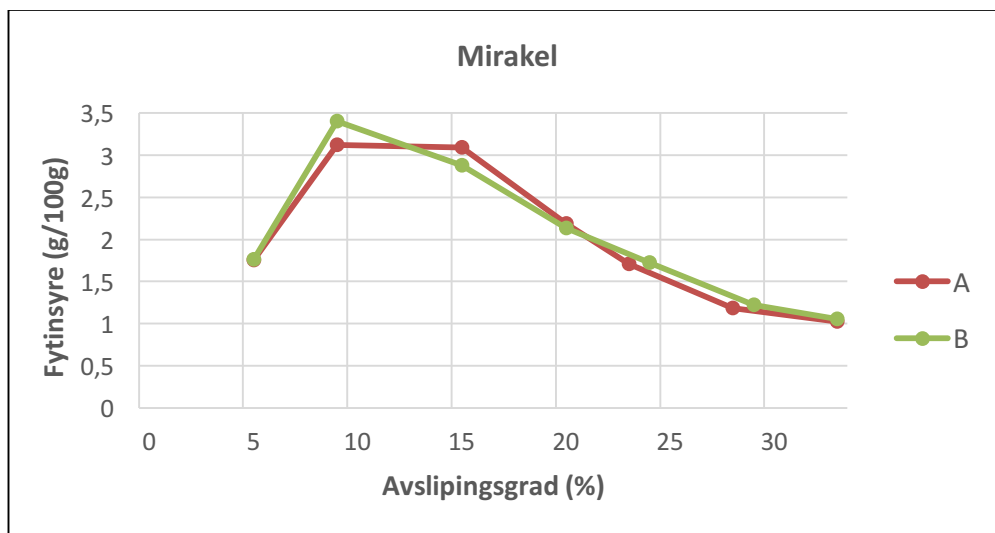
var 2,91 g/100 g fraksjon. Fraksjonering ble avsluttet etter gjennomsnittlig 36% avsliping, tilsvarende slipetid på 250 sekunder.

Korn av hvetesorten Krabat var rund, brun, og uten agner før sliping (figur 14A). Bilder av Krabat viste også at kornene kunne variere i størrelse. Etter 40 sekunder sliping, hadde kornet blitt lysere i fargen med et fremtredende hvitt område på den runde siden (figur 14B). Etter 250 sekunder sliping hadde kornet fått en betydelig rundere og mindre form, samt fått en grålig grunnfarge. Kornene hadde også fått større hvite områder som kunne variere mellom kornene (figur 14C).



Figur 14. Krabat: før sliping (A), etter 40 sek sliping (B), og etter 250 sek sliping (C). Kornprøvene ble plukket ut fra fraksjonering B.

Fytinsyrenivåer i repeterende fraksjoneringsprosesser av Mirakel er vist som en funksjon av avslipingsgrad i figur 15. Disse resultatene er gitt for første fraksjon til og med fraksjon med fytinsyrenivå tilnærmet 1 g/100 g prøve. Resultater for slipetid, avslipingsgrad og fytinsyrenivå i topp- og sluttfraksjoner av Mirakel, er vist i tabell 10.



Figur 15. Innhold av fytinsyre ved økende avslipingsgrad i Mirakel:

Fytinsyrenivåer i repeterende fraksjonerings av Mirakel vist som en funksjon av avslipingsgrad.

Avslipingsgrad = vekt av avslipt materiale i % av helkornsprøven på 200 g.

A = første fraksjonering, 20-220 sek. **B** = gjentak, 20-220 sek.

Tabell 10. Slipeforløp og fytinsyrefunn ved fraksjonering av Mirakel.

MIRAKEL	Toppfraksjon			Sluttfraksjon		
	Slipetid (sek)	Avslipingsgrad (%)	Fytinsyre (g/100g)	Slipetid (sek)	Avslipingsgrad (%)	Fytinsyre (g/100 g)
A	40	10	3,12	220	33	1,02
B	40	10	3,40	220	34	1,05
Gjennomsnitt	40	10	3,26	220	34	1,04

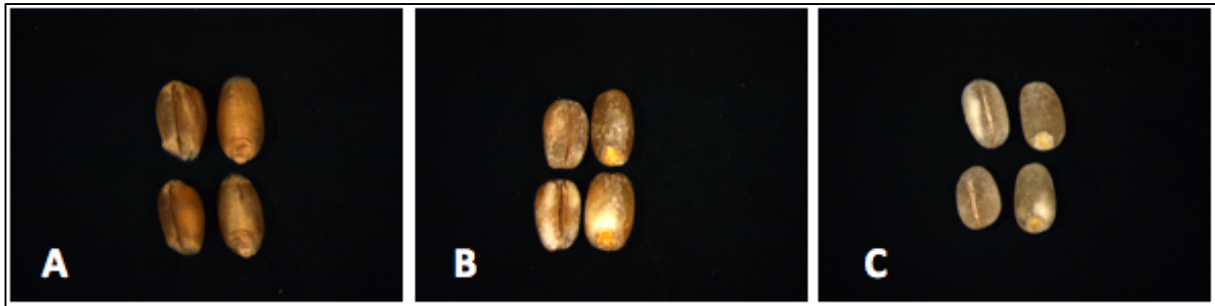
Toppfraksjon = fraksjon med høyeste nivå av fytinsyre

Sluttfraksjon = fraksjon med fytinsyrenivå $\approx 1\text{g}/100\text{g}$

Det høyeste fytinsyreinnholdet i Mirakel ble funnet etter 40 sekunder slipetid, som ga en avslipingsgrad på 10 % (tabell 10). Den høyeste fytinsyrekonsentrasjonen som ble funnet var 3,40 g/100 g fraksjon. Etter sliping i 220 sekunder ble fraksjoneringen avsluttet, hvor avslipingsgrad var tilsvarende 34%.

I likhet med Krabat, var Mirakel rund, brun, og uten agner før sliping (figur 16A). Kornene kunne variere i størrelse. Etter 40 sekunder avsliping hadde kornet fått lysere og mer gylden grunnfarge med noen hvite områder (figur 16B). Etter siste fraksjon hadde kornet blitt betydelig mindre, rundere, og lysegrå i fargen (figur 16C). Det hadde også blitt tydeligere

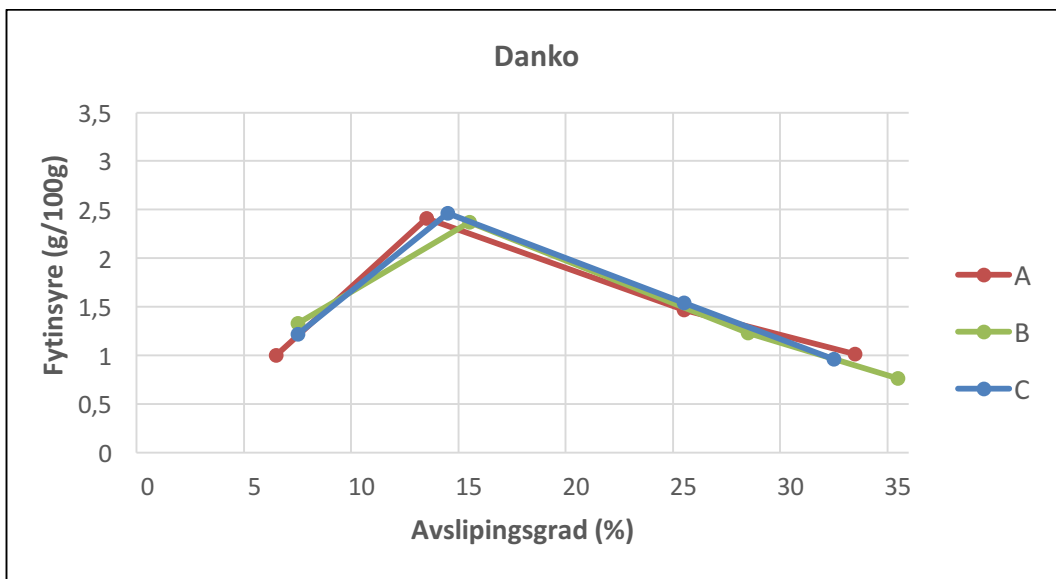
hvite områder som kunne variere mellom kornene. Fraksjonsmateriale så ut til å sitte fast inne i bukfuren på kornet.



Figur 16. Mirakel: før sliping (A), etter 40 sek sliping (B), og etter 220 sek sliping (C). Kornprøvene ble plukket ut fra fraksjonering B.

4.3.3 Rug

Fytinsyrenivåer i repeterende fraksjonerings av Danko er vist som en funksjon av avslipingsgrad i figur 17. Disse resultatene er gitt for første fraksjon til og med fraksjon med fytinsyrenivå tilnærmet 1 g/100 g prøve. Resultater for slipetid, avslipingsgrad og fytinsyrenivå i topp- og sluttfraksjoner av Danko er vist i tabell 11.



Figur 17. Innhold av fytinsyre ved økende avslipingsgrad i Danko:

Fytinsyrenivåer i repeterende fraksjonerings av Danko vist som en funksjon av avslipingsgrad.

Avslipingsgrad = vekt av avslipt materiale i % av helkornsprøven på 200 g.

A = første fraksjonering, 20-120 sek. B = gjentak, 20-120 sek. C = gjentak, 20-120 sek.

Tabell 11. Slipeforløp og fytinsyrefunn ved fraksjonering av Danko.

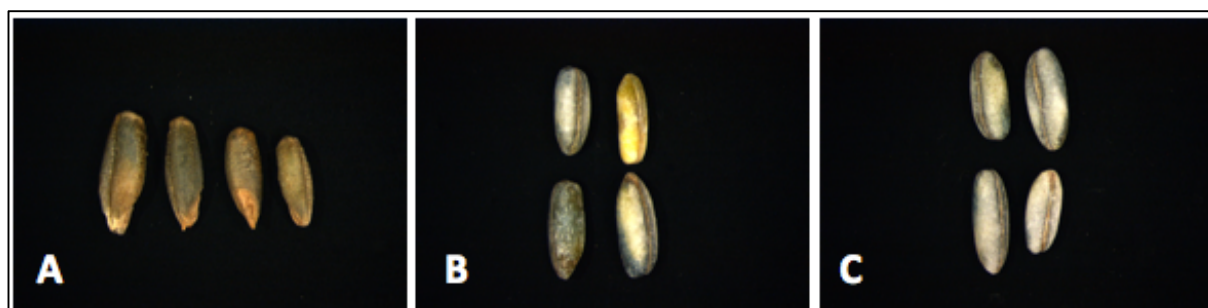
DANKO	Toppfraksjon			Sluttfraksjon		
	Slipetid (sek)	Avslipingsgrad (%)	Fytinsyre (g/100g)	Slipetid (sek)	Avslipingsgrad (%)	Fytinsyre (g/100 g)
A	50	14	2,41	120	33	1,01
B	50	16	2,37	120	36	0,76
C	50	15	2,46	120	32	0,96
Gjennomsnitt	50	15	2,74	120	34	0,91

Toppfraksjon = fraksjon med høyeste nivå av fytinsyre

Sluttfraksjon = fraksjon med fytinsyrenivå $\approx 1\text{g}/100\text{g}$

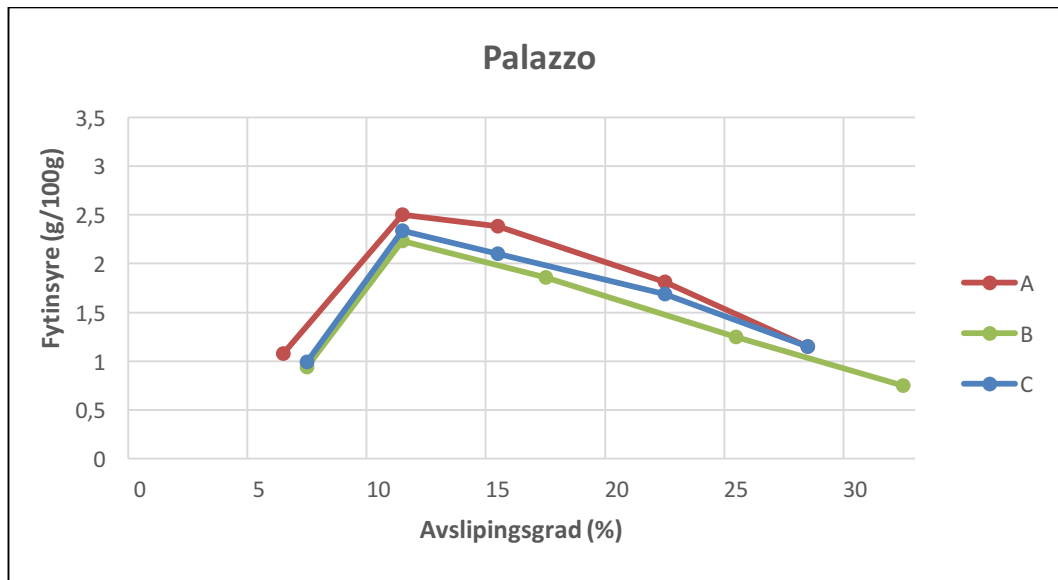
Ved alle gjentak ble det høyeste fytinsyreinnholdet i Danko funnet etter 50 sekunder slipetid. Denne slipetiden ga en avslipingsgrad på 14-16% (tabell 9). Den høyeste fytinsyrekonsentrasjonen som ble funnet var 2,37 g/100 g fraksjon. Sluttfraksjon ble nådd ved gjennomsnittlig 34% avsliping.

Før sliping ble satt i gang var Danko lang og spiss i formen, og hadde en fargeblanding av mørkegrå og lysebrun (figur 18A). Størrelsen på kornene varierte mye. Etter 50 sekunder avsliping var brunfargen forsvunnet, og en gråblå farge, samt hvite områder kom tydelig frem (figur 11B) Noen korn ble lysere enn andre, eller var mer gule. Noe fraksjonsmateriale så også ut til å sitte fast i bukturen på kornet (figur 18B, figur 18C). Etter siste avsliping var kornene blitt hvitere og rundere i formen (figur 18C).



Figur 18. Danko: før sliping, (A), etter 50 sek sliping (B), og etter 120 sek sliping (C). Kornprøvene ble plukket ut fra fraksjonering B.

Fytinsyrenivåer i repeterende fraksjoneringsprosesser av Palazzo er vist som en funksjon av avslipingsgrad i figur 19. Disse resultatene er gitt for første fraksjon til og med fraksjon med fytinsyrenivå tilnærmet 1 g/100 g prøve. Resultater for slipetid, avslipingsgrad og fytinsyrenivå i topp- og sluttfraksjoner av Palazzo er vist i tabell 12.



Figur 19. Innhold av fytinsyre ved økende avslipingsgrad i Palazzo:

Fytinsyrenivåer i repeterende fraksjoneringsprosesser av Palazzo vist som en funksjon av avslipingsgrad.

Avslipingsgrad = vekt av avslipt materiale i % av helkornsprøven på 200 g.

A = første fraksjonering, 20-120 sek. **B** = gjentak, 20-120 sek. **C** = gjentak, 20-120 sek.

Tabell 12. Slipeforløp og fytinsyrefunn ved fraksjonering av Palazzo.

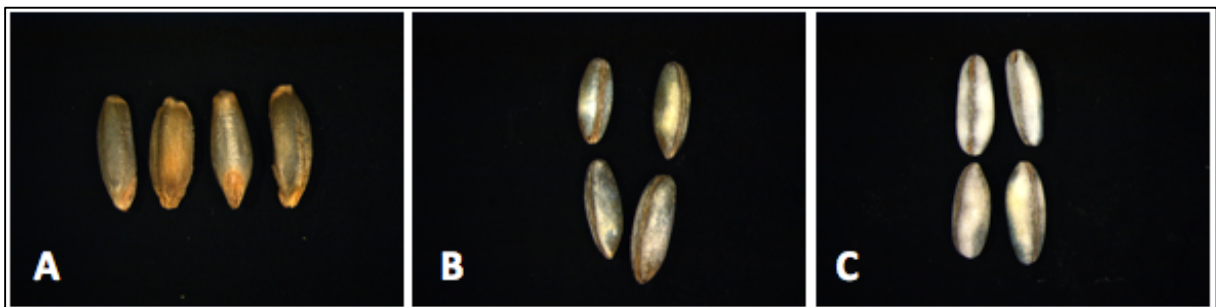
PALAZZO	Toppfraksjon			Sluttfraksjon		
	Slipetid (sek)	Avslipingsgrad (%)	Fytinsyre (g/100g)	Slipetid (sek)	Avslipingsgrad (%)	Fytinsyre (g/100 g)
A	40	12	2,50	120	29	1,15
B	40	12	2,23	120	33	0,75
C	40	12	2,34	120	28	1,15
Gjennomsnitt	40	12	2,36	120	30	1,02

Toppfraksjon = fraksjon med høyeste nivå av fytinsyre

Sluttfraksjon = fraksjon med fytinsyrenivå ≈ 1 g/100g

Ved alle gjentak ble det høyeste fytinsyreinnholdet i Palazzo funnet etter 40 sekunder sliping (tabell 12). Denne slipetiden ga en avslipingsgrad på 12 %. Den høyeste fytinsyrekonentrasjonen som ble funnet var 2,50 g/100 g fraksjon. Sluttfraksjon ble funnet etter 120 sekunder slipetid, ved gjennomsnittlig avslipingsgrad på 30%.

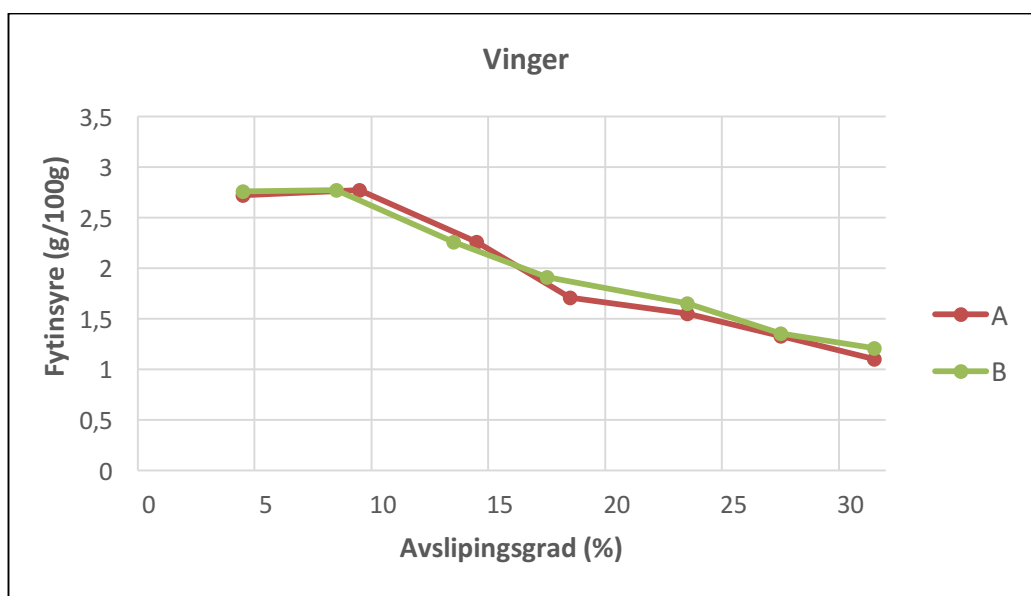
Palazzo var nærmest identisk Danko i utseende; lang og spiss i formen, med en fargeblanding av mørkegrå og lysebrun (figur 20A). Størrelsen på kornene varierte mindre for Palazzo enn for Danko. Etter 40 sekunder sliping var den brune fargen borte, mens ujevne grå og hvite områder viste seg (figur 20B). Noe fraksjonsmateriale så også ut til å sitte fast i bukturen på kornet (figur 20B, figur 20C). Etter sluttfraksjon var kornene blitt merkbart hvitere og rundere i formen (figur 20C).



Figur 20. Palazzo: før sliping (A), etter 40 sek sliping (B), og etter 120 sek sliping (C). Kornprøvene ble plukket ut fra fraksjonering B.

4.3.4 Havre

Fytinsyrenivåer i repeterende fraksjonerings av Vinger er vist som en funksjon av avslipingsgrad i figur 21. Disse resultatene er gitt for første fraksjon til og med fraksjon med fytinsyrenivå tilnærmet 1 g/100 g prøve. Resultater for slipetid, avslipingsgrad og fytinsyrenivå i topp- og sluttfraksjoner av Vinger er vist i tabell 13.



Figur 21. Innhold av fytinsyre ved økende avslipingsgrad i Vinger:

Fytinsyrenivåer i repeterende fraksjonerings av Vinger vist som en funksjon av avslipingsgrad.

Avslipingsgrad = vekt av avslipt materiale i % av helkornsprøven på 200g.

A = første fraksjonering, 30-245 sek; **B** = gjentak, 30-245 sek.

Tabell 13. Slipeforløp og fytinsyrefunn ved fraksjonering av Vinger.

VINGER	Toppfraksjon			Sluttfraksjon		
	Slipetid (sek)	Avslipingsgrad (%)	Fytinsyre (g/100g)	Slipetid (sek)	Avslipingsgrad (%)	Fytinsyre (g/100 g)
A	60	10	2,77	245	32	1,10
B	60	8	2,77	245	32	1,21
Gjennomsnitt	60	9	2,77	245	32	1,16

Toppfraksjon = fraksjon med høyeste nivå av fytinsyre

Sluttfraksjon = fraksjon med fytinsyrenivå ≈ 1 g/100g

Det høyeste fytinsyreinnholdet i Vinger ble funnet etter 60 sekunder sliping som ga en avslipingsgrad på 8 – 10 % (tabell 13). Den høyeste fytinsyrekonsentrasjonen som ble funnet var 2,77 g/100 g fraksjon. Fraksjoneringen ble avsluttet etter 245 sekunder, ved tilsvarende avslipingsgrad på 32%.

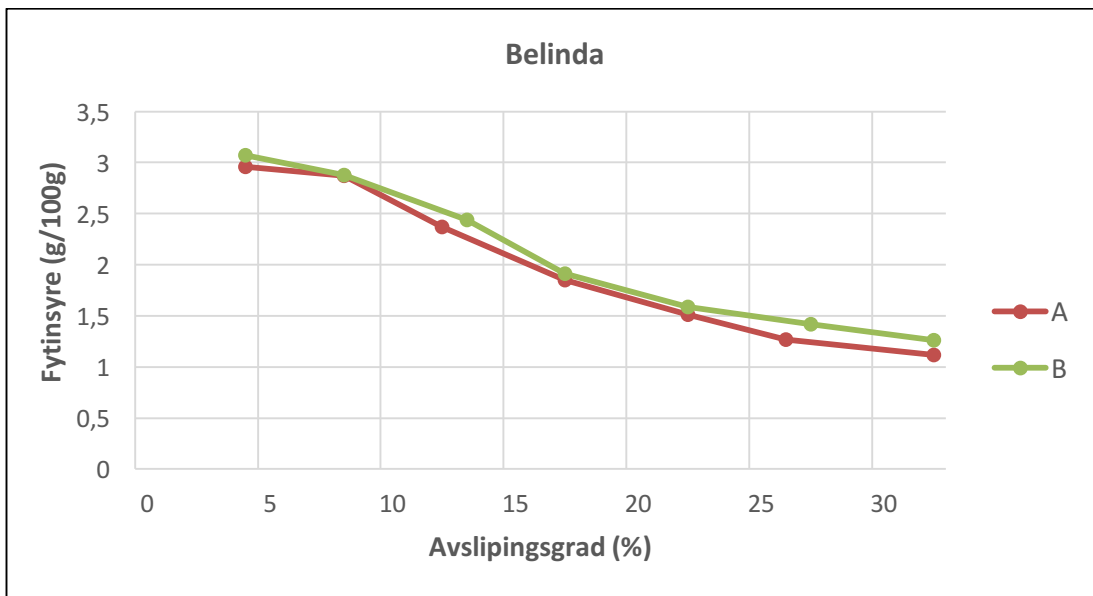
Havren var avskallet før sliping (figur 22A). Fargen var gylden, formen var lang og smal, med tydelig behåring (trichomer) i kornets topp-ende (motsatt side av embryoet). Etter avsliping så

man at noe fraksjonsmateriale satt fast i bukfuren i kornet, og at fargen var blitt blassere med hvite områder (figur 22B). Etter 245 sekunder sliping var 32% av kornet avslipt. Kornet hadde da fått en lysere grunnfarge, med større og tydeligere hvite områder, samt at fraksjonsmateriale satt fast i bukfuren (figur 22C).



Figur 22. Avskallet Vinger: før sliping (A), etter 60 sek sliping (B), og etter 245 sek sliping (C). Kornprøvene ble plukket ut fra fraksjonering B.

Fytinsyrenivåer i repeterende fraksjoneringsprosesser av Belinda er vist som en funksjon av avslipingsgrad i figur 23. Disse resultatene er gitt for første fraksjon til og med fraksjon med fytinsyrenivå tilnærmet 1 g/100 g prøve. Resultater for slippetid, avslipingsgrad og fytinsyrenivå i topp- og sluttfraksjoner av Belinda er vist i tabell 14.



Figur 23. Innhold av fytinsyre ved økende avslipingsgrad i Belinda:

Fytinsyrenivåer i repeterende fraksjoneringsprosesser av Belinda vist som en funksjon av avslipingsgrad.

Avslipingsgrad = vekt av avslipt materiale i % av helkornsprøven på 200 g.

A = første fraksjonering, 25-190 sek. B = gjentak, 25-190 sek.

Tabell 14. Slipeforløp og fytinsyrefunn ved fraksjonering av Belinda.

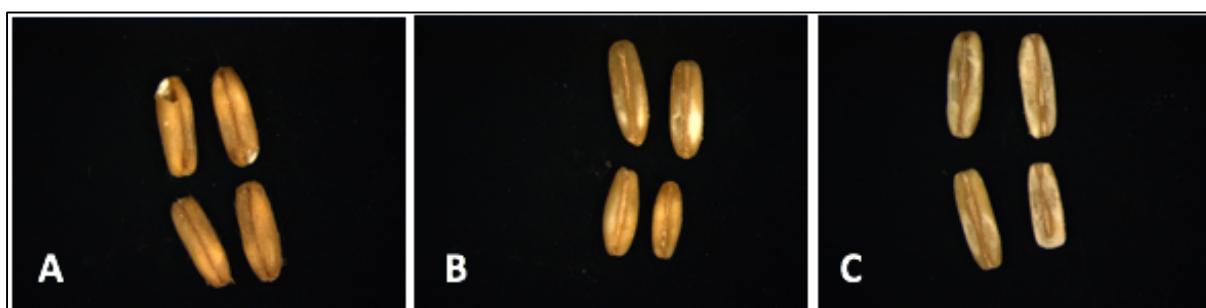
BELINDA	Toppfraksjon			Sluttfraksjon		
	Slipetid (sek)	Avslipingsgrad (%)	Fytinsyre (g/100g)	Slipetid (sek)	Avslipingsgrad (%)	Fytinsyre (g/100 g)
A	25	4	2,96	190	32	1,12
B	25	5	3,07	190	32	1,26
Gjennomsnitt	25	5	3,02	190	32	1,19

Toppfraksjon = fraksjon med høyeste nivå av fytinsyre

Sluttfraksjon = fraksjon med fytinsyrenivå $\approx 1\text{g}/100\text{g}$

Det høyeste fytinsyreinnholdet i Vinger ble funnet etter 25 sekunder sliping som ga en avslipingsgrad på 4 – 5 % (tabell 14). Den høyeste fytinsyrekonsentrasjonen som ble funnet var 3,07 g/100 g fraksjon. Fraksjoneringen ble avsluttet etter 190 sekunder da 32% av kornet var avslipt.

Belinda var avskallet før sliping (figur 24A). Fargen var gylden, formen var lang og smal, med noen trichomer i topp-enden. Noen korn var skadet før slipeprosessen. Etter avsliping ble fargen noe blussere med små hvite områder (figur 24B). Etter siste fraksjon hadde kantene på kornet blitt flatere, og fargen på kornet hadde blitt lysere (figur 24C). Fraksjonsmateriale hadde en tendens til å sitte fast i bukfuren etter sliping.



Figur 24. Avskallet Belinda: før sliping (A), etter 25 sek sliping (B), og etter 190 sek sliping (C). Kornprøvene ble plukket ut fra fraksjonering B.

4.4 Forskjeller mellom kornarter og sorter: avslipingssegenskaper og fytinsyreinnhold

Middeltall for gjentak innen sort og for alle kornartene er vist i tabell 15 – 18 for målte og beregnede resultater knyttet til avslipingssegenskaper, fytinsyreinnhold og avlesninger fra kurvene over fytinsyreinnhold vs. avslipingsgrad. P-verdier er oppgitt fra enveis ANOVA av data, hvor det statistiske signifikansnivå ble satt ved $p < 0,05$. Kornsortene ble sammenlignet med hensyn på ulike variabler via Tukey's Test med 95% konfidensintervall.

Fraksjonsvekt og kornvekt ble registrert etter hvert tidsintervall. Avslipingsgraden etter hvert tidsintervall ble beregnet ut i fra kornvekta. Kornmateriale hadde imidlertid en tendens til å sitte fast i slipemaskinen, og for enkelte kornsorter (særlig havre) satt det fast mer enn andre. Dette utgjorde et tap av materiale som både kan være avslipt materiale og tap av hele korn. Den registrerte vekta av kornmateriale var derfor ikke nødvendigvis reell. På grunn av dette, var det relevant å beregne mengde tap fraksjonsmateriale, som en skjekk på om det kan være systematiske forskjeller. Forskjeller i tap ved fraksjoneringsforsøket er vist i tabell 15. Rug hadde minst tap, og var ikke signifikant forskjellig fra Brage og Mirakel. Havre hadde som forventet det høyeste tapet, og det største tapet ble funnet for Vinger.

Tabell 15. Forskjeller i fraksjonsmengder og tap av kornmateriale ved fraksjonering.

Art	Sort	*Beregnet total fr.mengde (g)	Veid total fr.mengde (g)	Tap (g)
Bygg	Fairydale	81,15 ^A	61,95 ^A	19,20 ^{AB}
Bygg	Brage	78,50 ^A	63,90 ^A	14,60 ^{BC}
Rug	Danko	67,57 ^{BC}	54,80 ^{AB}	12,77 ^C
Rug	Palazzo	59,77 ^C	47,10 ^{BC}	12,67 ^C
Hvete	Krabat	72,50 ^{AB}	54,75 ^{ABC}	17,75 ^{AB}
Hvete	Mirakel	67,00 ^{BC}	50,45 ^{BC}	16,55 ^{ABC}
Havre	Vinger	63,30 ^{BC}	43,85 ^C	19,45 ^A
Havre	Belinda	64,50 ^{BC}	46,30 ^{BC}	18,20 ^{AB}
P-verdi		0,0001	0,0001	0,0008

*Beregnet total fr.mengde = kornmengde etter sliping - kornmengde før sliping.

Mellom kornsortene var det ingen signifikant variasjon i slipetid til toppfraksjon (tabell 16). Prosentandel av kornet som ble avslipt i løpet av denne tiden, var derimot signifikant forskjellig mellom kornsorter ($p < 0,0001$). Tukey's test viste signifikante forskjeller mellom arter og sorter, der byggsortene og rugsorten Danko hadde høyere avslipingsgrad ved

toppfraksjon enn havresortene som hadde de laveste avslipingsgradene ved toppfraksjon. Det var ikke signifikante forskjeller mellom hvetesortene og rugsorten Palazzo, og det var heller ikke signifikante forskjeller mellom hvetesorter og havresorten Vinger.

Tabell 16. *Forskjeller i slipetid og avslipingsgrad til toppfraksjon.*

Art	Sort	Slipetid til toppfr. (sek)	Avsl.grad til toppfr. (%)
Bygg	Fairytale	43 ^A	16 ^A
Bygg	Brage	57 ^A	16 ^A
Rug	Danko	50 ^A	15 ^A
Rug	Palazzo	40 ^A	12 ^B
Hvete	Krabat	40 ^A	11 ^{BC}
Hvete	Mirakel	40 ^A	10 ^{BC}
Havre	Vinger	60 ^A	9 ^C
Havre	Belinda	25 ^A	5 ^D
P-verdi		0,2551	<0,0001

Slipetid til sluttfraksjon, og mengden materiale som da hadde blitt slipt av kornet, varierte signifikant mellom sorter (tabell 17). Disse dataene for slipetid viser i stor grad variasjoner mellom sorter innen art og mellom arter. Brage hadde lengst slipetid til slutt, men var ikke signifikant forskjellig fra hvetesortene Krabat og Mirakel. Kortest slipetid til slutt hadde Danko, som ikke var signifikant forskjellig fra Palazzo, Belinda, Fairytale og Mirakel. Innenfor samme art, ble èn signifikant forskjell i slipetid til sluttfraksjon funnet mellom byggsortene Brage og Fairytale. Forskjellen i totalt avslipt materiale var derimot ikke signifikant mellom disse to byggsortene, og Krabat. Bygg viste høyeste tall for avslipingsgrad til sluttfraksjon av alle kornsorter. Verdien for Palazzo var lavest, men denne var verken signifikant forskjellig fra Danko, havresortene eller Mirakel (tabell 17).

Tabell 17. Forskjeller i slipetid og avslipingsgrad til sluttfraksjon.

Art	Sort	Slipetid til sluttfr. (sek)	Avsl.grad til sluttfr. (%)
Bygg	Fairytale	160 ^{BC}	41 ^A
Bygg	Brage	340 ^A	39 ^A
Rug	Danko	110 ^C	34 ^{BC}
Rug	Palazzo	120 ^{BC}	30 ^C
Hvete	Krabat	250 ^{AB}	36 ^{AB}
Hvete	Mirakel	220 ^{ABC}	34 ^{BC}
Havre	Vinger	245 ^{AB}	32 ^{BC}
Havre	Belinda	190 ^{BC}	32 ^{BC}
P-verdi		0,0005	0,0001

Avsl.grad til sluttfr. (%) = den totale mengden som ble avslipt i løpet av en fraksjonering, basert på veid total fraksjonsmengde.

Fytinsyremengder fra alle avslipte fraksjoner ble summert, og total fytinsyremengde som ble avslipt fra hver kornsort er oppgitt i mg i tabell 18. Hvetesortene hadde de høyeste middeltallene, men de var ikke signifikant forskjellige fra havresortene, samt byggsorten Brage som også hadde høyt innhold av fytinsyre. Laveste middeltall ble funnet for Palazzo, som ikke var signifikant forskjellig fra Danko. Middeltall for Fairytale og Danko var ikke signifikant forskjellige.

Tabell 18. Forskjeller i fytinsyreutbytte fra fraksjonering.

Art	Sort	Total fytinsyremengde fra fraksjoner (mg)	Utbytte av fytinsyre i avslipt fraksjon (%)
Bygg	Fairytale	1141,45 ^{BC}	80 ^{AB}
Bygg	Brage	1277,51 ^{AB}	77 ^{AB}
Rug	Danko	1005,01 ^{CD}	64 ^{DE}
Rug	Palazzo	901,84 ^D	57 ^E
Hvete	Krabat	1314,69 ^A	83 ^A
Hvete	Mirakel	1373,57 ^A	69 ^{CD}
Havre	Vinger	1243,21 ^{AB}	68 ^{CD}
Havre	Belinda	1290,74 ^{AB}	74 ^{BC}
P-verdi		<0,0001	<0,0001

Utbyttet av fytinsyre i avslippte fraksjoner varierte signifikant (tabell 18). Det høyeste utbyttet av fytinsyre ble funnet for Krabat, som ikke var signifikant forskjellig fra byggsortene. Det laveste fytinsyreutbytte ble gjort for Palazzo, som ikke var signifikant forskjellig fra Danko. Utbyttet av fytinsyre i fraksjoner innen art, var kun signifikant forskjellig mellom hvetesortene.

5. Diskusjon

5.1 Kvalitetssegenskaper til kornmaterialet

5.1.1 Skallprosent i havre

Ifølge offisielle tall fra sortsprøvingen i Norge (Åssveen et al. 2017) har Belinda en høyere skallprosent (23,1%) enn Vinger (21,3%). Disse forskjellene mellom havresortene stemte med egne resultater for havreavskalling for hånd. Kommersiell avskallingsprosent for havre er i gjennomsnitt 25% (Larsen 2017), mens den maskinelle avskallingen som ble utført i dette forsøket fjernet 42-44% kornmateriale, noe som utgjør et betydelig stort tap.

Det er sannsynlig at den maskinelle metoden for havreavskalling kan ha ført til en utseleksjon av små og lette havrekorn, og på den måten endret prøvematerialet. Ved maskinell havreavskalling, ble noe høyere avskallingsnivå brukt for Belinda enn for Vinger. Noen korn av Belinda ble skadet, hvilket ikke var tilfelle for Vinger. Dette viser at de mildere avskallingsnivåene brukt for Vinger, også burde vært brukt for Belinda. Dette kunne også gitt et bedre utgangspunkt for sammenligning av fraksjoneringsforsøkene mellom havresortene.

5.1.2 Tusenkornvekt og hektolitervekt

TKV varierte generelt lite mellom sorter innen art, med unntak av Marigold som hadde 10 g høyere tusenkornvekt enn både Phil og Brage. I følge Åsveen et al. (2017) skal Marigold ha en høy TKV og resultatet var derfor forventet.

Genetikk er en av flere faktorer som avgjør TKV (kornstørrelse) (Yara u.å.b). 2-rads bygg er større og fyldigere enn 6-rads bygg, og hvis 2-rads bygg er dekket, har de tynnere agner enn 6-rads bygg (Matz 1991a). Brage er dermed en 6-rads byggsort som normalt har korn med mindre TKV enn 2-rads sorter. Det har blitt beskrevet at Brage er småkornet (Graminor 2016b). Derfor hadde Brage som forventet minst TKV blant byggsortene, men det var forventet en større forskjell i TKV mellom Brage og 2-rads sortene Phil og Fairytale. I følge Åsveen et al. (2017) har Brage imidlertid ganske høy TKV til å være 6-rads sort, og kornkvaliteten til Fairytale har blitt beskrevet som middels (Graminor 2016c). Dette kan være årsaken til de mindre forskjellene i TKV mellom de ulike byggsortene. Det er trolig at Phil hadde TKV relativt lik som for Brage fordi Phil ikke har agner.

HLV varierte som forventet med kornart, og var høyest for hvete og rug, lavere for bygg og lavest i havre. Dette er vel kjent og et resultat av forskjeller i kornartenes form, samt tilstedeværelse og egenskaper til agnene. Disse forskjellene i HLV mellom kornarter gjenspeiles i kvalitetskravene som er satt for HLV. Basiskvalitet er 79 kg/hl for hvete, 72 kg/hl for rug, 64 kg/hl for bygg og 53 kg/hl for havre. Høy HLV i hvete og rug kan forklares ved at disse er nakne kornarter. Phil som er en naken byggsort, skilte seg derfor ut fra de andre dekkede byggsortene ved at den har betydelig høyere HLV.

Når det gjelder variasjon mellom sorter innen kornart, så hadde Mirakel høyest HLV innen hvete, som også var høyest av alle sortsprøvene. Mirakel karakteriseres som en sort med høy HLV (Åssveen et al. 2017; Graminor 2016d). Hvetesorten Bjarne hadde lavere HLV, og er den eneste av prøvemateriale som hadde HLV under basiskvalitet. Graminor har imidlertid beskrevet at lav HLV gjør at Bjarne i blant kan bli klassifisert som førkorn (Graminor 2016a). Phil som er både 2-radig og naken, hadde som forventet høyest HLV av alle byggsorter. Blant rugsortene var HLV tilnærmet lik. Vinger hadde høyest HLV av havresortene, og dette stemmer overens med resultatene som foreligger fra den offisielle verdiprøvingen (Åssveen et al. 2017).

Basert på de fysiske kvalitetsegenskapene TKV og HLV, så viser resultatene at det har vært en god og tilfredsstillende kornfylling for alle kornprøvene. Ut fra kvalitetskravene i det norske prisgraderingssystemet, ligger HLV over basiskvalitet for alle kornprøver unntatt Bjarne. Prøvematerialet av arter og sorter dannet dermed et godt utgangspunkt for de videre forsøkene. Om kornprøvene hadde vært tydelig skrumpne, ville ikke disse blitt valgt til slipeforsøket.

5.2 Totalinnhold av fytinsyre i korn

I dette forsøket ble det funnet en variasjon i fytinsyremengder fra 0,78 – 1,10 g/100 g korn (tørrstoff). Resultatene for fytinsyremengdene i alle kornprøver unntatt rug, og byggsortene Fairytale og Marigold, var innenfor de verdiene som Reddy et al. fant i 1982 for de ulike kornartene (se delkapittel 2.3 Fytinsyre). Data på fytinsyreinnhold for kornsorter og arter dyrket i Norge er ikke blitt publisert tidligere. Variasjoner i fytinsyrenivåer innen kornart ser å ut til å være større enn mellom kornsorter. Fytinsyre ble i dette forsøket brukt som markør for aleuron, men det ble ikke funnet noen sammenheng mellom fytinsyreinnhold og antall

cellelag i aleuron i dette prøvematerialet. Resultatene viste heller ingen klar sammenheng mellom fytinsyreinnhold og kornkvalitet (HLV og TKV). For eksempel hadde Bjarne lavere HLV, men høyere fytinsyreinnhold enn Krabat som har god og stabil kornkvalitet. Dersom HLV og TKV øker med kornfylling er det vanlig å finne høyere stivelsesinnhold, men lavere innhold av mineraler, vitaminer og komponenter som sitter i aleuron og kime fordi endospermen da vil utgjøre mer av kornet. Agner påvirker HLV. Agner i bygg utgjør ca 13% av kornet, mens de løse agnene i havre ble fjernet før fytinsyreanalyse. Dette kan derfor bety noe for resultatene. Hvis det ikke er fytinsyre i agner, så burde dekket sorter hatt lavere konsentrasjon av fytinsyre, da agner kan ha vært en fortynningsfaktor.

Det viser seg at årsaksbildet for variasjoner i fytinsyrenivåer er komplekst. Reddy et al. (1982) konkluderte med at fytinsyreinnholdet ikke er absolutt, og kan variere avhengig av sort, klimatiske forhold, dyrkeområde, vanningsregime, gjødsling og år. Selv om fytinsyreinnholdet i frø avhenger i stor grad av miljø, som for eksempel fosfortilføsel til planten (Raboy & Dickinson 1984; Raboy & Dickinson, 1993), er det trolig en viktig genetisk variasjon i syntese av fytinsyre. I 1991 fant Raboy et al. at fytinsyre var positivt korrelert med innhold av protein og fosfor i hvetesorter. I 1995 beskrev Chitra et al. at fytinsyre var signifikant og positivt korrelert med protein, men ingen korrelasjon har blitt funnet mellom fytinsyre og totalt mineralinnhold (Lopez et al. 2002). Den oppdagede korrelasjonen mellom fytinsyre og proteininnhold, er ikke så overraskende på grunn av assosieringen mellom protein og fytinsyre i aleuronegranuler i aleuroncellene. Fytin er også kjent som frøets hovedlager for fosfor, men de regulatoriske mekanismene i fytinsyresyntese er lite forstått. Kanskje det er mekanismer som sørger for at det er nok fosfor til frøspiring, men at det ikke vil være noen fordeler for plantene å innlagre fytinsyre utover dette. Siden aleuroncellene differensieres tidlig, kan det være at fytinsyre akkumuleres tidlig i kornfyllingsfasen. Senere akkumulering av stivelse (og lagerprotein) i stivelsesendospermen kan trolig virke fortynnende på fytinsyre.

5.3 Analysemetode for fytinsyre

I dette forsøket ble fytinsyre brukt som markør for aleuron. Den mest pålitelige metoden for en kvantitativ og kvalitativ analyse av fytinsyre har lenge vært HPIC (Higher performance ion-exchange chromatografi). Dette er en effektiv og sensitiv teknikk, hvor ioner og polare molekyler separeres basert på deres ladningsegenskaper (Skoglund et al. 2009). HPIC

muliggjør separering og kvantitativ bestemmelse av *myo*-inositol heksafosfat (fytinsyre) til *myo*-inositol monofosfat (IP₆ - IP₁) og deres isomerer i mat (Carlsson et al. 2001). Metoden inkluderer ekstrahering av prøver med HCl, separering av *myo*-inositol fosfater fra råekstraktet via anionbytterkromatografi (dvs. fast-fase ekstraksjon, SPE). Analysen kan imidlertid gå raskere ved bruk av ultrafiltrering, istedenfor å separere *myo*-inositol fosfatene fra råekstraktet ved bruk av SPE. Ultrafiltrering ved forberedelse av prøvene er en enklere, raskere og mildere behandling av prøvene sammenlignet med fordamping og ionebytting. Den kraftige behandlingen ved fordamping og bruk av sterk syre kan føre til omfordeling av fosfatgruppene på *myo*-inositol ringen og endre isomerbalansen (Carlsson et al. 2001).

HPLC (High-performance liquid chromatography) gir kromatografisk oppløsning av mange inositol fosfatisomerer og gjør det mulig å analysere individuelle fosfater (McKie & McCleary 2016). Prøver som benyttes i HPLC må være veldig rene fordi det er stor sannsynlighet for at andre komponenter forstyrrer deteksjonen av inositol fosfater, særlig ved deteksjon av de lavere inositolfosfatene (Carlsson et al. 2001). I HPIC holder inositolfosfatene seg godt fast til kolonnen, mens andre komponenter raskt elueres. På den måten trengs det ikke en egen renseprosedyre for å forberede analysen av prøven i HPIC, som derimot er nødvendig ved HPLC. Ingen signifikant forskjell ble funnet mellom HPLC og HPIC når det gjaldt å finne konsentrasjon IP₆. HPIC er på en annen side mindre sensitiv for IP₃-IP₅ sammenlignet med HPLC metoden (Carlsson et al. 2001). HPLC kan skille mellom fytinsyre og dens degraderingsprodukter som den er spesifikk for. HPLC er imidlertid tidskrevende, lite effektiv og derfor upraktisk for regelmessige analyse for et stort antall prøver (McKie & McCleary 2016). I tillegg krever denne metoden dyre instrumenter.

K-PHYT er en enkel, effektiv metode for måling av total fosfor og fytinsyre i uprosessert mat (McKie & McCleary 2016). Fordeler ved metoden er mange. Den krever ikke rengjøring av fytinsyre via anionbytter-kromatografi, hvilket gjør det mottagelig for et høyt antall prøver. I tillegg er denne metoden veldig kostnadseffektiv, og den har en utmerket ytelse med høy nøyaktighet, repeterbarhet, presisjon og spesifisitet. Ulemper ved metoden fremtrer bare ved analysering av prosessert mat (McKie & McCleary 2016). Ved prosessering av mat (f.eks fermentering, varmebehandling) kan fytinsyre bli degradert (defosforlyert) til de lavere nivåer av *myo*-inositol fosfat, fosfor og noen tilfeller fritt *myo*-inositol. Det enzymatiske frigjorte fosfatet måles ved bruk av en modifisert molybdenblå metode, og beregnes som total fosfor eller fytinsyreinnhold i prøven. Denne beregningen krever at alt fosfor som måles er frigjort

fra fytinsyre og ikke fra andre fosfatestere, inkludert de lavre *myo*-inositol fosfatene (IP₁-IP₅). Denne metoden stemmer derfor bare for uprosesserte prøver, og ikke de prosesserte som kan inneholde andeler lavere *myo*-inositol fosfater som kan føre til overestimering av fytinsyre. Kun uprosesserte kornprøver ble analysert i dette forsøket, og det er derfor rimelig å anta at K-PHYT ga tilfredsstillende resultater for dette forsøket. Denne metoden muliggjorde mange målinger av hver enkelt fraksjon med hensyn til tid og kostnader, og var derfor den rimeligste metoden for bestemmelse av fytinsyreinnhold i kornprøvene.

5.4 Fraksjoneringsforsøk

5.4.1 Tap av kornmateriale og utbytte

Tidsintervallene ble tilpasset for de ulike kornartene og sortene slik at det skulle bli avslipt omtrent 5% av kornet fra hvert tidsintervall. Dette ble valgt både for å få nok prøvemateriale til fytinsyreanalysering, og for å oppnå jevne fraksjonsmengder. Likevel varierte avslipingsgraden noe for hver fraksjonering, noe som måtte forventes. Formen på korna hadde trolig en betydning for hvordan kornet ble slipt. En annen påvirkning var de ulike morfologiske delene av kornet som gradvis ble eksponert for slipesteinen. Agner, perikarp, testa, aleuronlag og endosperm har forskjellig fysisk og kjemisk sammensetning, og dermed er det trolig at disse vil oppføre seg ulikt gjennom en slipeprosess.

Bilder viste at spisse områder på kornene ble avslipt først og at kornene ble rundere og rundere med slipetiden. Den hvite endospermen ble mer og mer eksponert under slipeprosessen. Dette skjedde ujevnt og det så ut til at endospermen kom raskere frem på områder hvor korna var rundest. Forsøket viste at det var vanskelig å få til en jevn sliping av kornene på grunn av deres flate områder eller deres avlange form. Bilder viste også at fraksjonsmateriale satt fast i bukfura, som var forventet. Dette kan trolig ha ført til reduksjon i fytinsyreutbyttet, eller kontaminering av videre fraksjoner på den måten at aleuronpartikler ble med videre til neste fraksjon. Bukfuras dybde kan variere mellom korn. Kornets morfologiske oppbygning er dermed en faktor som gjør det vanskelig å få rene aleuronfraksjoner med denne metoden.

Bygg, hvete og rug ble slipt i henhold til brukermanualen, men den beskrev ingen standardprosedyre for havre. Siden avskallet havre skiller seg stort fra de andre kornartene ved at det er et langt, mykt og fettrikt korn, ble det for havre valgt en finere slipestein, enn for de andre kornartene. Avslipingsgraden etter hvert tidsintervall ble beregnet ut i fra kornvekta og ikke fraksjonsvekta, fordi fraksjonsmateriale hadde en tendens til å støve eller sitte fast i slipemaskinen. For enkelte kornsorter (særlig havre) satt det fast mer enn andre. Dette utgjorde et tap av materiale som både var avslipt materiale og tap av hele korn. Mengde tapt kornmateriale ble derfor beregnet og sammenlignet mellom sortene.

Ifølge Edney et al. (2002) kan store og smale korn lettere sette seg fast i utstyret. Dette kan forklare det større tapet av havre, og Fairytale. Noen fraksjoneringsprøver av havre virket også å være fetere og tyngre, og hadde en tendens til å sitte mer fast i små sprekker i slipeutstyret. Dette er faktorer som setter spørsmål ved de satte avslipingsgradene og om fytinsyre er analysert på representative prøver av fraksjonsmengder som ble samlet opp. Partikkelkomposisjonen i tapt fraksjon kan ha vært annerledes enn det som ble samlet inn for analyse. Det at noen hele korn ble tapt underveis, gjorde at avslipingsgraden som ble satt for hver fraksjon ikke var 100% reell.

Utbyttet av fytinsyre fra fraksjoneringsforsøket varierte stort mellom kornsortene. Hvor mye som totalt ble avslipt, kornets form og dens fordeling av fytinsyre, er faktorer som kan ha påvirket resultatet. Fytinsyre finnes ikke bare i aleuronceller, men også i skutellumceller i kimen (Skoglund et al. 2009). Dette kan være en faktor som gjør det vanskelig å få fullt fytinsyreutbytte med denne metoden. Generelt ble det ikke funnet noen sammenheng mellom utbytte av fytinsyre og mengde tapt fraksjonsmateriale. Rug hadde minst tap, men utbytte av fytinsyre var lavt. Årsakene til det lave utbyttet lå mest sannsynlig i at rug er et langstruktet korn, hvilket er en faktor som førte til ujevn sliping, og den langsgående bukfuren kan ha samlet opp partikler med fytinsyre. Utbytte av fytinsyre ble størst for Krabat, Fairytale og Brage. Årsaken ligger nok i at disse kornsortene slipes jevnere enn rug og havre. Krabat er et rundere korn enn rug og havre, og dette gjelder også byggsortene etter at agner er avslipt. Utbytte av fytinsyre var signifikant forskjellig mellom hvetesortene. Dette kom trolig av at bukfuren til Mirakel så ut til å samle opp mer fraksjonsmateriale enn Krabat, slik at Mirakel fikk et lavere utbytte. Til tross for at havre er et smalt og langt korn, ble fytinsyreutbyttet signifikant høyere for havre enn for rug som også er et langstruktet korn. En mulig årsak til dette er at aleuronlaget befant seg lengre inne i rugkornet enn i havre.

5.4.2 Slipetid og avslipingsgrad

Byggsortene ble slipt først i dette forsøket. Gjentak for bygg ble mer like med hensyn på fytinsyrenivå i forhold til avslipingsgrad, enn i forhold til slipetid. Dette var noe forventet da teknikken ikke var helt innlært ved de første forsøkene. Små forskjeller i når og hvordan korna ble helt ned i slipemaskinen mellom gjentak kan ha påvirket resultatet for bygg. Siden det ikke ble gjort et tredje gjentak for Fairytale, kan dette ha vært en sannsynlig årsak til at det ble stor variasjon mellom gjentak for Fairytale.

Det høyeste nivået for fytinsyre i Brage ble funnet ved første fraksjonering (fraksjonering A), men det samme toppunktet kunne ikke vises i de andre fraksjoneringsgjentakene av Brage fordi området ble slipt forbi. Det samme kan ha skjedd for enkelte fraksjoneringsforsøk av de andre kornprøvene. Derfor kan det trolig vært et uoppdaget toppunkt mellom to fraksjoner, slik at toppunkt var vanskelig å definere.

I motsetning til bygg, virket hvetesortene å være relativt homogene med hensyn på både slipetid og avslipingsgrad til topp. Siden perikarp, testa og hyalinlag utgjør ca 7-10% i noen hvetesorter (Hansen 2014), ble topp i hvetesortene nådd som forventet ved 10-11% avslipingsgrad. Etter 16-17% avsliping falt fytinsyrenivåene, hvilket var forventet siden aleuronlaget utgjør 6-7% og hele klifraksjonen utgjør 12-18% i hvete (Brouns et al. 2012).

Avslipingsgrad til toppfraksjon og til sluttfraksjon var størst for byggsortene, hvilket var forventet siden bygg er dekket av agner ved slipestart. Agner, perikarp og testa utgjør omtrent 15% tilsammen av tørrvekta i et gjennomsnittlig byggkorn (Baik et al. 2011), og dersom kornet hadde blitt slipt jevnt, ville aleuronlaget vært nådd ved 16% avslipingsgrad.

Havresortene hadde motsetningsvis gjennomgått avskalling før slipeforsøket. Det høyeste fytinsyrenivået ved fraksjonering av havre ble derfor funnet som forventet i første fraksjon. forventet. Belinda og Vinger gjennomgikk ulike avskallingsnivåer slik at avskalling for Belinda ble hardere, og dette var sannsynligvis en hovedårsak til at Belinda hadde lavere avslipingsgrad til toppfraksjon enn Vinger. Det høyeste nivået for fytinsyre i Brage ble funnet ved første fraksjonering, men det samme toppunktet kunne ikke vises i de andre fraksjoneringsgjentakene av Brage fordi området ble slipt forbi. Det samme kan ha skjedd for enkelte fraksjoneringsforsøk med de andre kornprøvene. Dermed kan det trolig ha vært et uoppdaget toppunkt mellom to fraksjoner, slik at toppunkt var vanskelig å definere.

Forskjellen i slipetid mellom 2-rads bygg og 6-rads bygg kommer trolig av forskjellig utforming. 2-rads bygg, slik som Fairytale, har symmetriske korn som er større og fyldigere enn 6-rads bygg. Brage har omtrent 2/3 usymmetriske, lettere og mindre korn. Det er ikke bare størrelse, tyngde og form på kornet som kan avgjøre slipeforløpet. Kornetekstur kan også ha en viktig rolle. Havre kjennetegnes som et stort, langt og smalt korn, og dens høye fettinnhold gir den myk tekstur. Kornhardhet er en viktig kvalitetsegenskap for både bygg og hvete. Det er enighet om at adhesjon mellom stivelseskorn og proteinmatriks i endospermen, hovedsakelig bestemmer kornhardheten (Darlington et al. 2000). Adhesjonen påvirkes av proteinet friabilin på overflaten av stivelseskornene, som ved sin tilstedeværelse fører til svakere binding mellom stivelseskorn og proteinmatriks, og dermed en mykere tekstur i endospermen. Mangel på friabilin fører til økt hardhet i kornet. Hardheten på endospermen i bygg kan være påvirket av strukturelle egenskaper til aleuron og endospermcelleveggene. Konsentrasjonene av celleveggenes hovedkomponenter, β -glukan og arabinoxylan, har vist seg å være signifikant korrelert med kornhardhet (Gamlath et al. 2008). Proteinnivå hadde ingen effekt. I 1998 viste Bhatti & Rosnagel (i følge Baik & Ullrich 2008) at slipetiden er relatert til kornhardheten, når det uttrykkes som tiden som kreves for å avslipe en spesifikk kornvekt. Edney et al. (2002) utforsket fysiologiske egenskaper blant ulike bygg typer, inkludert dekket bygg, nakenbygg, 6-rads bygg og 2-rads bygg. De observerte signifikante forskjeller i kornetekstur blant de ulike typene og et signifikant forhold mellom kornhardhet og slipetid. I følge Edney et al. (2002) så det ikke ut til at tekstur hadde noen påvirkning på prosesseringsforskjellene mellom 2-rads bygg og 6-rads bygg, hvor heller ulikhetene i kornstørrelse var avgjørende på slipetiden. Faste korn krevde lengre slipetid, mens mykere korn kunne slipes kortere, for å oppnå en felles bestemt avslipingsgrad. Jo mindre kornene var, jo lengre slipetid, og dette var trolig på grunn av forskjeller i korn-diameter. Edney et al. (2002) nevnte også at ujevn størrelse på kornene kan føre til ulik avslipingsgrad ved samme slipetid.

Både rug og hvete er nakne og har ett aleuroncellelag, mens rug er mindre og oppfører seg annerledes enn hvete i mølla. Rugkornene (særlig Danko) varierte også mer i størrelse enn hvetekorn. Det høyere innholdet av protein og arabinoxylaner i rug, kan være en årsak til at det ble noe lengre slipetid og større avslipingsgrad til toppfraksjon for rug i forhold til hvete. Nedgangen i fytinsyreinnhold ved videre sliping gikk derimot fortere for rug, og dette var forventet siden rug inneholdt mindre fytinsyre enn hvete. Avslipingsgrad til slutt ble relativt

lik for både rug og hvete. Tappt kornmateriale gjennom fraksjoneringsforsøkene kan imidlertid ha vært en konfunderende faktor for avslipingsgrad til slutt, slik at slippetiden egner seg bedre for sammenligning av fraksjonsforsøkene ved slutt.

5.5 Kommersiell bruk av aleuronlaget

Uønsket smak fra kliet og ustabil fett i kimen elimineres i produkter, når kun mel fra endospermen er blitt brukt (Atwell et al. 2007). Et slikt hvitt mel uten kime og kli, har en bedre teknologisk bakekvalitet for produksjon av gjærdeigsprodukter, men ernæringsmessig har et slikt mel ingen særlige fordeler. Aleuronrike fraksjoner kan utnyttes til å berike matprodukter med fiber, mineraler og vitaminer, samt fytokjemikalier, og på den måten bidra til bedre helse for konsumentene. Aleuronlag inneholder mindre pigmenter enn de andre delene av klifraksjonen (Atwell et al. 2007), og blandes det inn i hvitt mel (siktet/fint hvetemel) kan det produsere produkter med samme helsemessige fordeler som fullkornsbrød, samtidig som det ligner mer på hvitt brød i utseende og smak. Aleuronberikede kornprodukter kan dermed være et sterkt markedskonsept som bringer en stor helsefordel for forbrukere som ikke kjøper eller spiser produkter ut fra helsemessig drivkraft. Et eksempel er barn som naturlig har følsomme smaksløker.

Det har allerede blitt utviklet en fraksjoneringsmetode for hvetekorn for å inkorporere høyre nivåer av bioaktive komponenter i mel, og for å fjerne deler av kornet som er uheldig for teknologisk kvalitet (Delcour et al. 2012): Prosesseringen fjerner perikarp ved første avslippingstrinn (3% avslipingsgrad). Det resterende kornet blir slipt på nytt frem til 15% avslipingsgrad, for å få en aleuronrik fraksjon. Det avslippede kornet blir så malt og siktet, for å fjerne kime og separere ut grove bukfure-klipartikler, slik at hovedsakelig endosperm blir til et hvitt mel. Dette melet blir deretter blandet sammen med den aleuronrike fraksjonen, for å danne produktet "Healthflour".

Det har blitt nevnt at sliping av kornet ikke ble jevnt under produksjon av "Healthflour" på grunn av kornets avlange form (Delcour et al. 2012). Kornets ender ble først avslipt, hvilket førte til noe endosperm, aleuron, intermediat og kime-materiale i første avslippede fraksjon. Nevneverdige nivåer av aleuron var imidlertid i kliet mellom 3-15% avslipingsgrad og "Healthflour" er derfor ett alternativ til fullkornsmel, med tanke på komposisjon og næringsverdi.

Å gjøre en ren industriell isolering av aleuronceller fra klifraksjoner har også vist seg å være mulig. Bühler AG har utviklet en ren mekanisk industriell prosess som klarer å isolere aleuronceller fra hvetekli via elektrostatiske separering (Delcour et al. 2012; Böhm & Kratzer 2010). Denne metoden gjør det mulig å lage aleuronfraksjoner med bra utbytte og renhet (omtrent 90% aleuron), og som er særlig rik på bioaktive komponenter (Delcour et al. 2012).

Fytinsyrens helse- og ernæringsmessige effekter er mye omdiskutert. Stoffets positive egenskaper fra et matteknologisk perspektiv har blitt nevnt av Tavarajah & Tavarajah (2014), som skrev at det kan ha hemmende effekt på lipidperoksidasjon, oksidativ forringelse, misfarging, forråtnelse og synerese i mat. Flere tidligere funn tyder antageligvis på at fytinsyre har fått et dårligere rykte enn det fortjener.

Det har allerede blitt fremstilt aleuronrikt mel av hvete. Den nakne byggsorten Phil viste seg å ha et høyt innhold av fytinsyre, men ble ikke videre fraksjonert i dette forsøket. I den aleuronrike havresorten Vinger ble aleuronlaget nådd umiddelbart ved sliping, og havre har høy β -glukan-konsentrasjon i sine ytre deler. På grunn av disse funnene ville det vært mest interessant å gjøre forsøk på både nakenbygg og havre, for å hente ut aleuronrike fraksjoner eller aleuron-isolater. Det kan tenkes at fraksjoner og/eller reststoffet fra en slik produksjon ville vært rikt på β -glukaner, som av helsemessige grunner også bør utnyttes kommersielt.

5.6 Forbedringspotensialer ved forsøket

Hvis forsøket kunne foregått over en lengre tidsperiode, hadde dette vært optimaliserende for fremstillingen av resultater. Det kunne blitt gjort en prøvesliping med fytinsyreanalyse først for å få en indikasjon på hvor den høyeste fytinsyrekonsentrasjonen ligger. Etter en slik prøverunde, kunne tidsintervallene blitt tilpasset, slik at flere fraksjoner kunne blitt tatt ut og flere gjentak kunne blitt gjort, så kunne kurvene for fytinsyrenivå i forhold til avlipningsgrad blitt bestemt mer nøyaktig. Fraksjon med mest fytinsyre hadde da trolig blitt tydeligere definert for de ulike kornsortene. Det vil være behov for å fraksjonere flere prøver av arter og sorter dyrket i flere lokaliteter og/eller sesonger for å dokumentere om det er konsistente forskjeller, særlig mellom sorter. Dette gjelder også for å dokumentere om det er konsistente forskjeller i innhold av fytin mellom sortene.

6. Konklusjon

I dette forsøket ble det funnet en variasjon i fytinsyremengder fra 0,78 – 1,10 g/100 g korn (tørrvekt). Hvetesorten Mirakel og byggsorten Phil inneholdt mest fytinsyre, og et forholdsvis høyt fytinsyreinnhold ble også funnet i havresorten Vinger. Fytinsyreinnholdet hadde en tendens til å variere mer mellom sorter enn mellom arter i dette prøvematerialet, dette gjaldt særlig hvete og bygg.

Tap av kornmateriale i slipeprosessen var uunngåelig, og tapet var størst for havresorten Vinger og minst for rugsortene Danko og Palazzo. Resultatene tydet på at det ikke var noen sammenheng mellom fytinsyreutbytte og tap. Fytinsyreutbyttet varierte signifikant mellom kornsorter og bilder viste at korna ble ujevnt slipt. Kornets form og oppbygging så ut til å påvirke slipingen, hvor spisse ender og runde deler ble slipt først. Noe fraksjonsmateriale så også ut til å sette seg fast i bukfura gjennom slipeprosessen. Det var vanskelig å definere en optimal slipemetodikk og toppfraksjon for de ulike kornsortene. Fytinsyreanalyse av fraksjoner ga likevel en indikasjon på når aleuronlaget nåes ved sliping, og at dette varierer mellom kornsorter. Avskallet havre utmerket seg fra de andre kornsortene da aleuronlaget ble nådd umiddelbart.

Å definere intervaller basert på avslipingsgrad kan gi det mest ideelle materiale for utnyttelse av aleuronlaget. Selv om det ikke var mulig å få en ren aleuronfraksjon ved bruk av denne metoden, er det mulig å separere ut en fraksjon som inneholder en høy andel aleuron, gjennom å bruke fytinsyrekonsentrasjonen som markør. Aleuronrike fraksjoner kan utnyttes i matindustrien. Resultatene tydet på at slipetid, og når man starter og stopper å samle opp fraksjoner, bør tilpasses hvert kornparti og det bør gjøres en prøvesliping først. En tilpassing i start og stopp kan gjøres i forhold til hvor ren aleuronfraksjon som ønskes.

I dette forsøket ble det funnet en stor variasjon mellom kornsortene. Dette må selvsagt undersøkes videre i flere forsøk med gjentak og i flere sesonger, for å se om sortsforskjellene er konsistente. Dette forsøket hadde ikke som mål å analysere for hvilke verdistoffer som følger med fraksjonene, men tidligere funn viser at en slik analysing kunne vært interessant.

Kilder

Aarnes, H. (2011a). *Karyopse*. Botanisk- og plantefysiologisk leksikon. Universitetet i Oslo, Institutt for biovitenskap. Tilgjengelig på:

<https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/k/karyopse.html> [lest 11.04.2017].

Aarnes, H. (2011b). *Aleuronlag*. Botanisk- og plantefysiologisk leksikon. Universitetet i Oslo, Institutt for biovitenskap. Tilgjengelig på:

<https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/a/aleuronl.html> [lest 11.04.2017].

Atwell, B., von Reding, W., Earling, J., Kanter, M. & Snow, K. (2007). Aleurone: processing, nutrition, product development, and marketing. I: Marquart, L., Jacobs, D.R., McIntosh, G.H., Poutanen, K. & Reicks, M. (ed.). *Whole Grains Health*, s. 123-136: Blackwell Publishing, Iowa, USA.

Autio, K. & Salmenkallio-Marttila, M. (2003). Understanding Microstructural Changes in Biopolymers Using Light and Electron Microscopy. I: Kaletunç, G. & Breslauer, K.J. (ed.). *Characterization of Cereals and Flours. Properties, Analysis, and Applications*, s. 389-397: Marcel Dekker, Inc., New York, USA.

Baik, B-K. & Ullrich, S.E. (2008). Barley for food: characteristics, improvement, and renewed interest. *Journal of Cereal Science*, 48 (2): 233-242.

Baik, B-K., Newman, C.W. & Newman., R.K. (2011). Food Uses of Barley. I: Ullrich, S.E. (ed.). *Barley: Production, Improvement, and Uses*, s. 532-562: Blackwell Publishing Ltd., West Sussex, England.

Barron, C., Surget, A., & Rouau, X. (2007). Relative amounts of tissues in mature wheat (*triticum aestivum* L.) grain and their carbohydrate and phenolic acid composition. *Journal of Cereal Science*, 45 (1): 88–96.

Bhatty, R.S. & Rossnagel, B.G. (1998). Comparison of pearled and unpearled Canadian and Japanese barleys. *Cereal Chemistry*, 75 :5–21 [sitert etter Baik & Ullrich 2008].

Bohm, A. & Kratzer, A. (2010). *Method for isolating aleurone particles*. Buehler Ag., US Patent, US 7780101 B2.

Brouns, F., Hemery, Y., Price, R. & Anson, N.M. (2012). Wheat Aleurone: Separation, Composition, Health Aspects, and Potential Food Use. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 52 :553-568.

- Carlsson, N-G., Bergman, E-L., Skoglund, E., Hasselblad, K. & Sandberg, A-S. (2001). Rapid Analysis of Inositol Phosphates. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49 (4): 1655-1701.
- ChemSpider. (2015). *Inositol Hexaphosphate*. Royal Society of Chemistry. Tilgjengelig fra: <http://www.chemspider.com/Chemical-Structure.18505485.html> [lest 04.05.2017].
- Chitra, U., Vimala, V., Singh, U. & Geervani, P. (1995). Variability in phytic acid content and protein digestibility of grain legumes. *Plant Foods for Human Nutrition*, 47 (2): 163-172.
- Darlington, H.F., Tecsí, L., Harris, N., Griggs, D.L., Cantrell, I.C. & Shewry, P.R. (2000). Starch granule associated proteins in barley and wheat. *Journal of Cereal Science*, 31 (1): 21–29.
- Delcour, J.A. & Hosoney, R. (2010). Structure of Cereals. I: *Principles of Cereal Science and Technology*, 3. utg., s. 1-22: AACC International, Inc., St. Paul, Minnesota, USA.
- Delcour, J.A., Rouau, X., Courtin, C.M., Poutanen, K. & Ranieri, R. (2012). Technologies for enhanced exploitation of the health-promoting potential of cereals. *Trends in Food Science & Technology*, 25 (2): 78-86.
- Dexter, J.E. & Wood, P.J. (1996). Recent applications of debranning of wheat before milling. *Trends in Food Science and Technology*, 7 (2): 35–41.
- Edney, M.J., Rosnagel, B.G., Endo, Y., Ozawa, S. & Brophy, M. (2002). Pearling quality of Canadian barley varieties and their potential uses as rice extenders. *Journal of Cereal Science*, 36 (3): 295–305.
- Felleskjøpet. (2016). *Kornguiden sesongen 2016/17*. Lillestrøm, Norge.
- Fox, C.H. & Eberl, M. (2002). Phytic acid (IP6), novel broad spectrum anti-neoplastic agent: a systematic review. *Complementary Therapies in Medicine*, 10 (4): 229-234.
- Gamlath, J., Aldred, G.P. & Panozzo., J.F. (2008). Barley (1,3; 1,4)-B-glucan and arabinoxylan content are related to kernel hardness and water uptake. *Journal of Cereal Science*, 47 (2): 365-371.
- Geiger, H.H. & Miedaner, T. (2009). Rye (*Secale cereale* L.). *Handbook of Plant Breeding*, 3 :157-181.
- Graf, E., Empson, K.L. & Eaton, J.W. (1987). Phytic Acid a natural antioxidant. *The Journal of Biological Chemistry*, 262 (24): 11647-11650.
- Graminor. (2016a). *Bjarne*. Tilgjengelig fra: <http://www.graminor.no/sorter/korn/varhvete/bjarne/> [lest 09.04.2017].

Graminor. (2016b). *Brage*. Tilgjengelig fra: <http://www.graminor.no/sorter/korn/seksradsbygg/brage-seksrads/> [lest 09.04.2017].

Graminor (2016c). *Fairytales*. Tilgjengelig fra: <http://www.graminor.no/sorter/korn/toradsbygg/fairytales/> [lest 09.04.2017].

Graminor. (2016d). *Mirakel*. Tilgjengelig fra: <http://www.graminor.no/sorter/korn/varhvete/mirakel/> [lest 10.04.2017].

Hansen, Å. (red). (2014). *Kornprodukter*. Den store Danske, Gyldendal. Tilgjengelig på: <http://denstoredanske.dk/index.php?sideId=110187> [lest 10.04.2017].

Hemery, Y., Rouau, X., Dragan, C., Bilici, M., Belega, R., & Dascalescu, L. (2009). Electrostatic properties of wheat bran and its constitutive layers: Influence of particle size, composition, and moisture content. *Journal of Food Engineering*, 93 (1): 114–124.

Hemery, Y., Rouau, X., Lullien-Pellerin, V., Barron, C., & Abecassis, J. (2007). Dry processes to develop wheat fractions and products with enhanced nutritional quality. *Journal of Cereal Science*, 46 (3): 327–347.

Holopainen-Mantila, U. (2015). *Composition and Structure of Barley (Hordeum vulgare L.) grain in relation to end uses*. VTT Technological Research Centre of Finland Ltd., Espo, Finland.

Holtet, E.K. (2015). *Bygg*. Store norske leksikon. Tilgjengelig på: <https://snl.no/bygg> [lest 16.04.2017].

Izydorczyk, M.S., McMillan, T., Bazin, S., Kletke, J., Dushnicky, L., Dexter, J., Chepurina, A. & Rosnagel, B. (2014). Milling of Canadian oats and barley for functional food ingredients: Oat bran and barley fibre rich fractions. *Canadian Journal of Plant Science*, 94: 573-586.

Kvist, S., Carlsson, T., Lawther, J.M. & Decastro, F.B. (2010). *Process for the fractionation of cereal brans*. Biovelop International B.V., US Patent 7709033 B2.

Larsen, B. (2017). Personlig meddelelse av Børre Larsen, teknisk sjef ved Lantmännen Ceralia, Moss, Norge.

Lopez, H.W., Leenhardt, F., Coudray, C. & Ramsey, C. (2002). Minerals and phytic acid interactions: is it a real problem for human nutrition? *International Journal of Food Science & Technology*, 37 (7): 727-739.

Matz, S.A. (1991a). Barley. I: *Chemistry and technology of cereals as food and feed*, 2. utg., s. 153: Van Nostrand Reinhold, New York, USA.

Matz, S.A. (1991b). Rye. I: *Chemistry and technology of cereals as food and feed*, 2. utg., s.179: Van Nostrand Reinhold, New York, USA.

- McKie, V.A. & McCleary, B.V. (2016). A Novel and Rapid Colorimetric Method for Measuring Total Phosphorus and Phytic Acid in Foods and Animal Feeds. *Journal of AOAC International*, 99 (3): 738-743.
- Megazyme. (2015). *Phytic acid (Phytate)/Total Phosphorus. Measured as Phosphorus released by phytase and alkaline phosphatase. Assay Procedure*. Megazyme International, Wicklow, Ireland.
- Morrison, I. N., Kuo, J. & O'Brien, T. P. (1975). Histochemistry and fine structure of developing wheat aleurone cells. *Planta*, 123 (2): 105–116.
- Nyman, M., Siljestrom, M., Pedersen, B., Knudsen, K.E.B., Asp, N.G., Johansson, C.G. & Eggum, B.O. (1984). Dietary Fiber content and composition in six different cereals at different extraction rates. *Cereal Chemistry*, 61 (1): 14-19.
- Pomeranz, Y. (1988). Chemical composition of kernel structures. I: Pomeranz, Y. (ed.) *Wheat: Chemistry and Technology*, 2.utg., s. 97–100: AACC, Inc., St Paul, Minnesota, USA [Sitert etter Brouns et al. 2012].
- Raboy, V. & Dickinson, D.B. (1984). Effect of phosphorus and zinc nutrition on soybean seed phytic acid and zinc. *Plant Physiology*, 75 :1094-1098.
- Raboy, V. & Dickinson, D.B. (1993). Phytic acid levels in seeds of Glycine max and G. Soja as influenced by phosphorus status. *Crop Science*, 33 (6): 1300-1305.
- Raboy, V., Noaman, M.M., Taylor, G.A. & Pickett, S.G. (1991). Grain phytic acid and protein are highly correlated in winter wheat. *Crop Science*, 31 (3): 631-635.
- Reddy, N.R., Sathe, S.K. & Salunkhe, D.K. (1982). Phytates in Legumes and Cereals. *Advances in Food Research*, 28 :1-92.
- Sahlström, S. (2017). Personlig meddelelse av Stefan Sahlström, seniorforsker ved Nofima, Ås, Norge.
- Skoglund, E., Carlsson, N-G. & Sandberg, A-S. (2009). Phytate. I: Shewry, P.R. & Ward, J.L. (ed.). *Analysis of Bioactive Components in Small Grain Cereals*, s. 129-139: AACC International, Inc., St. Paul, Minnesota, USA.
- Simmonds, D.H. & Campbell, W.P. (1976). Morphology and chemistry of the rye grain. I: Bushuk, Dr. W. (ed). *RYE: Production, Chemistry, and Technology*, s. 63-110: American Assosation of Cereal Chemists, Inc., St. Paul, Minnesota, USA.

- Slavin, J. (2003). Why whole grains are protective: biological mechanisms. *Proceedings of the Nutrition Society*, 62 :129-134.
- Surget, A. & Barron, C. (2005). Histologie du grain de blé. *Industries des céréales*, 145 :3-7.
- Tavarajah, P. & Tavarajah, D. (2014). Inaccuracies in phytic acid measurement: Implications for Mineral Biofortification and Bioavailability. *American Journal of Plant Science*, 5 :29-34.
- Thompson, L.U. & Zhang, L. (1991). Phytic acid and minerals: effect on early markers of risk for mammary and colon carcinogenesis. *Carcinogenesis*, 12 (11): 2041-2045.
- Urbano, G., López-Jurado, M., Aranda, P., Vidal-Valverde, C., Ternorio, E. & Porres, J. (2000). The role of phytic acid in legumes: antinutrient or beneficial function? *Journal of physiology and biochemistry*, 56 (3): 283-294.
- Verwimp, T., Courtin, C.M. & Delcour, J.A. (2006). Rye Constituents and Their Impact on Rye Processing. I: Hui, Y.H. *Food Biochemistry and Food Processing*, s. 567-592: Blackwell Publishing, USA.
- Weipert D. (1993). Verarbeitungswert von deutschen Roggensorten. *Getreide Mehl und Brot*, 47 (2): 6-12 [Siteret etter Verwimp et al. 2006].
- Yara. (u.å.a). *Agronomiske prinsipper i bygg*. Tilgjengelig fra: <http://www.yara.no/gjodsel/vekster/bygg/fakta/agronomiske-prinsipper/> [lest 09.04.2017].
- Yara. (u.å.b). *Hvordan øke kornstørrelse og –vekt i bygg*. Tilgjengelig på: <http://www.yara.no/gjodsel/vekster/bygg/byggavling/oke-kornstorrelse-og-vekt/> [lest 09.04.2017].
- Åman, P. & Newman, C.W. (1986). Chemical composition of some different types of barley grains in Montana, USA. *Journal of Cereal Science*, 4 (2): 133-141.
- Åssveen, M., Tangsveen, J. & Weiseth, L. (2017). Sorter og sortsprøving 2016. I: Strand, E. (red.). *Jord- og plantekultur 2017. Forsøk i korn, olje- og proteinvekster, engfrøavl og potet 2016*. NIBIO BOK, 3 (1): 30-68.

Vedlegg A

Tabeller viser data fra fraksjoneringsgjentak for slipetid, avslipingsgrad og fytinsyrenivåer for kornsortene: Fairytale og Brage (bygg), Krabat og Mirakel (hvete), Danko og Palazzo (rug), samt Vinger og Belinda (havre).

FAIRYTALE		
Slipetid (sek)	Avslipingsgrad (%)	Fytinsyre (g/100g)
A	A	A
15	9,7	0,5
30	12,6	1,61
55	16,8	2,32
90	21,2	2,23
140	32,5	1,69
180	40,5	0,97
B	B	B
15	10,8	0,74
30	15,2	2,41
55	21,8	2,25
90	30,5	1,58
140	40,7	1,08

BRAGE		
Slipetid (sek)	Avslipingsgrad (%)	Fytinsyre (g/100g)
A	A	A
20	9,5	0,81
40	12,9	2,24
90	17,3	3,15
160	22,5	2,69
250	27,9	1,95
340	32,9	1,33
430	37,9	1,15
B	B	B
20	11,8	0,81
40	15,8	2,85
90	23,1	2,43
160	29,6	1,68
250	38,5	1,19
C	C	C
20	10,9	0,8
40	15,4	2,71
90	21,5	2,7
160	28,3	1,96
250	35,5	1,27
340	41,4	0,99

KRABAT		
Slipetid (sek)	Avslipingsgrad (%)	Fytinsyre (g/100g)
A	A	A
20	6,3	1,60
40	11,0	2,91
70	16,9	2,66
100	21,4	2,06
140	26,4	1,48
190	31,5	1,22
250	35,7	0,98
B	B	B
20	6,0	1,68
40	11,0	2,74
70	17,1	2,52
100	21,7	1,86
140	26,9	1,43
190	31,9	1,12
250	36,9	0,89

MIRAKEL		
Slipetid (sek)	Avslipingsgrad (%)	Fytinsyre (g/100g)
A	A	A
20	5,2	1,75
40	9,7	3,12
70	15,5	3,09
100	20,0	2,19
130	24,0	1,71
170	28,2	1,18
220	33,2	1,02
B	B	B
20	5,5	1,76
40	9,9	3,40
70	15,9	2,88
100	20,8	2,13
130	24,9	1,72
170	29,2	1,22
220	33,9	1,05

DANKO		
Slipetid (sek)	Avslipingsgrad (%)	(Fytinsyre (g/100g))
A	A	A
20	6,5	1
50	13,6	2,41
90	25,5	1,47
120	33,2	1,01
B	B	B
20	7,1	1,33
50	16,0	2,37
90	28,4	1,23
120	36,0	0,76
C	C	C
20	7,2	1,22
50	14,8	2,46
90	25,5	1,54
120	32,2	0,96

PALAZZO		
Slipetid (sek)	Avslipingsgrad (%)	(Fytinsyre (g/100g))
A	A	A
20	6,9	1,08
40	11,5	2,50
60	15,4	2,38
90	22,5	1,81
120	28,6	1,15
B	B	B
20	7,0	0,94
40	11,9	2,23
60	17,3	1,86
90	25,6	1,25
120	32,7	0,75
C	C	C
20	7,3	0,99
40	11,9	2,34
60	15,9	2,10
90	22,4	1,69
120	28,4	1,15

VINGER		
Slipetid (sek)	Avslipingsgrad (%)	Fytinsyre (g/100g)
A	A	A
30	4,5	2,72
60	9,5	2,77
90	14,5	2,26
120	18,0	1,71
160	23,0	1,55
200	27,8	1,33
245	31,8	1,1
B	B	B
30	4,2	2,76
60	8,4	2,77
90	13,9	2,26
120	17,9	1,91
160	23,4	1,65
200	27,2	1,35
245	31,5	1,21

BELINDA		
Slipetid (sek)	Avslipingsgrad (%)	Fytinsyre (g/100g)
A	A	A
25	4,3	2,96
50	8,7	2,87
75	12,8	2,37
100	17,9	1,85
125	22,5	1,51
155	26,9	1,27
190	32,2	1,12
B	B	B
25	4,6	3,07
50	9,0	2,88
75	13,1	2,44
100	17,8	1,91
125	22,3	1,59
155	27,2	1,42
190	32,3	1,26

Vedlegg B

Viser utregninger fra enveis ANOVA variasjonsanalyse og Tukeys test gjort i statistisk dataprogramvare (Minitab Express Version 1.5.0). Varianser er stilt opp i følgende rekkefølge:

1. Avslipingsgrad til sluttfr. (%)
2. Beregnet total fr. mengde (g)
3. Veid total fr. mengde (g)
4. Tap (g)
5. Slipetid til toppfr. (sek)
6. Slipetid til sluttfr. (sek)
7. Avslipingsgrad til toppfr. (%)
8. Total fytinsyremengde fra fr. (g)
9. Utbytte av fytinsyre i avslipt fr. (%)

1. One-Way ANOVA: Avslipingsgrad til sluttfr. (%) versus Sort

Method

Null hypothesis H_0 : All means are equal
Alternative hypothesis H_1 : At least one mean is different

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Sort	8	Belinda; Brage; Danko; Fairytale; Krabat; Mirakel; Palazzo; Vinger

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sort	7	241,923	34,5604	13,75	0,0001
Error	11	27,653	2,5139		
Total	18	269,576			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
1,58554	89,74%	83,21%	76,25%

Means

Sort	N	Mean	StDev	95% CI
Belinda	2	32,2500	0,07071	(29,7824; 34,7176)
Brage	3	39,250	1,890	(37,235; 41,265)
Danko	3	33,783	1,942	(31,769; 35,798)
Fairytales	2	40,6000	0,14142	(38,1324; 43,0676)
Krabat	2	36,2500	0,8485	(33,7824; 38,7176)
Mirakel	2	33,5000	0,4950	(31,0324; 35,9676)
Palazzo	3	29,883	2,443	(27,869; 31,898)
Vinger	2	31,6500	0,2121	(29,1824; 34,1176)

Pooled StDev = 1,58554

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Sort	N	Mean	Grouping
Fairytales	2	40,6000	A
Brage	3	39,250	A
Krabat	2	36,2500	A B
Danko	3	33,783	B C
Mirakel	2	33,5000	B C
Belinda	2	32,2500	B C
Vinger	2	31,6500	B C
Palazzo	3	29,883	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Simultaneous Tests for Differences of Means

Difference of Levels	Difference of Means	SE of Difference	95% CI	T-Value	Adjusted P-Value
Brage-Belinda	7,000	1,447	(1,678; 12,322)	4,84	0,0084
Danko-Belinda	1,533	1,447	(-3,789; 6,855)	1,06	0,9532
Fairytales-Belinda	8,350	1,586	(2,520; 14,180)	5,27	0,0044
Krabat-Belinda	4,000	1,586	(-1,830; 9,830)	2,52	0,2779
Mirakel-Belinda	1,250	1,586	(-4,580; 7,080)	0,79	0,9903
Palazzo-Belinda	-2,367	1,447	(-7,689; 2,955)	-1,64	0,7236

Vinger-Belinda	-0,600	1,586	(-6,430; 5,230)	-0,38	0,9999
Danko-Brage	-5,467	1,295	(-10,227; - 0,707)	-4,22	0,0214
Fairytale-Brage	1,350	1,447	(-3,972; 6,672)	0,93	0,9756
Krabat-Brage	-3,000	1,447	(-8,322; 2,322)	-2,07	0,4822
Mirakel-Brage	-5,750	1,447	(-11,072; - 0,428)	-3,97	0,0316
Palazzo-Brage	-9,367	1,295	(-14,127; - 4,607)	-7,24	0,0003
Vinger-Brage	-7,600	1,447	(-12,922; - 2,278)	-5,25	0,0045
Fairytale-Danko	6,817	1,447	(1,495; 12,139)	4,71	0,0101
Krabat-Danko	2,467	1,447	(-2,855; 7,789)	1,70	0,6859
Mirakel-Danko	-0,283	1,447	(-5,605; 5,039)	-0,20	1,0000
Palazzo-Danko	-3,900	1,295	(-8,660; 0,860)	-3,01	0,1387
Vinger-Danko	-2,133	1,447	(-7,455; 3,189)	-1,47	0,8061
Krabat-Fairytale	-4,350	1,586	(-10,180; 1,480)	-2,74	0,2050
Mirakel- Fairytale	-7,100	1,586	(-12,930; - 1,270)	-4,48	0,0144
Palazzo- Fairytale	-10,717	1,447	(-16,039; - 5,395)	-7,40	0,0003
Vinger-Fairytale	-8,950	1,586	(-14,780; - 3,120)	-5,64	0,0026
Mirakel-Krabat	-2,750	1,586	(-8,580; 3,080)	-1,73	0,6691
Palazzo-Krabat	-6,367	1,447	(-11,689; - 1,045)	-4,40	0,0163
Vinger-Krabat	-4,600	1,586	(-10,430; 1,230)	-2,90	0,1634
Palazzo-Mirakel	-3,617	1,447	(-8,939; 1,705)	-2,50	0,2869
Vinger-Mirakel	-1,850	1,586	(-7,680; 3,980)	-1,17	0,9261
Vinger-Palazzo	1,767	1,447	(-3,555; 7,089)	1,22	0,9095

Individual confidence level = 99,64%

2. One-Way ANOVA: Beregnet total fr.mengde (g) versus Sort

Method

Null hypothesis H_0 : All means are equal

Alternative hypothesis H_1 : At least one mean is different

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Sort	8	Belinda; Brage; Danko; Fairytale; Krabat; Mirakel; Palazzo; Vinger

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sort	7	965,29	137,899	13,71	0,0001
Error	11	110,66	10,060		
Total	18	1075,95			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
3,17173	89,72%	83,17%	76,18%

Means

Sort	N	Mean	StDev	95% CI
Belinda	2	64,5000	0,14142	(59,5637; 69,4363)
Brage	3	78,500	3,780	(74,470; 82,530)
Danko	3	67,567	3,884	(63,536; 71,597)
Fairytale	2	81,1500	0,3536	(76,2137; 86,0863)
Krabat	2	72,500	1,697	(67,564; 77,436)
Mirakel	2	67,0000	0,9899	(62,0637; 71,9363)
Palazzo	3	59,767	4,885	(55,736; 63,797)
Vinger	2	63,3000	0,4243	(58,3637; 68,2363)

Pooled StDev = 3,17173

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Sort	N	Mean	Grouping
Fairytale	2	81,1500	A
Brage	3	78,500	A
Krabat	2	72,500	A B
Danko	3	67,567	B C
Mirakel	2	67,0000	B C
Belinda	2	64,5000	B C
Vinger	2	63,3000	B C
Palazzo	3	59,767	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Simultaneous Tests for Differences of Means

Difference of Levels	Difference of Means	SE of Difference	95% CI	T-Value	Adjusted P-Value
Brage-Belinda	14,000	2,895	(3,354; 24,646)	4,84	0,0084
Danko-Belinda	3,067	2,895	(-7,580; 13,713)	1,06	0,9533
Fairytale-Belinda	16,650	3,172	(4,988; 28,312)	5,25	0,0045
Krabat-Belinda	8,000	3,172	(-3,662; 19,662)	2,52	0,2781
Mirakel-Belinda	2,500	3,172	(-9,162; 14,162)	0,79	0,9904
Palazzo-Belinda	-4,733	2,895	(-15,380; 5,913)	-1,63	0,7238
Vinger-Belinda	-1,200	3,172	(-12,862; 10,462)	-0,38	0,9999
Danko-Brage	-10,933	2,590	(-20,456; -1,411)	-4,22	0,0214
Fairytale-Brage	2,650	2,895	(-7,996; 13,296)	0,92	0,9779
Krabat-Brage	-6,000	2,895	(-16,646; 4,646)	-2,07	0,4825
Mirakel-Brage	-11,500	2,895	(-22,146; -0,854)	-3,97	0,0316
Palazzo-Brage	-18,733	2,590	(-28,256; -9,211)	-7,23	0,0003
Vinger-Brage	-15,200	2,895	(-25,846; -4,554)	-5,25	0,0045
Fairytale-Danko	13,583	2,895	(2,937; 24,230)	4,69	0,0104
Krabat-Danko	4,933	2,895	(-5,713; 15,580)	1,70	0,6861

Mirakel-Danko	-0,567	2,895	(-11,213; 10,080)	-0,20	1,0000
Palazzo-Danko	-7,800	2,590	(-17,322; 1,722)	-3,01	0,1388
Vinger-Danko	-4,267	2,895	(-14,913; 6,380)	-1,47	0,8063
Krabat-Fairytale	-8,650	3,172	(-20,312; 3,012)	-2,73	0,2098
Mirakel- Fairytale	-14,150	3,172	(-25,812; - 2,488)	-4,46	0,0148
Palazzo- Fairytale	-21,383	2,895	(-32,030; - 10,737)	-7,39	0,0003
Vinger-Fairytale	-17,850	3,172	(-29,512; - 6,188)	-5,63	0,0026
Mirakel-Krabat	-5,500	3,172	(-17,162; 6,162)	-1,73	0,6693
Palazzo-Krabat	-12,733	2,895	(-23,380; - 2,087)	-4,40	0,0163
Vinger-Krabat	-9,200	3,172	(-20,862; 2,462)	-2,90	0,1635
Palazzo-Mirakel	-7,233	2,895	(-17,880; 3,413)	-2,50	0,2871
Vinger-Mirakel	-3,700	3,172	(-15,362; 7,962)	-1,17	0,9261
Vinger-Palazzo	3,533	2,895	(-7,113; 14,180)	1,22	0,9095

Individual confidence level = 99,64%

3. One-Way ANOVA: Veid total fr.mengde (g) versus Sort

Method

Null hypothesis H_0 : All means are equal

Alternative hypothesis H_1 : At least one mean is different

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Sort	8	Belinda; Brage; Danko; Fairytale; Krabat; Mirakel; Palazzo; Vinger

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sort	7	905,82	129,403	14,08	0,0001
Error	11	101,08	9,189		
Total	18	1006,90			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
3,03135	89,96%	83,57%	75,24%

Means

Sort	N	Mean	StDev	95% CI
Belinda	2	46,3000	0,4243	(41,5822; 51,0178)
Brage	3	63,900	2,905	(60,048; 67,752)
Danko	3	54,800	2,207	(50,948; 58,652)
Fairytale	2	61,950	2,333	(57,232; 66,668)
Krabat	2	54,750	2,333	(50,032; 59,468)
Mirakel	2	50,4500	0,7778	(45,7322; 55,1678)
Palazzo	3	47,100	5,565	(43,248; 50,952)
Vinger	2	43,8500	0,9192	(39,1322; 48,5678)

Pooled StDev = 3,03135

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Sort	N	Mean	Grouping
Brage	3	63,900	A
Fairytale	2	61,950	A
Danko	3	54,800	A B
Krabat	2	54,750	A B C
Mirakel	2	50,4500	B C
Palazzo	3	47,100	B C
Belinda	2	46,3000	B C
Vinger	2	43,8500	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Simultaneous Tests for Differences of Means

Difference of Levels	Difference of Means	SE of Difference	95% CI	T-Value	Adjusted P-Value
Brage-Belinda	17,600	2,767	(7,425; 27,775)	6,36	0,0010
Danko-Belinda	8,500	2,767	(-1,675; 18,675)	3,07	0,1270
Fairytale-Belinda	15,650	3,031	(4,504; 26,796)	5,16	0,0051
Krabat-Belinda	8,450	3,031	(-2,696; 19,596)	2,79	0,1925
Mirakel-Belinda	4,150	3,031	(-6,996; 15,296)	1,37	0,8536
Palazzo-Belinda	0,800	2,767	(-9,375; 10,975)	0,29	1,0000
Vinger-Belinda	-2,450	3,031	(-13,596; 8,696)	-0,81	0,9889
Danko-Brage	-9,100	2,475	(-18,201; 0,001)	-3,68	0,0502
Fairytale-Brage	-1,950	2,767	(-12,125; 8,225)	-0,70	0,9950
Krabat-Brage	-9,150	2,767	(-19,325; 1,025)	-3,31	0,0889
Mirakel-Brage	-13,450	2,767	(-23,625; -3,275)	-4,86	0,0081
Palazzo-Brage	-16,800	2,475	(-25,901; -7,699)	-6,79	0,0006
Vinger-Brage	-20,050	2,767	(-30,225; -9,875)	-7,25	0,0003
Fairytale-Danko	7,150	2,767	(-3,025; 17,325)	2,58	0,2559

Krabat-Danko	-0,050	2,767	(-10,225; 10,125)	-0,02	1,0000
Mirakel-Danko	-4,350	2,767	(-14,525; 5,825)	-1,57	0,7571
Palazzo-Danko	-7,700	2,475	(-16,801; 1,401)	-3,11	0,1197
Vinger-Danko	-10,950	2,767	(-21,125; -0,775)	-3,96	0,0324
Krabat-Fairytale	-7,200	3,031	(-18,346; 3,946)	-2,38	0,3369
Mirakel-Fairytale	-11,500	3,031	(-22,646; -0,354)	-3,79	0,0418
Palazzo-Fairytale	-14,850	2,767	(-25,025; -4,675)	-5,37	0,0038
Vinger-Fairytale	-18,100	3,031	(-29,246; -6,954)	-5,97	0,0016
Mirakel-Krabat	-4,300	3,031	(-15,446; 6,846)	-1,42	0,8319
Palazzo-Krabat	-7,650	2,767	(-17,825; 2,525)	-2,76	0,1990
Vinger-Krabat	-10,900	3,031	(-22,046; 0,246)	-3,60	0,0569
Palazzo-Mirakel	-3,350	2,767	(-13,525; 6,825)	-1,21	0,9127
Vinger-Mirakel	-6,600	3,031	(-17,746; 4,546)	-2,18	0,4286
Vinger-Palazzo	-3,250	2,767	(-13,425; 6,925)	-1,17	0,9238

Individual confidence level = 99,64%

4. One-Way ANOVA: Tap (g) versus Sort

Method

Null hypothesis H_0 : All means are equal
Alternative hypothesis H_1 : At least one mean is different

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Sort	8	Belinda; Brage; Danko; Fairytale; Krabat; Mirakel; Palazzo; Vinger

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sort	7	131,137	18,7338	9,17	0,0008
Error	11	22,468	2,0426		
Total	18	153,605			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
1,42919	85,37%	76,06%	59,96%

Means

Sort	N	Mean	StDev	95% CI
Belinda	2	18,2000	0,2828	(15,9757; 20,4243)
Brage	3	14,6000	1,6093	(12,7839; 16,4161)
Danko	3	12,767	1,762	(10,951; 14,583)
Fairytale	2	19,200	1,980	(16,976; 21,424)
Krabat	2	17,7500	0,6364	(15,5257; 19,9743)
Mirakel	2	16,5500	0,2121	(14,3257; 18,7743)
Palazzo	3	12,6667	1,5535	(10,8505; 14,4828)
Vinger	2	19,4500	1,3435	(17,2257; 21,6743)

Pooled StDev = 1,42919

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Sort	N	Mean	Grouping
Vinger	2	19,4500	A
Fairytale	2	19,200	A B
Belinda	2	18,2000	A B
Krabat	2	17,7500	A B
Mirakel	2	16,5500	A B C
Brage	3	14,6000	B C
Danko	3	12,767	C
Palazzo	3	12,6667	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Simultaneous Tests for Differences of Means

Difference of Levels	Difference of Means	SE of Difference	95% CI	T-Value	Adjusted P-Value
Brage-Belinda	-3,600	1,305	(-8,397; 1,197)	-2,76	0,2004
Danko-Belinda	-5,433	1,305	(-10,231; -0,636)	-4,16	0,0234
Fairytale-Belinda	1,000	1,429	(-4,255; 6,255)	0,70	0,9952
Krabat-Belinda	-0,450	1,429	(-5,705; 4,805)	-0,31	1,0000
Mirakel-Belinda	-1,650	1,429	(-6,905; 3,605)	-1,15	0,9296
Palazzo-Belinda	-5,533	1,305	(-10,331; -0,736)	-4,24	0,0208
Vinger-Belinda	1,250	1,429	(-4,005; 6,505)	0,87	0,9827
Danko-Brage	-1,833	1,167	(-6,124; 2,457)	-1,57	0,7575
Fairytale-Brage	4,600	1,305	(-0,197; 9,397)	3,53	0,0634
Krabat-Brage	3,150	1,305	(-1,647; 7,947)	2,41	0,3204
Mirakel-Brage	1,950	1,305	(-2,847; 6,747)	1,49	0,7961
Palazzo-Brage	-1,933	1,167	(-6,224; 2,357)	-1,66	0,7119
Vinger-Brage	4,850	1,305	(0,053; 9,647)	3,72	0,0471
Fairytale-Danko	6,433	1,305	(1,636; 11,231)	4,93	0,0073
Krabat-Danko	4,983	1,305	(0,186; 9,781)	3,82	0,0401

Mirakel-Danko	3,783	1,305	(-1,014; 8,581)	2,90	0,1637
Palazzo-Danko	-0,100	1,167	(-4,391; 4,191)	-0,09	1,0000
Vinger-Danko	6,683	1,305	(1,886; 11,481)	5,12	0,0055
Krabat-Fairytale	-1,450	1,429	(-6,705; 3,805)	-1,01	0,9623
Mirakel- Fairytale	-2,650	1,429	(-7,905; 2,605)	-1,85	0,6020
Palazzo- Fairytale	-6,533	1,305	(-11,331; - 1,736)	-5,01	0,0065
Vinger-Fairytale	0,250	1,429	(-5,005; 5,505)	0,17	1,0000
Mirakel-Krabat	-1,200	1,429	(-6,455; 4,055)	-0,84	0,9862
Palazzo-Krabat	-5,083	1,305	(-9,881; - 0,286)	-3,90	0,0356
Vinger-Krabat	1,700	1,429	(-3,555; 6,955)	1,19	0,9193
Palazzo-Mirakel	-3,883	1,305	(-8,681; 0,914)	-2,98	0,1463
Vinger-Mirakel	2,900	1,429	(-2,355; 8,155)	2,03	0,5054
Vinger-Palazzo	6,783	1,305	(1,986; 11,581)	5,20	0,0049

Individual confidence level = 99,64%

5. One-Way ANOVA: Slipetid til toppfr. (sek) versus Sort

Method

Null hypothesis H_0 : All means are equal

Alternative hypothesis H_1 : At least one mean is different

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Sort	8	Belinda; Brage; Danko; Fairytale; Krabat; Mirakel; Palazzo; Vinger

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sort	7	1920,83	274,405	1,53	0,2551
Error	11	1979,17	179,924		
Total	18	3900,00			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
13,4136	49,25%	16,96%	0,00%

Means

Sort	N	Mean	StDev	95% CI
Belinda	2	25	0	(4,12402; 45,87598)
Brage	3	56,67	28,87	(39,62; 73,71)
Danko	3	50	0	(32,9548; 67,0452)
Fairytale	2	42,50	17,68	(21,62; 63,38)
Krabat	2	40	0	(19,1240; 60,8760)
Mirakel	2	40	0	(19,1240; 60,8760)
Palazzo	3	40	0	(22,9548; 57,0452)
Vinger	2	60	0	(39,1240; 80,8760)

Pooled StDev = 13,4136

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Sort	N	Mean	Grouping
Vinger	2	60	A
Brage	3	56,67	A
Danko	3	50	A
Fairytale	2	42,50	A
Palazzo	3	40	A
Mirakel	2	40	A
Krabat	2	40	A
Belinda	2	25	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Simultaneous Tests for Differences of Means

Difference of Levels	Difference of Means	SE of Difference	95% CI	T-Value	Adjusted P-Value
Brage-Belinda	31,67	12,24	(-13,36; 76,69)	2,59	0,2551
Danko-Belinda	25,00	12,24	(-20,02; 70,02)	2,04	0,4987
Fairytale-Belinda	17,50	13,41	(-31,82; 66,82)	1,30	0,8796
Krabat-Belinda	15,00	13,41	(-34,32; 64,32)	1,12	0,9393
Mirakel-Belinda	15,00	13,41	(-34,32; 64,32)	1,12	0,9393
Palazzo-Belinda	15,00	12,24	(-30,02; 60,02)	1,23	0,9080
Vinger-Belinda	35,00	13,41	(-14,32; 84,32)	2,61	0,2472
Danko-Brage	-6,67	10,95	(-46,94; 33,60)	-0,61	0,9979
Fairytale-Brage	-14,17	12,24	(-59,19; 30,86)	-1,16	0,9289
Krabat-Brage	-16,67	12,24	(-61,69; 28,36)	-1,36	0,8569
Mirakel-Brage	-16,67	12,24	(-61,69; 28,36)	-1,36	0,8569
Palazzo-Brage	-16,67	10,95	(-56,94; 23,60)	-1,52	0,7827
Vinger-Brage	3,33	12,24	(-41,69; 48,36)	0,27	1,0000
Fairytale-Danko	-7,50	12,24	(-52,52; 37,52)	-0,61	0,9979
Krabat-Danko	-10,00	12,24	(-55,02; 35,02)	-0,82	0,9882

Mirakel-Danko	-10,00	12,24	(-55,02; 35,02)	-0,82	0,9882
Palazzo-Danko	-10,00	10,95	(-50,27; 30,27)	-0,91	0,9782
Vinger-Danko	10,00	12,24	(-35,02; 55,02)	0,82	0,9882
Krabat-Fairytale	-2,50	13,41	(-51,82; 46,82)	-0,19	1,0000
Mirakel-Fairytale	-2,50	13,41	(-51,82; 46,82)	-0,19	1,0000
Palazzo-Fairytale	-2,50	12,24	(-47,52; 42,52)	-0,20	1,0000
Vinger-Fairytale	17,50	13,41	(-31,82; 66,82)	1,30	0,8796
Mirakel-Krabat	0,00	13,41	(-49,32; 49,32)	0,00	1,0000
Palazzo-Krabat	0,00	12,24	(-45,02; 45,02)	0,00	1,0000
Vinger-Krabat	20,00	13,41	(-29,32; 69,32)	1,49	0,7979
Palazzo-Mirakel	0,00	12,24	(-45,02; 45,02)	0,00	1,0000
Vinger-Mirakel	20,00	13,41	(-29,32; 69,32)	1,49	0,7979
Vinger-Palazzo	20,00	12,24	(-25,02; 65,02)	1,63	0,7246

Individual confidence level = 99,64%

6. One-Way ANOVA: Slipetid til sluttfr. (sek) versus Sort

Method

Null hypothesis H_0 : All means are equal

Alternative hypothesis H_1 : At least one mean is different

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Sort	8	Belinda; Brage; Danko; Fairytale; Krabat; Mirakel; Palazzo; Vinger

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sort	7	115466	16495,1	10,31	0,0005
Error	11	17600	1600,0		
Total	18	133066			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
40	86,77%	78,36%	69,19%

Means

Sort	N	Mean	StDev	95% CI
Belinda	2	190	0	(127,747; 252,253)
Brage	3	340,00	90,00	(289,17; 390,83)
Danko	3	110,00	17,32	(59,17; 160,83)
Fairytale	2	160,00	28,28	(97,75; 222,25)
Krabat	2	250	0	(187,747; 312,253)
Mirakel	2	220	0	(157,747; 282,253)
Palazzo	3	120	0	(69,1704; 170,8296)
Vinger	2	245	0	(182,747; 307,253)

Pooled StDev = 40

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Sort	N	Mean	Grouping
Brage	3	340,00	A
Krabat	2	250	A B
Vinger	2	245	A B
Mirakel	2	220	A B C
Belinda	2	190	B C
Fairytale	2	160,00	B C
Palazzo	3	120	B C
Danko	3	110,00	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Simultaneous Tests for Differences of Means

Difference of Levels	Difference of Means	SE of Difference	95% CI	T-Value	Adjusted P-Value
Brage-Belinda	150,00	36,51	(15,74; 284,26)	4,11	0,0256
Danko-Belinda	-80,00	36,51	(-214,26; 54,26)	-2,19	0,4219
Fairytale-Belinda	-30,00	40,00	(-177,08; 117,08)	-0,75	0,9928
Krabat-Belinda	60,00	40,00	(-87,08; 207,08)	1,50	0,7935
Mirakel-Belinda	30,00	40,00	(-117,08; 177,08)	0,75	0,9928
Palazzo-Belinda	-70,00	36,51	(-204,26; 64,26)	-1,92	0,5669
Vinger-Belinda	55,00	40,00	(-92,08; 202,08)	1,38	0,8510
Danko-Brage	-230,00	32,66	(-350,09; -109,91)	-7,04	0,0004
Fairytale-Brage	-180,00	36,51	(-314,26; -45,74)	-4,93	0,0073
Krabat-Brage	-90,00	36,51	(-224,26; 44,26)	-2,46	0,3001
Mirakel-Brage	-120,00	36,51	(-254,26; 14,26)	-3,29	0,0917
Palazzo-Brage	-220,00	32,66	(-340,09; -99,91)	-6,74	0,0006
Vinger-Brage	-95,00	36,51	(-229,26; 39,26)	-2,60	0,2498
Fairytale-Danko	50,00	36,51	(-84,26; 184,26)	1,37	0,8535
Krabat-Danko	140,00	36,51	(5,74; 274,26)	3,83	0,0392

Mirakel-Danko	110,00	36,51	(-24,26; 244,26)	3,01	0,1387
Palazzo-Danko	10,00	32,66	(-110,09; 130,09)	0,31	1,0000
Vinger-Danko	135,00	36,51	(0,74; 269,26)	3,70	0,0486
Krabat-Fairytale	90,00	40,00	(-57,08; 237,08)	2,25	0,3933
Mirakel- Fairytale	60,00	40,00	(-87,08; 207,08)	1,50	0,7935
Palazzo- Fairytale	-40,00	36,51	(-174,26; 94,26)	-1,10	0,9450
Vinger-Fairytale	85,00	40,00	(-62,08; 232,08)	2,13	0,4550
Mirakel-Krabat	-30,00	40,00	(-177,08; 117,08)	-0,75	0,9928
Palazzo-Krabat	-130,00	36,51	(-264,26; 4,26)	-3,56	0,0601
Vinger-Krabat	-5,00	40,00	(-152,08; 142,08)	-0,13	1,0000
Palazzo-Mirakel	-100,00	36,51	(-234,26; 34,26)	-2,74	0,2064
Vinger-Mirakel	25,00	40,00	(-122,08; 172,08)	0,63	0,9976
Vinger-Palazzo	125,00	36,51	(-9,26; 259,26)	3,42	0,0743

Individual confidence level = 99,64%

7. One-Way ANOVA: Avslipingsgrad til toppfr. (%) versus Sort

Method

Null hypothesis H_0 : All means are equal

Alternative hypothesis H_1 : At least one mean is different

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Sort	8	Belinda; Brage; Danko; Fairytale; Krabat; Mirakel; Palazzo; Vinger

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sort	7	252,056	36,0081	58,20	<0,0001
Error	11	6,806	0,6187		
Total	18	258,862			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,786575	97,37%	95,70%	92,78%

Means

Sort	N	Mean	StDev	95% CI
Belinda	2	4,4500	0,2121	(3,2258; 5,6742)
Brage	3	16,1667	1,0017	(15,1671; 17,1662)
Danko	3	14,7667	1,1751	(13,7671; 15,7662)
Fairytale	2	16,0100	1,1172	(14,7858; 17,2342)
Krabat	2	10,9750	0,03536	(9,75083; 12,19917)
Mirakel	2	9,7750	0,1768	(8,5508; 10,9992)
Palazzo	3	11,7167	0,2309	(10,7171; 12,7162)
Vinger	2	8,9500	0,7778	(7,7258; 10,1742)

Pooled StDev = 0,786575

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Sort	N	Mean	Grouping
Brage	3	16,1667	A
Fairytale	2	16,0100	A
Danko	3	14,7667	A
Palazzo	3	11,7167	B
Krabat	2	10,9750	B C
Mirakel	2	9,7750	B C
Vinger	2	8,9500	C
Belinda	2	4,4500	D

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Simultaneous Tests for Differences of Means

Difference of Levels	Difference of Means	SE of Difference	95% CI	T-Value	Adjusted P-Value
Brage-Belinda	11,7167	0,7180	(9,0765; 14,3569)	16,32	<0,0001
Danko-Belinda	10,3167	0,7180	(7,6765; 12,9569)	14,37	<0,0001
Fairytale-Belinda	11,5600	0,7866	(8,6678; 14,4522)	14,70	<0,0001
Krabat-Belinda	6,5250	0,7866	(3,6328; 9,4172)	8,30	0,0001
Mirakel-Belinda	5,3250	0,7866	(2,4328; 8,2172)	6,77	0,0006
Palazzo-Belinda	7,2667	0,7180	(4,6265; 9,9069)	10,12	<0,0001
Vinger-Belinda	4,5000	0,7866	(1,6078; 7,3922)	5,72	0,0023
Danko-Brage	-1,4000	0,6422	(-3,7615; 0,9615)	-2,18	0,4273
Fairytale-Brage	-0,1567	0,7180	(-2,7969; 2,4835)	-0,22	1,0000
Krabat-Brage	-5,1917	0,7180	(-7,8319; -2,5515)	-7,23	0,0003
Mirakel-Brage	-6,3917	0,7180	(-9,0319; -3,7515)	-8,90	<0,0001
Palazzo-Brage	-4,4500	0,6422	(-6,8115; -2,0885)	-6,93	0,0005
Vinger-Brage	-7,2167	0,7180	(-9,8569; -4,5765)	-10,05	<0,0001
Fairytale-Danko	1,2433	0,7180	(-1,3969; 3,8835)	1,73	0,6707
Krabat-Danko	-3,7917	0,7180	(-6,4319; -1,1515)	-5,28	0,0043

Mirakel-Danko	-4,9917	0,7180	(-7,6319; -2,3515)	-6,95	0,0004
Palazzo-Danko	-3,0500	0,6422	(-5,4115; -0,6885)	-4,75	0,0095
Vinger-Danko	-5,8167	0,7180	(-8,4569; -3,1765)	-8,10	0,0001
Krabat-Fairytale	-5,0350	0,7866	(-7,9272; -2,1428)	-6,40	0,0009
Mirakel-Fairytale	-6,2350	0,7866	(-9,1272; -3,3428)	-7,93	0,0001
Palazzo-Fairytale	-4,2933	0,7180	(-6,9335; -1,6531)	-5,98	0,0016
Vinger-Fairytale	-7,0600	0,7866	(-9,9522; -4,1678)	-8,98	<0,0001
Mirakel-Krabat	-1,2000	0,7866	(-4,0922; 1,6922)	-1,53	0,7808
Palazzo-Krabat	0,7417	0,7180	(-1,8985; 3,3819)	1,03	0,9588
Vinger-Krabat	-2,0250	0,7866	(-4,9172; 0,8672)	-2,57	0,2592
Palazzo-Mirakel	1,9417	0,7180	(-0,6985; 4,5819)	2,70	0,2167
Vinger-Mirakel	-0,8250	0,7866	(-3,7172; 2,0672)	-1,05	0,9555
Vinger-Palazzo	-2,7667	0,7180	(-5,4069; 0,1265)	-3,85	0,0381

Individual confidence level = 99,64%

8. One-Way ANOVA: Total fytinsyremengde fra fraksjoner (mg) versus Sort

Method

Null hypothesis H_0 : All means are equal

Alternative hypothesis H_1 : At least one mean is different

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Sort	8	Belinda; Brage; Danko; Fairytale; Krabat; Mirakel; Palazzo; Vinger

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sort	7	498178	71168,3	42,31	<0,0001
Error	11	18503	1682,1		
Total	18	516681			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
41,0133	96,42%	94,14%	90,36%

Means

Sort	N	Mean	StDev	95% CI
Belinda	2	1290,74	49,19	(1226,90; 1354,57)
Brage	3	1277,51	62,22	(1225,39; 1329,62)
Danko	3	1005,01	25,27	(952,89; 1057,12)
Fairytale	2	1141,45	32,82	(1077,62; 1205,28)
Krabat	2	1314,69	16,72	(1250,85; 1378,52)
Mirakel	2	1373,57	26,04	(1309,73; 1437,40)
Palazzo	3	901,84	49,12	(849,73; 953,96)
Vinger	2	1243,21	14,26	(1179,37; 1307,04)

Pooled StDev = 41,0133

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Sort	N	Mean	Grouping
Mirakel	2	1373,57	A
Krabat	2	1314,69	A
Belinda	2	1290,74	A B
Brage	3	1277,51	A B
Vinger	2	1243,21	A B
Fairytale	2	1141,45	B C
Danko	3	1005,01	C D
Palazzo	3	901,84	D

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Simultaneous Tests for Differences of Means

Difference of Levels	Difference of Means	SE of Difference	95% CI	T-Value	Adjusted P-Value
Brage-Belinda	-13,23	37,44	(-150,89; 124,43)	-0,35	0,9999
Danko-Belinda	-285,73	37,44	(-423,39; -148,06)	-7,63	0,0002
Fairytale-Belinda	-149,29	41,01	(-300,09; 1,52)	-3,64	0,0531
Krabat-Belinda	23,95	41,01	(-126,85; 174,75)	0,58	0,9984
Mirakel-Belinda	82,83	41,01	(-67,97; 233,63)	2,02	0,5106
Palazzo-Belinda	-388,89	37,44	(-526,56; -251,23)	-10,39	<0,0001
Vinger-Belinda	-47,53	41,01	(-198,33; 103,27)	-1,16	0,9283
Danko-Brage	-272,50	33,49	(-395,63; -149,37)	-8,14	0,0001
Fairytale-Brage	-136,06	37,44	(-273,72; 1,61)	-3,63	0,0536
Krabat-Brage	37,18	37,44	(-100,48; 174,84)	0,99	0,9662
Mirakel-Brage	96,06	37,44	(-41,60; 233,72)	2,57	0,2623
Palazzo-Brage	-375,66	33,49	(-498,79; -252,53)	-11,22	<0,0001
Vinger-Brage	-34,30	37,44	(-171,96; 103,36)	-0,92	0,9778
Fairytale-Danko	136,44	37,44	(-1,22; 274,11)	3,64	0,0527
Krabat-Danko	309,68	37,44	(172,01; 447,34)	8,27	0,0001

Mirakel-Danko	368,56	37,44	(230,89; 506,22)	9,84	<0,0001
Palazzo-Danko	-103,16	33,49	(-226,29; 19,97)	-3,08	0,1253
Vinger-Danko	238,20	37,44	(100,53; 375,86)	6,36	0,0010
Krabat-Fairytale	173,24	41,01	(22,43; 324,04)	4,22	0,0214
Mirakel-Fairytale	232,12	41,01	(81,31; 382,92)	5,66	0,0025
Palazzo-Fairytale	-239,61	37,44	(-377,27; -101,94)	-6,40	0,0009
Vinger-Fairytale	101,76	41,01	(-49,05; 252,56)	2,48	0,2937
Mirakel-Krabat	58,88	41,01	(-91,92; 209,68)	1,44	0,8241
Palazzo-Krabat	-412,84	37,44	(-550,51; -275,18)	-11,03	<0,0001
Vinger-Krabat	-71,48	41,01	(-222,28; 79,32)	-1,74	0,6644
Palazzo-Mirakel	-471,72	37,44	(-609,39; -334,06)	-12,60	<0,0001
Vinger-Mirakel	-130,36	41,01	(-281,16; 20,44)	-3,18	0,1081
Vinger-Palazzo	341,36	37,44	(203,70; 479,03)	9,12	<0,0001

Individual confidence level = 99,64%

9. One-Way ANOVA: Utbytte av fytinsyre i avslipt fr. versus Sort

Method

Null hypothesis H_0 : All means are equal
 Alternative hypothesis H_1 : At least one mean is different

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Sort	8	Belinda; Brage; Danko; Fairytale; Krabat; Mirakel; Palazzo; Vinger

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sort	7	1318,56	188,366	29,69	<0,0001
Error	11	69,79	6,344		
Total	18	1388,35			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
2,51879	94,97%	91,77%	86,60%

Means

Sort	N	Mean	StDev	95% CI
Belinda	2	73,756	2,811	(69,836; 77,676)
Brage	3	77,425	3,771	(74,224; 80,625)
Danko	3	64,0132	1,6093	(60,8124; 67,2139)
Fairytale	2	79,822	2,295	(75,902; 83,742)
Krabat	2	83,2079	1,0584	(79,2878; 87,1280)
Mirakel	2	68,6783	1,3021	(64,7582; 72,5983)
Palazzo	3	57,442	3,128	(54,242; 60,643)
Vinger	2	67,9347	0,7794	(64,0146; 71,8548)

Pooled StDev = 2,51879

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Sort	N	Mean	Grouping
Krabat	2	83,2079	A
Fairytale	2	79,822	A B
Brage	3	77,425	A B
Belinda	2	73,756	B C
Mirakel	2	68,6783	C D
Vinger	2	67,9347	C D
Danko	3	64,0132	D E
Palazzo	3	57,442	E

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey Simultaneous Tests for Differences of Means

Difference of Levels	Difference of Means	SE of Difference	95% CI	T-Value	Adjusted P-Value
Brage-Belinda	3,668	2,299	(-4,786; 12,123)	1,60	0,7448
Danko-Belinda	-9,743	2,299	(-18,198; -1,289)	-4,24	0,0209
Fairytale-Belinda	6,065	2,519	(-3,196; 15,327)	2,41	0,3230
Krabat-Belinda	9,452	2,519	(0,190; 18,713)	3,75	0,0446
Mirakel-Belinda	-5,078	2,519	(-14,340; 4,183)	-2,02	0,5125
Palazzo-Belinda	-16,314	2,299	(-24,769; -7,859)	-7,10	0,0004
Vinger-Belinda	-5,822	2,519	(-15,083; 3,440)	-2,31	0,3650
Danko-Brage	-13,411	2,057	(-20,973; -5,849)	-6,52	0,0008
Fairytale-Brage	2,397	2,299	(-6,057; 10,852)	1,04	0,9568
Krabat-Brage	5,783	2,299	(-2,671; 14,238)	2,52	0,2807
Mirakel-Brage	-8,746	2,299	(-17,201; -0,292)	-3,80	0,0411
Palazzo-Brage	-19,982	2,057	(-27,544; -12,420)	-9,72	<0,0001
Vinger-Brage	-9,490	2,299	(-17,944; -1,035)	-4,13	0,0248
Fairytale-Danko	15,809	2,299	(7,354; 24,263)	6,88	0,0005
Krabat-Danko	19,195	2,299	(10,740; 27,649)	8,35	<0,0001

Mirakel-Danko	4,665	2,299	(-3,789; 13,120)	2,03	0,5056
Palazzo-Danko	-6,571	2,057	(-14,133; 0,991)	-3,20	0,1054
Vinger-Danko	3,922	2,299	(-4,533; 12,376)	1,71	0,6852
Krabat-Fairytale	3,386	2,519	(-5,875; 12,648)	1,34	0,8638
Mirakel-Fairytale	-11,143	2,519	(-20,405; -1,882)	-4,42	0,0157
Palazzo-Fairytale	-22,379	2,299	(-30,834; -13,925)	-9,73	<0,0001
Vinger-Fairytale	-11,887	2,519	(-21,148; -2,625)	-4,72	0,0100
Mirakel-Krabat	-14,530	2,519	(-23,791; -5,268)	-5,77	0,0021
Palazzo-Krabat	-25,766	2,299	(-34,220; -17,311)	-11,21	<0,0001
Vinger-Krabat	-15,273	2,519	(-24,535; -6,012)	-6,06	0,0014
Palazzo-Mirakel	-11,236	2,299	(-19,691; -2,781)	-4,89	0,0078
Vinger-Mirakel	-0,744	2,519	(-10,005; 8,518)	-0,30	1,0000
Vinger-Palazzo	10,492	2,299	(2,038; 18,947)	4,56	0,0127

Individual confidence level = 99,64%



Norges miljø- og biovitenskapelig universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway