

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP



FORORD

Denne masteroppgaven ble utarbeidet ved NOFIMA, våren 2010 og er en liten del av det store prosjektet med tittelen " Polysakkarider i bygg og havre - tilpassing av produksjonen til mat og til fôr". Dette fireårige prosjektet har blitt ledet av Bioforsk Øst Apelsvoll i nært samarbeid med Institutt for plante- og miljøvitenskap og Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap, UMB, og Nofima Mat. Målet med det store prosjektet er å skaffe mer kunnskap om kvalitet til bygg og havre. Spesielt er det kvaliteten av fiber og stivelse i bygg og havre dyrket i forskjellig klima som er fokus på. Variasjon i kornkvalitet har betydning både for teknologiske og helse relaterte egenskaper. Det hele blir gjort med tanke på å øke bruken av disse kornslagene i det norske kostholdet.

Masteroppgaven er avslutning på 2 års studier innen Matvitenskap ved Universitetet for Miljø og Biovitenskap. Emnet for oppgaven ble valgt ut etter forslag fra førsteamanuensis Trude Wicklund ved Universitetet for Miljø og Biovitenskap og av egen interesse.

Jeg vil takke alle som har vært med å sette sitt preg på denne oppgaven. Oppgaven ble veiledet av forsker Ann Katrin Holtekjølen og senior forsker Stefan Sahlstrøm fra Nofima Mat. Førsteamanuensis Trude Wicklund var fungerende hovedveileder fra Universitet for Miljø- og Biovitenskap. Avdelingsingeniør Lene Ruud Lima hjalp meg med å forstå bakgrunnen for analysemetodene og støttet opp arbeidet som ble utført i laboratoriet.

Jeg vil rette en spesiell takk til professor Anne Kjersti Uhlen og Ph.D. student Anastasia Hole som hjalp til med å svare på mine spørsmål.

Jeg vil takke leder for sensorisk laboratorium Josefine Skaret og panelleder Jannike Olavesen samt det sensoriske panelet for samarbeid for de sensoriske analysene.

En stor takk rettes også til min familie som har støttet meg under skrivinga av oppgaven og i studietiden.

ÅS, UMB 1 juni, 2010

Ludmila Naustvik.

SAMMENDRAG

I denne masteroppgaven ble det undersøkt hvordan forskjellig konsentrasjon av totale fenoler i ulike havresorter vil påvirke smaken i havregrøt.

Gjennom oppgaven ble det undersøkt følgende faktorer som berører hovedformål: Sortsvariasjon med hensyn til fordeling og innhold av fenoliske komponenter samt deres antioksidant kapasitet og mulig innvirkning av dyrkningssted; mulige sammenhenger mellom veksttemperatur og innhold av fenoler og deres antioksidant kapasitet i forskjellige havresorter; hvordan vil fenolkonsentrasjon i havremel og deres antioksidant kapasitet blir påvirket av varmebehandling med damp; om det skjer noen forandring i fenolkonsentrasjon og antioksidant kapasitet etter prosessering av havremel til havregrøt.

For å undersøke sortvariasjon ble ni forskjellige sorter analysert for fordeling løselige og bundne samt total innhold av fenoliske komponenter og deres antioksidant kapasitet. Mulig innvirkning av dyrkningsforhold ble også undersøkt ved å analysere prøvene fra to forskjellige steder (felt). Resultater viser kun interaksjon mellom kornsort og antioksidant kapasitet i ekstrakter av bundne fenoler samt at dyrkningssted har effekt på innhold av løselige fenoler samt deres antioksidant kapasitet og antioksidant kapasitet for totale fenoler

For å se om de små forskjellene mellom felt og da dyrkningssted kunne skyldes forskjell i veksttemperatur ble det gjennomført veksthusforsøk. To havresorter, dyrket i veksthus under forskjellige veksttemperaturer ble analysert. Resultatene viser at effekt av veksttemperatur er avhengig av sort og at kun innhold av løselige fenoler samt antioksidant kapasitet for de totale fenolene ble påvirket.

I prosesseringsforsøkene ble det undersøkt om varmebehandling med damp og om prosessering av havremel til havregrøt ville påvirke mengden og fordelingen av fenoler og deres antioksidant kapasitet. Tre havresorter ble undersøkt i varmebehandling med damp mens syv forskjellige havremelsprøver ble undersøkt ved grøtforsøket. Resultater viser ingen effekt av damp men stor effekt av koking (grøt). Koking ga mindre både fenolkonsentrasjon og deres antioksidant kapasitet. I tillegg ble det observert i grøtforsøket at lagring av havremel kan ha forskjellig innvirkning på både fenolisk innhold og deres antioksidant kapasitet avhengig av sort.

I det sensoriske forsøket ble det undersøkt om havresorter med varierende innhold av fenoliske forbindelser (løselige, bundne og summen av dem) kunne føre til forskjeller i smak av havregrøt lagd av tilsvarende havremel. Samtidig ble det undersøkt effekt av sted for sensoriske egenskaper i grøten. Syv prøver av havregrøt lagd av forskjellige havremelssorter ble undersøkt. Resultater viser at mengden av fenoler i prosesserte produkter var så liten at den ikke påvirket smaken i det endelige produktet samt at innhold av løselige fenoler kunne korreleres til søt smak. I tillegg påvirket innhold av løselige fenoler tekstur i grøten, som ble mindre klebrig eller klissete.

ABSTRACT

In this study it was investigated the effect of concentration of total phenolic compounds in different oat varieties on the taste of oatmeal porridge.

The main objectives of the study included: the influence of oat variety, crops location and growth temperature on the content of phenolic components and their antioxidant capacity in oat; effect of heat treatment with steam on the content of phenolic compounds and their antioxidant capacity in oatmeal; difference in concentration of phenols and their antioxidant capacity in oatmeal and porridge.

To investigate the effect of oat variety, nine different samples have been analyzed for soluble, bound and total content of phenolic compounds and their antioxidant capacity. Possible effects of cultivar conditions were also investigated by analysis of samples from two different places (fields). It was shown that antioxidant capacity of bound phenolic compounds from oat grains was only affected by oat cultivar, while the antioxidant capacity of free and total phenolics and their content in oat grains were mostly affected by cultivar location.

In order to study if the effect of cultivar location is connected to differences in growth temperatures, the greenhouse experiment was performed. Ten cultivar varieties grown in greenhouses under various temperatures were analyzed. It was shown that the content of free phenolics and antioxidant capacity of total phenolics were affected by growth temperature. Moreover, this effect was strongly dependent on cultivar variety.

Next experiment has investigated the effect of heat treatment with steam and the processing of the oatmeal on the amount and distribution of phenolics and their antioxidant capacity. Three oat cultivars have been used in the experiment with heat treatment with steam, while seven oat cultivars were used in the porridge experiment. It was shown a significant effect of cooking, both on the content and on antioxidant capacity of oat phenolic compounds. Cooking reduced the amount of phenols and their antioxidant capacity. Furthermore, storage of oatmeal has been shown to affect the phenolic content and their antioxidant capacity. However, no effect of the heat treatment with steam on the content and distribution of phenolics were observed.

During the sensory evaluation it was investigated whether the oat cultivars with varying levels of phenolic compounds (free, bound and the sum of them) could lead to differences in the taste of porridge made of corresponding oatmeal. At the same time, it was investigated the effect of location on the sensory properties of porridge. Seven samples of porridge made from different cultivars were investigated. It was shown that small amount of phenols did not play important role on the taste of the final products, but the content of free phenols could contribute to the sweet taste. Moreover, the content of free phenolics affected the texture of porridge leading to less sticky porridge (stickiness).

INNHOLD

FORORD.....	1
SAMMENDRAG	2
ABSTRACT	3
1. INNLEDNING	6
2. TEORI	8
2.1. Havre	8
2.2. Strukturen og oppbygging av havre.....	8
2.4. Mikrobiologisk kvalitet	18
2.5. Bruk av havre.....	19
2.6. Smak og kjemiske smakskomponenter.....	25
2.7. Sensorisk analyse.....	27
2.8. Statistisk analyseverktøy	30
3. MATERIALER OG METODER	32
3.1. Havre prøver	32
3.2. Analysemetoder	33
3.3. Prosessering	35
3.4. Metode for sensorisk bedømmelse	36
3.5. Statistiske metoder.....	38
4. RESULTATER	39
4.2. Sorts- og feltforsøk	42
4.3. Veksthusforsøk med havresorter	49
4.4. Effekt av prosessering.	56
4.5. Sensoriske analyser.....	70
5. DISKUSJON	73
6. KONKLUSJON	76

7. LITTERATURLISTE	77
8. APPENDIKS	80

1. INNLEDNING

I løpet av siste tretti år har det vært stor interesse rundt havre både blant forskere og vanlige mennesker. Den interessen er koblet til ernæringsmessige egenskaper og helseeffekter som vises ved både inntak av havreprodukter og bruk av pleieprodukter som inneholder havre. Ernæringsmessig har havre høyt fettinnhold, god proteinsammensetning og et verdifullt innhold av kostfiber (beta-glukaner). Moderne ernæringsvitenskap og økt forbruk for funksjonell mat har stimulert utvikling av nye produkter og havre fraksjonering. Havre har påvist mange helsemessige fordeler som kan korreleres med β -glukan og antioksidanter (Marquart et al. 2007). Sistnevnte inkluderer en unik gruppe av fenolkomponenter som avenanthramider og vitamin E (tokoferoler).

Havre er en kilde til mange kjemiske komponenter som spiller en viktig rolle både for menneskets helse, smaksegenskaper og holdbarhet i matprodukter. Forskning på havre har vist til fordelaktige ernæringsmessige egenskaper i havreprodukter som kunne ha vært mer utnyttet i det daglige livet. Til tross for alle gunstige egenskaper spises havre lite av mennesker som gjennomsnittelig tilsvarer 2 kg havre pr år pr kapita. Til sammenligning spises det gjennomsnittelig 60 kg hvete pr år pr kapita (Wicklund 2011). Smaken er en av faktorene som kan påvirke human valg av matprodukter. I følge hypotesen kan noen kjemiske komponenter i havre variere avhengig av sort og klima havrekorn blir dyrket i og påvirke sensoriske egenskaper i deres matprodukter.

Fenoliske komponenter i havre er kjent for sine antioksidative, betennelsesdempende, antimutageniske og antikarsinogeniske egenskaper samt deres evne til å modulere noen sentrale enzymatiske funksjoner i cellene (Ho et al. 1992). I følge hypotesen kan innholdet av fenoler påvirkes av noen faktorer knyttet til genotype og dyrkningslokasjon (klima, temperatur, nedbør, jordtype, luftfuktighet og så videre). Noen sorter har mulig høyere innhold av fenoler genetisk sett enn andre.

Variasjon i fenolinnholdet for havresorter har ikke blitt målt i norskdyrket havre tidligere. Det er heller ikke kjent fra før om det er forskjell i total fenoler innhold mellom norske havrekorn og havrekorn fra andre land. Den andre hypotesen knyttet til denne oppgaven dreier seg om hvordan variasjon i total fenoler innhold vil påvirke smaken i havreprodukter. I Norge ble det gjort en liknende undersøkelse for bygg (Holtekjolen et al. 2008).

Denne masteroppgaven har som formål å undersøke innhold av total fenoler i forskjellige havresorter og deres sammenheng med smaken i havreprodukter. Mulig korrelasjon mellom fenoler i havre og smak i havreprodukter kan gi både negativ og positiv respons blant konsumenter som ikke bare er interessert i helsefordeler, men vil også nyte spiseopplevelse. Bekreftelse av den hypotese kan skape følger for bønder og matprodusenter som blir mer konsekvente på valg av havresort.

Gjennom oppgaven ble det undersøkt følgende faktorer som berører hovedformål: sortsvariasjon med hensyn til fordeling og innhold av fenoliske komponenter samt deres antioksidant kapasitet og mulig innvirkning av dyrkningssted; mulige sammenhenger mellom veksttemperatur og innhold av fenoler og deres antioksidant kapasitet i forskjellige havresorter; hvordan vil fenolkonsentrasjon i havremel og deres antioksidant kapasitet blir påvirket av varmebehandling med damp; om det skjer noen forandring i fenolkonsentrasjon og antioksidant kapasitet etter prosessering av havremel til havregrøt.

2. TEORI

2.1. Havre

Havre er en kornplante som opptrådte først som ugras i bygg og hvete. De eldste funnene av havre er gjort i Mellom-Europa (Sveits) og Egypt som var tidfestet til omtrent 2000 f. Kr (Webster 1986). Havre ble benyttet både som mat og fôrplante, og for 2500 år siden ble havre dyrket både av germanere, keltere og slaviske folk. Det eldste funn av havre i Norge er tidfestet til 400-500 f. Kr. og er fra Rygge i Østfold (Skard & Grønvold 2007).

Det finnes forskjellige havrearter i verden, men *Avena sativa* er mest brukte og har det største dyrkingsområdet som er omtrent 90 % av havrearealet i verden. Det er en heksaploid (42 kromosomer) og er kjent som hvit eller gul havre.

Havre dyrkes nesten over hele verden i tempererte soner. Den er bedre tilpasset variable jordtyper enn mange andre avlinger og kan gi bedre resultater i syrt jordsmonn. Mest havre dyrkes i Russland mens Canada er fortsatt den største og globale kommersielle produsent og eksportør av havre (Webster & Wood 2011).

Havre krever ikke sommervarme, har mer toleranse mot regn og uvær enn andre kornslag, samt at den angripes lite av vekstfølgesykdommer. Det er et årlig plante og kan sås enten på høsten eller om våren. I Norge sås havre kun på våren (Strand 1984).

2.2. Strukturen og oppbygging av havre

Botanisk sett er kornet en nøttefrukt der fruktskallet er sammenvokst med frøskallet, og dermed med selve frøet. Havre har enda et skall, inneragnene som omgir kornet som et løst hylster. Det finnes også former av havre, for eksempel, naken havre hvor inneragnene sitter løse eller er så tynne at de faller av ved tresking.

Kornet til havre består av kim, endosperm og skall, se Figur 1. Kimen er den viktigste delen av kornet fordi den skal føre arten videre. Endosperm er oppslagsnæring som kimen trenger ved spiring. Skall som består av frøskall og fruktskall, er organ som beskytter kornet mot ugunstige ytre forhold.

Fruktskall er viktig på grunn av transport av næringsstoffer ved modning av havrekjernet. Det er bygd opp av flere ulike cellelag. Disse består av lange celler som ligger i ulike retninger i de forskjellige lag. Kornskallet blir derfor seigt, og det er viktig for å unngå skader under tresking. Det nest innerste av disse lag har klorofyllceller som deltar i assimilasjonen så lenge kornet er grønt.

Innafor fruktskallet ligger frøskallet. Det består også av flere lag av celler i kryssende retninger. Hos et modent korn er cellene i kornskallet flatpresset og er uten innhold. Det er fruktskallet og frøskallet som utgjør mesteparten av kliet når korn males til mel. Når kornet er ferdig modent er skallet tørt, sprøtt, ferdig med metabolsk aktivitet, og er nær 25 % av den

totale tørrvekten av kornet. Noen havresorter kan gi opp til 36 % skall (Webster & Wood 2011)

Kjemiske bestanddeler i skallet er cellulose og hemicellulose og mindre mengder av lignin eller relaterte fenoliske komponenter (Welch 1995). Ved måling av fenolisk innhold og antioksidant aktivitet i flere havresorter i gryn og skall, ble det vist at det totale fenoliske innholdet var generelt høyere i skall, mens antioksidantaktiviteten var høyere i gryn (Emmons & Peterson 2001).

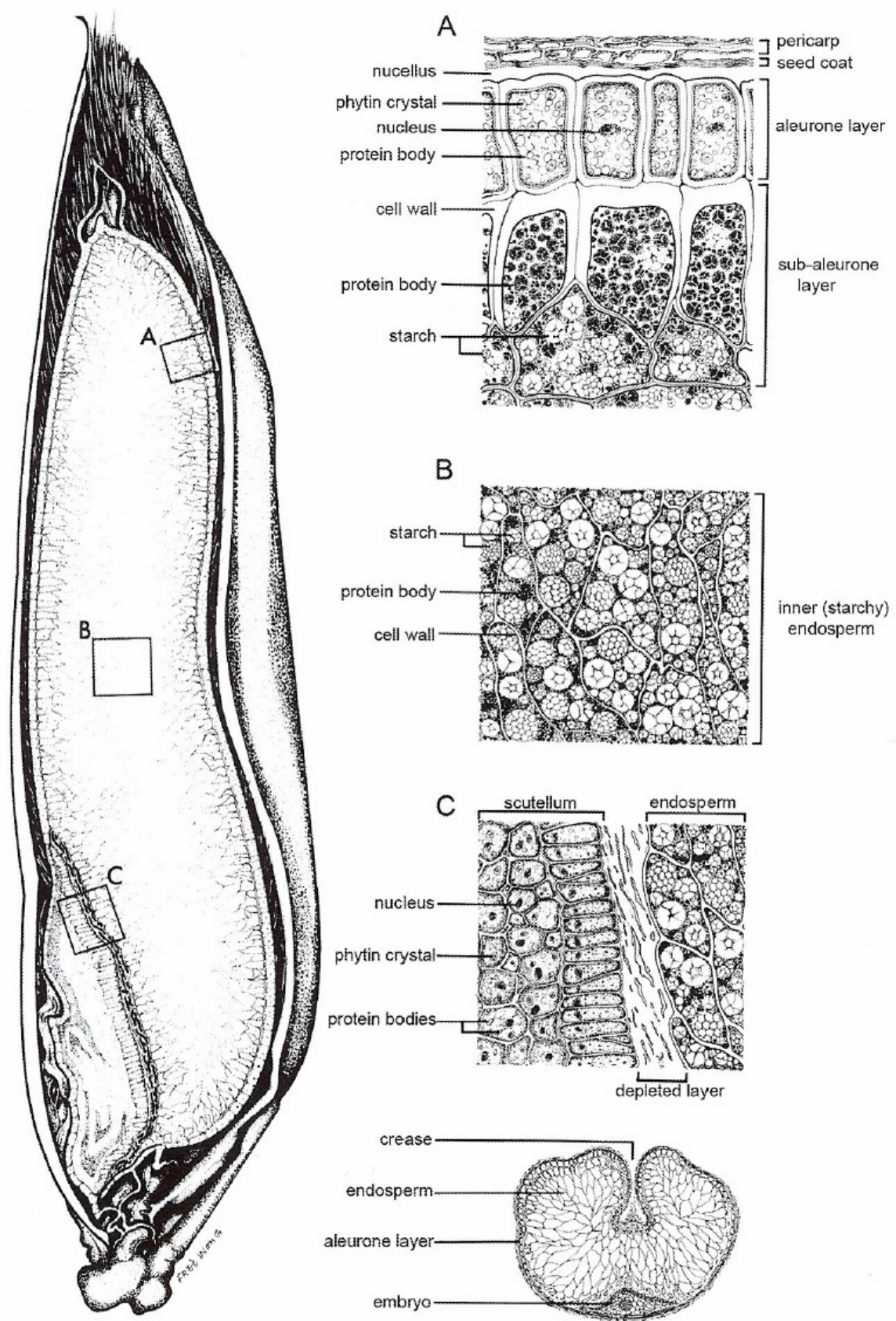
Kli som befinner seg rundt grynet under skallet og består av perikarp, aleuron og subaleuron lag. Den inneholder proteiner, lipider, β -glukaner, fenoler, det meste av mineralene (Peterson et al. 1975), (Frolich & Nyman 1988), vitaminer (Kent 1983), fytinsyre (Frolich & Nyman 1988) og antioksidanter (Peterson et al. 2001). Mesteparten av disse stoffene befinner seg i aleuronlaget, det ytterste celledlaget av endospermen.

Aleuronlag består av celler som er rike på fett, vitaminer, mineraler og enzymer, men inneholder lite karbohydrater. Cellene i aleuronlaget har også evnen til å danne enzymer som er nødvendige for å bryte ned opplagsnæringen til vannløselige stoffer under spiringen av kornet.

Innenfor aleuronlaget ligger endosperm som består av 70 % av kornets totalvekt (Webster & Wood 2011). Den er bygd opp av store, tynnveggede celler som inneholder stivelseskorn (består av amylose og amylopektin) innstøpt i en proteinmasse. Vevet inneholder også lipider og β -glukaner. I motsetning til andre cerealer hvor fett er konsentrert i kimen, har havre fett fordelt over hele endospermen (Peterson & Wood 1997).

Kimen består avanlegg, skudd og skutellum og inneholder lite stivelse, men høy andel av protein (opptil 38 %) og fett (Webster & Wood 2011). I havrekimen er fettinnhold omtrent 25 %, og det er mye mer enn hos andre korntyper (Strand 1984). Kimen inneholder også fytinsyre. (Webster & Wood 2011).

Både struktur og kjemisk sammensetting av kjernen har konsekvenser på havre kvalitet av ulike aspekter. Ellers kan kvaliteten bli definert på tre måter: etter innhøsting, når havre ankommer til en mølla og etter avskalling. Disse kvalitetsparametrene påvirker effektiviteten og økonomien i maleprosessen (Webster & Wood 2011).



Figur 1. Oppbygningen av havrekjernen (Webster & Wood 2011).

Det finnes bevis for at inntak av fullkorn matvarer, slik som helkornbrød eller havregryn, kan redusere forekomsten av kroniske sykdommer, inkludert hjertesykdommer, visse krefttyper, og diabetes (Marquart et al. 2007) eller komponentene som er ansvarlige for disse gunstige effektene er fortsatt under etterforskning. Men betydelig bevis indikerer at forbruket av havre kan redusere høyt kolesterol, som er en stor risikofaktor for hjertesykdom, og at denne nedgangen skyldes løselig fiber, β -glukan. Videre kan havreforbruket gi flere andre helsebringende effekter (Webster & Wood 2011),

Kjemisk sammensetning i havre er litt forskjellig og avhengig av vekstområde og sort. Store variasjoner kan forekomme innen til og med avlinger av samme art. Det er også variasjon i næringsverdiene mellom havregryn, havremel og havrekli. Gjennomsnittlig kjemisk sammensetning av havrekorn som ble sammenlignet med hvete, ble vist i Tabell 1.

Tabell 1. Kjemisk sammensetning av avskallet havre og sammalt hvete, g/100 tørrstoff (Næringsinnhold 2011).

Kjemiske bestanddeler	Havre, avskallet, gjennomsnittsverdi	Havre, typisk variasjon	Hvete, gjennomsnittsverdi
Stivelse	51,1	44-61	62,4
Protein	15,2	11-20	16,8
Fett	7,6	5-9	2,1
β -glukan	4,2	2,2-6,6	0,6
Aske	1,9	1,3-2,3	1,7
Kostfiber	8,9	7-11	12,5
Sukker	1,1	0,9-1,3	3,3

Lipider

Havre inneholder triglyserider som er dominerende (35-56 %) blant lipider, samt fosfolipider, glykolipider, steroler og fettsyrer. Hovedfettsyrer i havre er palmitinsyre, oleinsyre og linolensyre. Overvekt av de to siste, samt gunstige forhold av enumettede og flerumettede fettsyrer til mettede syrer gjør havre til en spesielt ønskelig komponent av kolesterol-reducerende kosthold. Havre er en utmerket kilde for fosfolipider og inneholder mer av dem enn noen andre matvarer som finnes i naturen. I tillegg til det inneholder havre alle essensielle fettsyrer (Marquart et al., 2007).

Karbohydrater

Karbohydrater i havre består av stivelse, ikke-stivelses karbohydrater, monosakkarider og oligosakkarider. De to siste finnes bare i veldig små mengder i havre. Stivelse er et hovedkarbohydrat og en dominerende komponent blant karbohydrater i havre.

Hovedkomponentene i stivelsen er amylose og amylopektin. Ikke-stivelses polysakkarider i havre som ikke er fordøyelige og utgjør den største andel av kostfiber, inneholder hovedsakelig β -glukan, cellulose og pentosan. Cellulose og pentosaner er ikke løselige fibre. Beta-D-glukan som vanligvis kalles β -glukan er en løselig fiber. Den former væske med høy viskositet og hydrolyseres ikke før den kommer inn i tarmen hvor den blir oppløst med hjelp av tarmbakterier. Den høye viskositeten og ufordøyeligheten skaper basisen for den betydelige næringsrike fordelen, knyttet til β -glukan. Bruk av hele korn i havreprodukter reduserer kolesterol (Marquart et al., 2007). Havre inneholder mer løselige fibre enn noen andre korn typer, som resulterer i langsommere fordøyelse og en utvidet følelse av metthet. En annen helsemessig effekt av havre som er korrelert med karbohydrater er blodtrykksreduksjon (Marquart et al., 2007).

Proteiner

Blant andre konsumerte korn typer har havre det høyeste totale proteininnholdet av høy næringskvalitet. Havre er eneste korn type som inneholder inneholder avenalin som tilhører globuliner. Det er et lagringsprotein. Den er dominerende og utgjør 70-80 % av det totale proteinet. Globulin er løselig i fortynnet salt- vann. Havre globulin er veldig lik soya glycinin og dermed kan antas til å bidra til kolesterolreduksjon (Marquart et al., 2007). Resten av det totale proteinet består av prolaminer, eller aveniner (5-10 %), gluteliner (5-10 %) og albuminer (15-20 %). Prolamin i havre inneholder essensielle aminosyrer, først og fremst lysin, tryptofan, og treonin.

Havreprotein viser til flere helseeffekter. For det første, inneholder havre glutamin som fremmer vekst av slimhinnen i mage og tarmkanalen, og øker immunforsvaret. I tillegg er havre et godt diettalternativ for mennesker som har allergi mot α -gliadin som finnes i hvete, rug, bygg og som skader slimhinnen i mage og tarmkanalen (Marquart et al., 2007). Denne sykdommen kalles cøliaki og behandles med hjelp av glutenfri kost. Det vil si at havre kan tolereres for de fleste voksne. Til tross for det, noen mennesker som er veldig sensitive mot gluten bør være forsiktige med å bruke havre fordi den kan være forurenset med andre typer korn, spesielt hvete og bygg. Disse kornslag vokser vanligvis i nærheten av havreåkere, samt at det vanligvis brukes samme utstyr ved behandling og bearbeiding av havre og gluteninnholdende korn.

Andre komponenter

Havre er rik på vitaminer (spesielt gruppe B-vitaminer) og mineraler (spesielt jern, fosfor, kalium og kalsium). Havre inneholder et bredt spektrum av fenolske komponenter som viser til antioksidanteffekter, ernæringsmessig kvalitet og andre roller (Webster & Wood 2011). Avenanthramider er en gruppe av løselige fenoler som bidrar til å forhindre frie radikaler fra å skade LDL kolesterol, og dermed reduserer risikoen for hjerte- og karsykdommer (Marquart et al., 2007). Havre inneholder en del steroler, lignaner og saponiner.

Bestanddelene i havre har en høy fordøyelighet. For eksempel er proteinenes fordøyelighet 90 %, karbohydrater 97-100 % (Webster & Wood 2011), fett 94 % (Marquart et al., 2007). I denne forbindelsen kunne havreprodukter ha spilt mer viktig rolle i menneskets ernæring.

Mye fiberinnhold i havre kompliserer assimileringprosessen hos mennesker. For å forbedre de ernæringsmessige egenskaper blir havre behandlet eller prosessert hvor forskjellige mekaniske, fysiske og biokjemiske faktorer innvirker på havreceller slik at næringsstoffer i havreprodukter blir presentert i den mest absorberbare form.

Fenoliske forbindelser med antioksidant kapasitet

Antioksidanter er kjemiske komponenter eller mekanismer i matprodukter som reduserer oksidasjon og nøytraliserer frie radikaler. Frie radikaler forårsaker hurtig aldring og lipid peroksidasjon, og fører til dannelse av kreftceller og åreforkalkning. Kroppen til et menneske har et naturlig forsvar system mot disse frie radikaler, som består av enzymene superoksid dismutase, catalase og glutationperoksidase (Webster & Wood 2011).

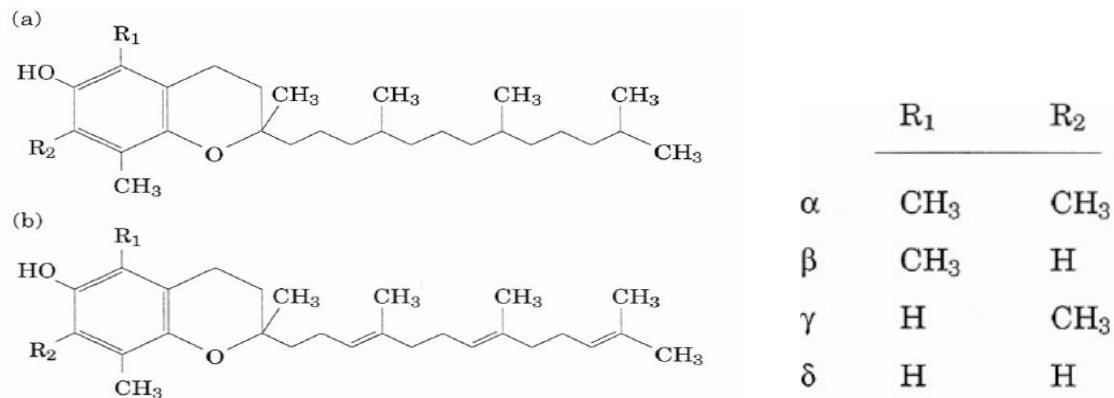
Antioksidanter er anerkjent for sine helsefremmende egenskaper, spesielt for å hindre eller redusere effekten til noen av de kroniske sykdommer som hjerte- sykdom og visse kreftformer. I tillegg til sin store betydning i kostholdet kan de også bidra til stabiliteten og smak av matvarer.

Havre ble for første gang brukt som stabilisator i 1938 (Webster & Wood 2011). Senere ble den metoden utviklet og brukt overalt i kommersielle virksomheter. For eksempel, siktet havremel (Avenex, USA) brukes effektivt som antioksidant i melk, melkepulver, smør, is, fisk, bacon, pølse, korn og andre produkter som er følsomme for fett oksidasjon under lagring. Den blir tilsatt direkte til matvaren eller, i noen tilfeller, til emballasje.

Antioksidantaktivitet i havre består av flere sammensatte grupper som kan grovt deles inn i to kategorier: lipofile antioksidanter og andre forbindelser, hovedsakelig fenoliske forbindelser. En omfattende undersøkelse av havre antioksidanter har identifisert 24 ulike fenoliske forbindelser som hadde antioksidantaktivitet. De viktigste komponentene i denne gruppen var alle derivater av hydroxycinnamic syre. Åtte var estere av langkjedede monoalcohols, diols, eller o-hydroxasyder, og andre ble funnet å være glyserol estere. Det ble foreslått at kaffeisk og ferulisk syre var ansvarlig for havre antioksidantaktivitet (Webster & Wood 2011).

I følge Peterson er antioksidanter konsentrert i havregryns ytre lag (Peterson 2001). Ved å inkludere kli i havreprodukter kan den antioksidant rike delen i kornet bli beholdt.

I følge forskning, er tokoler sammen med fenoliske forbindelser hovedansvarlig for den antioksidative aktiviteten i havre (Webster & Wood 2011). Åtte tokoler som finnes i planter har vitamin E aktivitet. De består av fire homologe former av tokoferol og tokotrienol (se Figur 2), som avviker i antall og plassering av metylgrupper i benzolringestruktur. Disse formene varierer biologisk og i sin antioksidant aktivitet.



Figur 2. Strukturen til tokoler (fellesbetegnelse til vitamin E): (a) tokoferoler, (b) tokotrienoler (Peterson 2001).

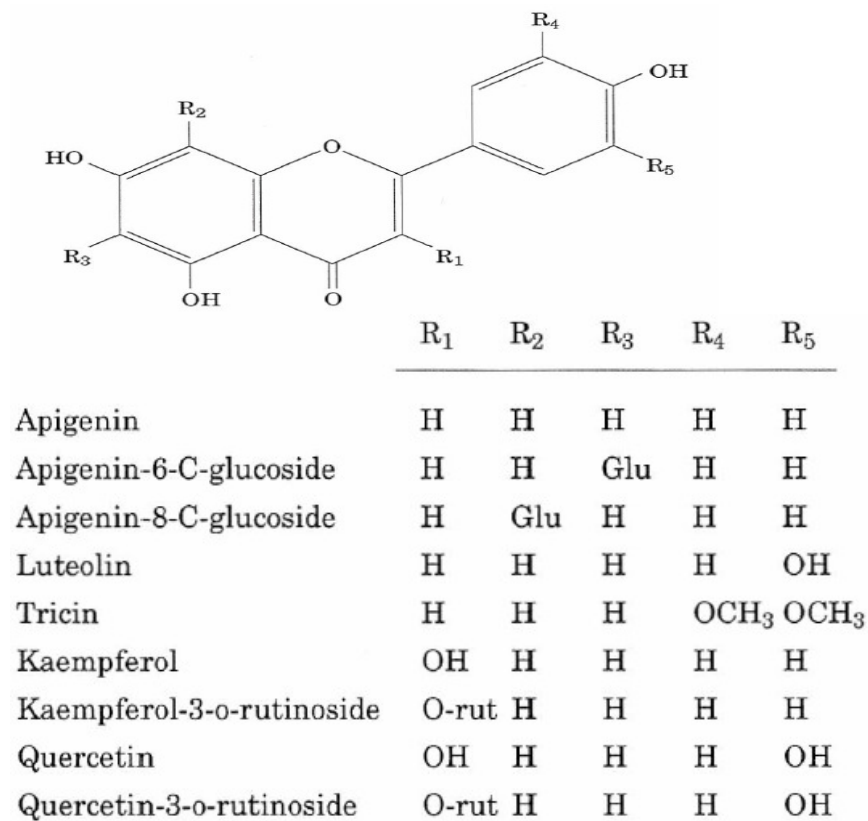
Den gjennomsnittlige mengden av tokoler i havre er 20-30 mg / kg (Peterson & Qureshi 1993). De viktigste tokoler i hele havre og havrefett er α -tokotrienol (43 %) og α -tokoferol (18 %) (Webster & Wood 2011). I tillegg til disse, β -, γ -, og δ -tokoferoler og tokotrienoler har vært påvist i ulike mengder (1,4 til 9,1 %) i havrefett (Webster & Wood 2011).

Tokotrienoler ligger hovedsakelig i endospermen til havrekornet, som inneholder det meste av havrefett, mens tokoferoler er konsentrert i kimen (Peterson 1995). Det ble anslått av White (White et al. 2006) at havrefett granuler og tokoler er tilknyttet til hverandre. Ut fra det kan man anta at tokoler beskytter havrefett og membraner.

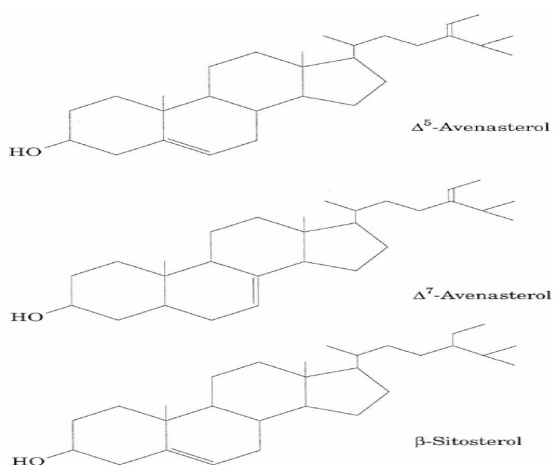
Tokoler i havre er stabile under prosessering. Verken varmebehandling eller valsing påvirker innhold av tokoferoler, men forårsaker moderate tap i tokotrienoler. Det ble observert at autoklavering kan øke mengden av tokoferoler og tokotrienoler (Bryngelsson et al. 2002). Tokoler er stabile i ubehandlet havregryn ved over 7 måneders lagring ved romtemperatur. Bearbeidet havregryn og havreprodukter viser betydelig reduksjon av tokoferoler innen 2 måneder, noe som tyder på at tokoler blir konsumert av lipider på grunn av oksidasjon som oppstår sakte over tid (Peterson 1995).

Steroler og flavonoider i havre har også blitt rapportert å vise antioksidative egenskaper (Peterson 2001). Havre inneholder god del av steroler og bare noen av dem har vist antioksidant egenskaper. Figur 3 viser strukturer til flavonoider som var identifisert fra havre.

Figur 4 viser strukturer til de mest vanlige steroler i havre. Innhold av flavonoider i cerealer er svart lite (Peterson 2001).

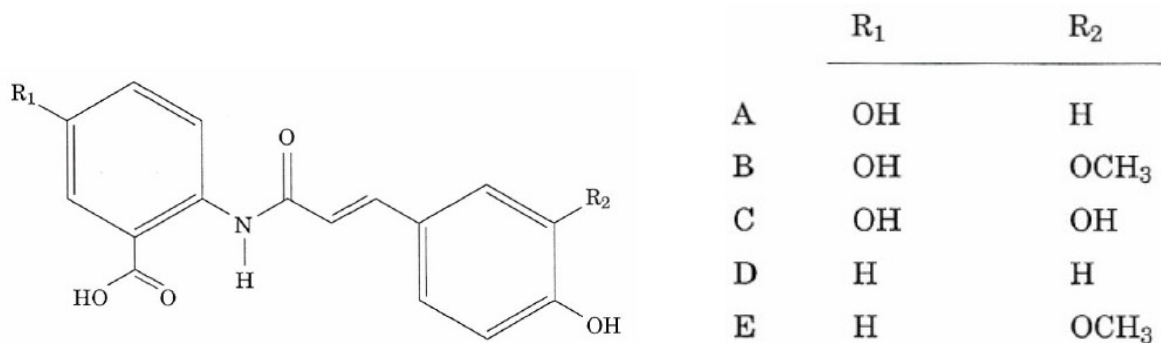


Figur 3. Strukturer til flavonoider som var identifisert i havre (Peterson 2001)



Figur 4. Strukturer til de mest vanlige steroler i havre (Peterson 2001)

Andre viktige antioksidanter i havre er fytin syre, fenoliske syrer, og avenanthramider (Peterson 2001). Figur 5 viser strukturen til avenanthramider i E-form.

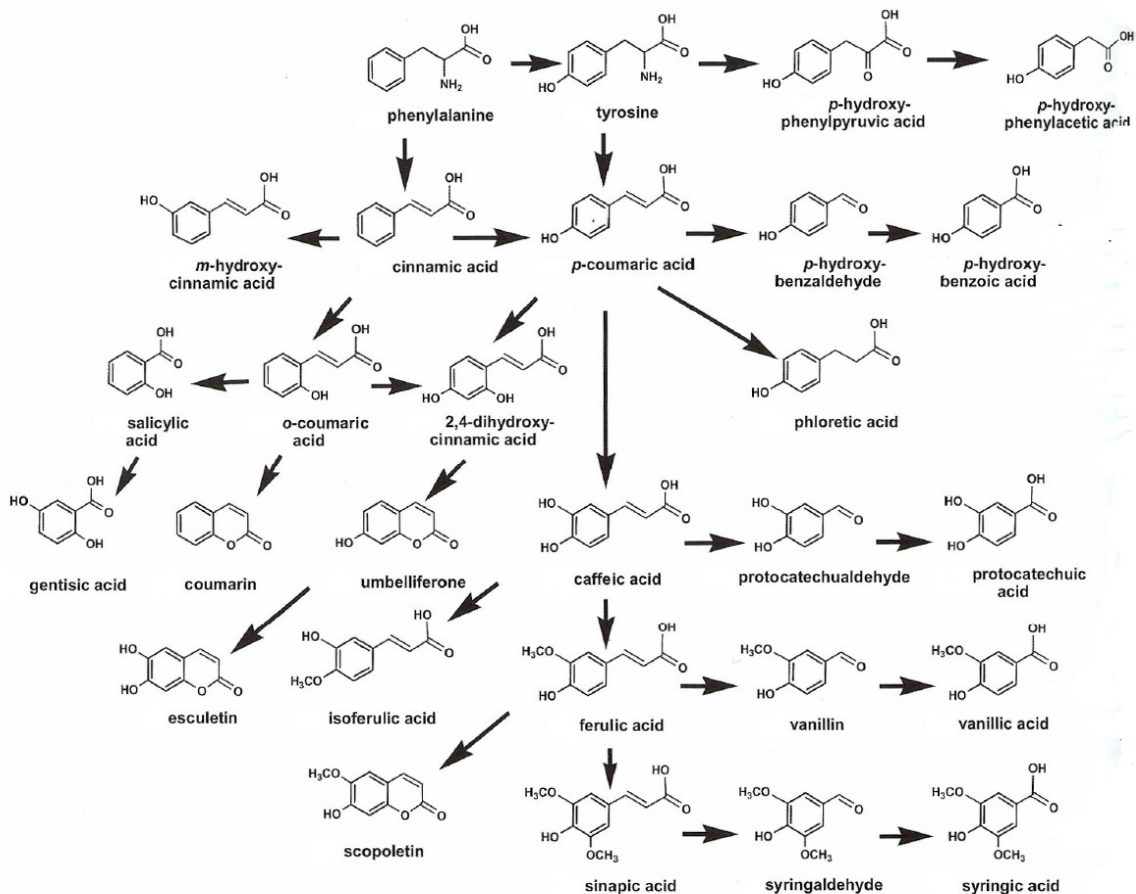


Figur 5. *Strukturen til avenanthramider i E-form (Peterson 2001).*

Noen studier har vist at totale fenoler innhold er korrelert med antioksidant aktivitet selv om forskjellige metoder ble brukt (Emmons & Peterson 1999; Kaukovirta-Norja et al. 2004). Dette kan bety at en vesentlig del av den økte antioksidantaktivitet skyldes fenoliske forbindelser. Disse fenoliske antioksidanter kan spille en viktig rolle i beskyttelse av lipider i havre (Heinio et al. 2002).

Fenoliske komponenter har fått oppmerksomhet i de siste årene på grunn av sine antioksidative, betennelsesdempende, antimutageniske og antikarsinogeniske egenskaper samt deres evne til å modulere noen sentrale enzymatiske funksjoner i cellene (Ho et al. 1992).

Fenolgruppe i havre består av totale fenoler, alkylfenoler, flavonoider, lignaner, aminofenoler, fenoliske syreamider, estere og polymeriske etere og deres relative komponenter. Bundne fenoliske forbindelser i havre er fenoliske syrer som er bundet til polysakkarider med esterbindingene og er kjent som komponenter involvert i forlengelse og kontroll av cellevegg (Nara et al. 2008). Frie fenoler er løselige i alkoholer. For å ekstrahere bundne fenoler kreves lang alkalisk eller syrehydrolyse for å frigjøre fenoliske komponenter bundet til celleveggen. Majoriteten av frie fenoler i havre er hovedsakelig er hydroxycinamiske og bensoiske syrer og relative fenoliske komponenter som er vist i Figur 6.



Figur 6. Biosyntetisk dannelse av fenoliske syrer, aldehyder og deres relative fenoliske komponenter i havre (Webster & Wood 2011).

Det er kjent forandring i konsentrasjoner av totale fenoliske komponenter under behandling av havregryn fra noen tidligere studier. Varmebehandling med damp forårsaker en økning i konsentrasjonene av de fleste enkle fenolene, bortsett fra kaffeisk syre i ekstrakter. Antagelig skjer dette på grunn av frigivelsen av bundne komponenter (Webster & Wood 2011). Behandling (varmebehandling og tørking) av avskallet havre fører til en økning av frie fenoliske syrer: p-kumarinsyre acid, 4-hydroksybenzosyre, ferulisk syre, vanillisk syre og vanillin, sammenlignet med de ubehandlede prøvene. Denne økningen er ikke sett i havre behandlet uten skall, med unntak innhold av ferulisk syre, som øker i havremel etter behandling. Kaffeisk syre og avenanthramider viser nedgang etter behandling i forhold til ubehandlet havre. Denne reduksjonen er identisk for havre med skall og uten (Bryngelsson et al. 2002).

Lagring av rå havrekorn øker nivået av frie fenoliske syrer: vanilliske syre, kaffeiske syre, p-kumarinsyre, feruliske syre, vanillin, 4-hydroksybenzosyre. Avenanthramid innholdet forblir uendret. Sliping av havre fører til en reduksjon i konsentrasjonen av totale polyfenoler og av flere fenoliske syrer, i mel fraksjonen. Som slipetiden øker, er mer stivelse til stede i kli fraksjon, samt at det skjer en nedgang i samlet polyfenoliske innhold og av flere fenoliske syrer i kli fraksjonen (Oat 2011).

Generelt er det avenantramider og kaffeiske syre som er signifikant korrelert med lav harskning, mangel på bitterhet og med friskhet (Webster & Wood 2011).

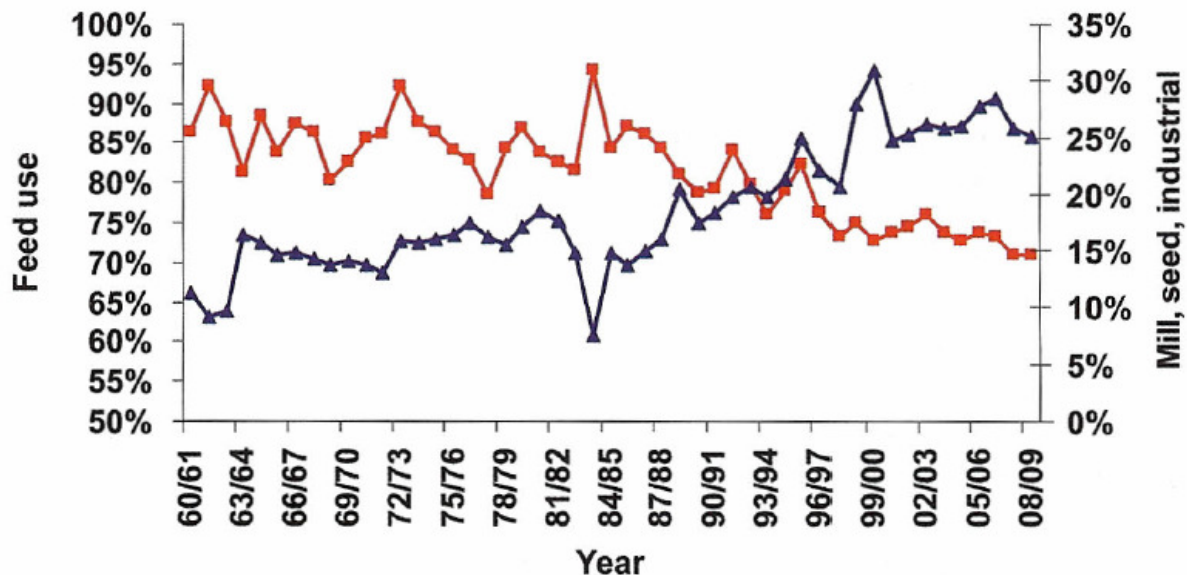
Konsentrasjonen og tilstedværelse av frie fenoliske komponenter i havregryn er forskjellige avhengig av grynfraksjoner. I tillegg til det vil både sortvariasjon og dyrkelokasjon påvirke konsentrasjoner og innholdet av enkelte fenoliske stoffer, mens antioksidant aktiviteter skiller seg bare blant sorter (Emmons & Peterson 2001).

2.4. Mikrobiologisk kvalitet

Mikrobiologisk flora til havrekorn kan ha en innvirkning på teknologien, næringsverdi og sensoriske egenskaper til havreprodukter. Den utvikles ved høsting og videre ved lagring av havrekorn, prosessering og maling samt lagring av prosesserte havreprodukter. Soppinfisering kan være ganske høy risikofaktor, men det skjer normalt bare når produkter er lagret ved høy luftfuktighetsprosent (Webster & Wood 2011).

2.5. Bruk av havre

Vanligste og største bruksområde av havre er mat til husdyr, som har vært jevnt synkende i de siste 40 årene, fra 90 % av totale havre produksjonen i 1984 til 70 % i 2007. Derimot er havreforbruk til mat, kosmetikk og farmasøytisk industri økt til nesten 30 % (Webster & Wood 2011). Figur 7 viser havre verdensforbruk som fôr og mat i prosentnivå av total produksjon.



Figur 7. Havre verdensforbruk som fôr (■) eller mat (maling, såing, industriell anvendelse ▲) i prosentnivå av total produksjon, 1960-2008 (Webster & Wood 2011).

Rundt 10 % av havre går til menneskeføde, og de største landforbrukere er Hviterussland, Estland og Finland. Det er imidlertid store variasjoner av havreinntak blant enkeltpersoner (Webster & Wood 2011).

Avhengig av kvalitet havner havre i forskjellige kategorier for forbruk. Kriterier for kvalitet kan være, for eksempel, vekt per HL (hektoliter), vann- og proteininnhold, farge og innhold av varmeskadet korn i en batch.

Først og fremst utgjør havre en stor del av kosten til hester og er regelmessig fôr til storfe også. Havre brukes også i noen typer mat til sauer, griser, hunder og kyllinger. Selv om havre har en utmerket ernæringsmessig profil, vil dens lave energiinnhold redusere verdien som et kommersielt fôr korn. Dette begrenser havreproduksjonen i de fleste regioner.

Havre prosesseres til menneskemat og brukes i form av valset havre, havregryn og blir hovedsakelig spist som havregrøt, men kan brukes i en rekke bakevarer, slik som havrebrød og havrekjeks. Den brukes også til lett kokte havregryn, havregryn til babygrøt, instant havregryn som er ekstremt tynne, også til havremel eller som egen ingrediens. Havremel som er produsert ved sliping av havregryn, kan blant annet brukes i bakervarer og babymat. Den er ofte kombinert med hvete eller andre typer korn. Havrekli, det ytre laget av kornet som ligger

under skallet, finnes i havregryn også, men kan også kjøpes som et eget produkt som kan legges til oppskrifter.

Havre brukes som en ingrediens i mange frokostblandinger, spesielt müsli og granola. Den er også brukt som ingrediens i flere forskjellige drikkeprodukter som for eksempel havremelk og havreøl. Havreøl produseres hovedsakelig i Storbritannia, men litt av det lages i Norge også. Havremelk er et aktuelt produkt på markedet som brukes av mennesker med melkeallergi og cøliaki.

Andre bruksområder for havre er kosmetikk, legemidler og kosttilskudd. Som ikke-mat brukes havrekli, havrehalm og havreekstrakt i badevann for å lindre hudsykdommer. Havre er den viktigste ingrediensen for Aderma- Exomega pleieprodukter som hjelper mennesker med allergisk utslett på huden. Havrehalm, er mykt, relativt støvfritt, og absorberende og brukes til hester og storfe som sengetøy. Den kan også brukes av mennesker ved å myke opp badevann. I industrien brukes havre til å lage papp, lim og plasterstatning som er lettere nedbrytbar.

Havreprosessering

Melkvalitet og produktutbytte er en veldig viktig økonomisk faktor i havreprosesseringen som er avhengig av genetikk, miljø og ernæringsvilkår, lagring og oppbevaring av produktet.

Biologiske og kjemiske kontaminanter er en annen faktor som påvirker melkvalitet.

Aflatoksin, vomitoksin, andre mykotoksiner og soppmetabolitter kan skape store kvalitetsproblemer i korn.

Havreprosessering består av noen trinn som rensning og gradering, varmebehandling, avskalling, polering og maling. Rekkefølgen på de trinnene kan bli endret avhengig av mølle og land.

Rensing

Første skritt i denne prosessen er rensing for snerp, strå, pinner, ugressfrø og løse agner, steiner og glass samt andre typer cerealer. I nåværende dager utføres rensing med høyteknologisk utstyr. Det kan det være noen små komplikasjoner i det trinnet. Bygg er vanskelig å separere fra havre fordi den størrelse på kornet og formen er like. Kontaminering med bygg vil derfor være 1-2 %. Dette kan skape problemer ved produksjon av flakede produkter fordi bygg har seig skall som er vanskelig å fjerne. Inntak av forurensede produkter kan være helsefarlig for allergikere eller mennesker som har cøliaki på grunn av gluten som finnes for eksempel, hvete og rygg.

Varmebehandling

Hensikten med varmebehandling med damp er at det blir lettere å avskalle og slippe kornet slik at kornet vil motstå ødeleggelse ved grynproduksjon. Samtidig vil resten av støvet bli borte.

Havre inneholder høyere nivåer av fett (normalt 6-8 %) enn andre cerealer, samt lipase og andre relaterte oksidative enzymer. Ubehandlede havreprodukter vil raskt utvikle bitter smak på grunn av virkning av lipase, lipoxygenase, og peroksidase. Dermed vil ufullstendig inaktivering av disse komponentene føre til enzymatisk harskning og senere harskning som er knyttet til flyktige komponenter i havre (Lehtinen et al. 2003; Zhou et al. 1999).

Varmebehandling er en nøkkel til havreprodukter med høy kvalitet og lengre oppbevaringstid. Korn enzymer er varmelabile, og derfor ulike metoder av varmeinaktivering har vært benyttet gjennom årene. Generelt skjer denne prosessen ved å varme opp havre i 2-4 timer i pannetørkere. Havre blir temperert til omtrent 95- 100 °C, deretter avkjølt. Som resultat av den behandlingen blir fett-hydroliserende enzymer (som for eksempel peroksidase og lipase) inaktivert, havre mister 3-4 % fuktighet og får brunere farge og en nøttelukt som er ønskelig (Webster & Wood 2011).

Graden av enzyminaktivering er avhengig av kornfuktighetsinnhold, temperatur og tid for behandlingen. Korn med høyere prosent fuktighetsinnhold beholder mer inaktiverede enzymer enn havrekorn med lavere fuktighetsinnhold ved samme vilkår for varmebehandling. Temperatur er en annen viktig faktor som kan påvirke enzymaktivitet (Webster & Wood 2011).

Riktig kontroll av tid, temperatur og fuktighet profil er viktig for smak intensitet (nøttesmak) og ernæringsmessige kvaliteten på de endelige havreproduktene (Sides et al. 2001). På grunn av høy temperatur blir antall bakterier og eventuelt soppforurensning redusert fra havrens overflate. Hvis havre blir feil varmebehandlet, vil havremel som er laget av den, få en bitter smak og såpeaktig aroma.

Det negative i denne prosessen er at varmebehandling vil redusere vitamin innhold i havregryn. Det har blitt rapportert om en 20-40 % tap av varmelabilt vitamin B1 under varmebehandling. Dette vil skje mer intensivt ved temperaturer over 100 °C. Generelt vil gjennomsnittelig tap av vitamin B1 ved industriell havreprosessering være rundt 30 % (Webster & Wood 2011). Derfor må prosessen overvåkes nøye for å sikre ikke bare enzym stabilisering men optimalisering av smaksutviklingen i produktet mens vitaminødeleggelse er minimert.

Det er ikke klart ennå om hva som vil gi best resultat: varmebehandling før eller etter avskalling. Noen møllere hevder at beste resultater oppnås før avskalling som resulterer i dokumentert en bedre nøtteaktig smak og aroma. Noen forskere har vurdert den hypotesen, men var ikke i stand til å bekrefte eller motbevise det (Webster & Wood 2011).

Sortering

Neste skritt er sortering(gradering) av havre i grupper. Hovedhensikten med gradering er å skille og separere ren havre i mellom to til fire fraksjoner som baseres på havrekorn størrelse og vekt. Forskjell i størrelser vil forstyrre effektivitet ved maling. Sorteringen vil foregå ved å utnytte forskjell i enten korn bredde eller lengde.

Avskalling

Etter sortering blir havre avskallet, hver gruppe for seg. Separasjon av det ytre skallet frakjernen utføres ved hjelp av sentripetal akselerasjon. Vanligvis fjernes 85 % av skall ved første passering gjennom avskalleren. Avskallingsgrad kan justeres ved å forandre rotor hastighet og å ta havresortegenskaper i betraktning. Ved økt masse eller vekt til havregryn trenger man reduksjon av rotor hastighet for å oppnå en konstant effektivitet i avskallingsprosessen og redusere brekkasje.

Vanninnhold, volumprosent som skal avskalles samt vekt av havregryn er de viktigste egenskaper som påvirker avskallingseffektivitet. Noen få studier har undersøkt andre egenskaper og deres innflytelse i forbindelse med skader som skjer under avskalling (Doehlert & McMullen 2000; Engleson & Fulcher 2002a; Engleson & Fulcher 2002b). Resultater i noen andre undersøkelser tyder på at β -glukaninnhold og proteininnhold kan ha noen effekt på brekkasje av havregryn (Engleson & Fulcher 2002a).

Skallprosent er mulig den viktigste faktoren som påvirker både produktutbytte og avskallingsprosessen. Det ble funnet sammenheng mellom fuktighetsinnhold og avskallingseffektivitet(Webster & Wood 2011). For eksempel, ved lavt fuktighetsnivå i havregryn økes avskallingseffektivitet samt at det økes mengden av brudd og omvendt. Hvis fuktighetsinnhold er for høy, er avskallingseffektivitet lav, noe som fører til lave produktpriser og forårsaker problemer i etterfølgende prosesstrinn. Derfor må fuktighetsinnhold overvåkes og kontrolleres. Det er anbefalt fuktighetsinnhold på 12- 13 % for å oppnå optimal malingseffektivitet.

Strømmen av havre som kommer ut av avskalleren er en blanding av avskallet havre med skall, uavskallet havre, knust gryn, og støv. Målet med neste trinn i avskallingsprosessen er å skille avskallet havre fra andre urenheter som skjer gjennom rensing og sortering med hjelp av spesialisert utstyr. Det resulterer at man får tre fraksjoner: avskallet havre, uavskallet havre og havreskall. Sistnevnte går til fôr, bearbeides videre inn i uløselige havrefiber, eller brukes som biomasse og drivstoff. Videre vil ha avskallet havre passeres til sliping mens uavskallet havre resirkuleres tilbake til avskalleren. Renseprosessen i dette trinnet er ikke 100 % effektiv siden det fortsatt kan være kontaminering av andre typer korn i havrestrømmen.

Videre prosessering av avskallet havre: flaking, maling

Flere behandlingsalternativer er tilgjengelig for videreprosessering på dette tidspunktet i prosessen. Typiske sluttproduktene er havre flak, havrekli, eller havremel. Avhengig av slutt produkter vil behandlingsprosessen være forskjellig.

Fordi bedrifter vanligvis produserer mer enn et havreprodukt samtidig, vil neste trinn i denne prosessen være tørking, deretter gradering eller sortering ved å separere store gryn, små gryn og knust gryn samt mulig forurensning. Noen møllere benytter den siste graderingstrinn for å fullføre sine forsøk på å fjerne forurensning med andre cerealer.

Havremel kan bli produsert ved å slipe hele havrekorn, hammermalt gryn eller valset havregryn, flaker (Marquart et al. 2007). Det er avhengig av mølleøkonomiske forhold og maskinkapasitet. Sliping av valset havregryn gir finere mel. Generelt brukes steinmalt eller hammermalt havregryn til å lage havremel.

Havregryn produseres ved å presse (flate) ferdigbehandlet havrekorn mellom valsene. Avstanden mellom valsene avgjør hvor tynne havregrynene skal være. Før valsing blir kornene fordampet og temperert ved ca 95-104 °C så fort kornet kommer ut av separatorene for å redusere grynets skjørhet og avslutte enzym innaktivering. Damping foregår i 15 til 30 minutter. I løpet av den tiden får kornene i seg fra 2 til 4 % fuktighet og rester av peroksidase inaktiveres. Riktig varmebehandling av havregryn er en veldig viktig faktor i denne prosessen fordi feil varmbehandlet havregryn blir veldig skjøre, med redusert kvalitet, og vil smule i stykker. Det vil redusere utbyttet av havregryn.

Etter varmebehandling og valsing blir havregryn avkjølt og slipt. Etter å ha passert slipemaskinen, siktes melet hvor grove deler separeres og føres tilbake til slipemaskin der de skal slipes på nytt. Det er en kontinuerlig prosess. Så lenge havre inneholder mye fett og risiko for oksidasjon økes, er det nødvendig å fjerne luft fra slipemaskinen og redusere varmen i den som dannes i løpet av prosessen. Sikteutstyr skal periodisk renses på grunn av fettoksidasjon fra grove havrepartikler som kan feste seg i siktene.

Selv om riktig behandling av havregryn blir gjennomført, vil havremel aldri bli peroksidasefri (Marquart et al. 2007).

Lagring

Lagring og oppbevaring skal være utformet for å vedlikeholde de ernæringsmessige og sensoriske egenskaper av havre. Lagringstemperatur og fuktighet (vannaktivitet) er viktige parametre. Havre, som andre korn, er veldig sensitiv til lagringsvilkår.

Kornet vil enten absorbere eller slippe ut vann for å oppnå likevekt med miljøet. Nylig høstet korn gjennomgår en modning (noen ganger referert til som en "svette") prosess. Hvis det første fuktighetsinnholdet i høstet korn er for høy, fører det til rask forverring i korn kvaliteten på grunn av varmen som blir dannet av kornet. I tillegg til høy fuktighet og høy temperatur (38 °C) vil høy oksygenkonsentrasjon føre til harskning i havre under lagring (Molteberg et

al. 1996a). Det ble anbefalt at havre lagres mellom 5 og 20 °C, med en relativ luftfuktighet på 60-65 % i oppbevaringstank. Dette tilsvarer et korn fuktighetsinnhold på ca 13 % (Webster & Wood 2011).

Forsiktighet må utvises ved kornoppbevaringen for å minimere skader, som fører til en rask økning i innhold av frie fett syrer. Ved dårlig oppbevaring kan havre miste skall som vil føre til ødeleggelse av havrekjernen. Rå, ustabilisert havre inneholder høyaktiv lipase (en hydrolytisk katalysator) og lavaktiv lipoxygenase (en oksidativ katalysator). Lipase, lipoxygenase og peroksidase aktiveres av fysiske forstyrrelser eller skader av korn. De kan inaktiveres ved varmebehandling, men, hvis korn er feilaktig lagret eller behandlet (for eksempel i høy fuktighet), kan nivået av frie fettsyrer fortsatt stige (Ekstrand et al. 1993; Heinio et al. 2002; Molteberg et al. 1996a; Molteberg et al. 1996b). Frie fettsyrer påvirker havremelskvaliteten i stor grad. Høye nivåer av frie fett syrer er en indikator på at havrekorn er skadet eller er feilbehandlet og dårlig oppbevart som vil føre til utvikling av uakseptable smaker og aromaer (harskning) i ferdige produkter. Det ble foreslått nivå på 8 % av frie fettsyrer for prosessert havre (Webster & Wood 2011).

Protein- og fenoliske syrer reaksjoner må tas i betraktning som kilder til uønsket smak. Stabilitet til smaken er avhengig av både mengden til frie fettsyrer og fenoliske forbindelser, for eksempel avenanthramider og kaffeisk syre som vil motvirke oksidasjon. Fenoliske forbindelser fungerer som antioksidanter og forsinker lipidoksidasjon, dermed kan de hindre utvikling av harskning (Molteberg et al. 1996a).

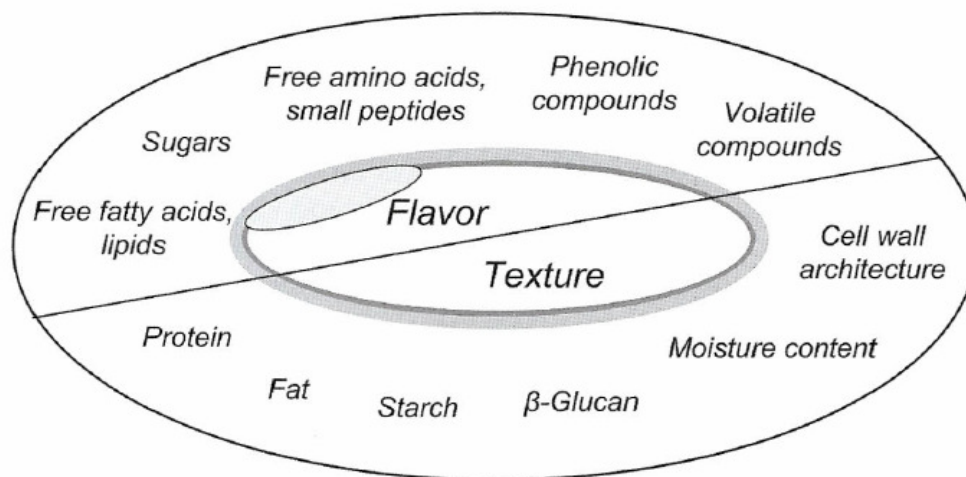
2.6. Smak og kjemiske smakskomponenter

Både kjemisk innhold i havregryn og havreprosessering bidrar til smak i havreprodukter. Havres spesifikke egenskaper som høy lipidkonsentrasjon, β -glukan og lavt stivelseinnhold skiller havre fra andre cerealer og vil påvirke sensoriske egenskaper i sluttprodukter av havre. Lipider kan bidra til oksidativ smak som resultat av feil lagring og prosesseringsvilkår, samt at innhold av β -glukan bidrar til høy viskositet som vil påvirke både tekstur og sensoriske egenskaper i sluttprodukter.

Det er ellers to hovedreaksjoner som kan modifisere havrelipider gjennom prosessering og lagring. Det er hydrolyse der triacyglyseroler og forfolipider konverteres til frie fettsyrer samt at oksidasjonsreaksjon der flerumettede fettsyrer konverteres til hydroperoksider og videre til andre oksidasjonprodukter. Harskning utvikler seg både på grunn av enzymatiske og ikke-enzymatiske prosesser. Den resulterende langkjedede hydroksifettsyrer forårsaker bitter smak, mens harsk smak er forbundet med flyktige aldehyder, ketoner, og alkoholer hvor heksanal kan være dominerende. Heksanal er alltid til stede i havreprøver. Lave konsentrasjoner i prøvene gir akseptabel smak, mens oksidasjon skjer når heksanal og relative komponenter økes dramatisk ovenfor normalt nivå (Sides et al. 2001).

Sensorisk kvalitet er et avgjørende kriterium i forbrukernes valg av matvarer. Derfor er kontroll av sensoriske egenskaper viktig for attraktivitet av nye havreprodukter. Havre blir ansett av de fleste som smaksfullt kornprodukt som har en positiv helse image. Samtidig kan en tendens til å utvikle harskning og uønskede bitter smak begrense deres bruk.

Smaken av havrekorn er mild og er dannet under varmeprosessering og oppstår ved en kombinasjon av flyktige og ikke-flyktige forbindelser eller er produsert fra fenolene, aminosyrer og peptider, sakkarider og fettsyrer. Smaken som kjennes er avhengig av relative mengder til alle disse komponentene. Noen av dem har større påvirkning enn andre. I noen grad, smaksdannelse kan styres ved nøye utvelgelse av råvarekombinasjoner og prosesseringstrinn (Webster & Wood 2011). Kunnskap om kjemiske egenskaper og forholdet i struktur funksjoner av råvarer og produkter er nødvendig for å produsere spesifikke egenskaper som vil treffe forbrukernes forventninger. Figur 8 viser komponenter i havrekorn og deres sensoriske påvirkning (Webster & Wood 2011).



Figur 8. *Kjemiske komponenter i havrekorn og deres sensoriske påvirkning (Webster & Wood 2011).*

For å forstå fysisk-kjemiske faktorer som er involvert i hvordan det smaker, kreves korrelasjon av instrumentelle målinger med sensorisk data (Lillford 2001).

Noen flyktige forbindelser (aldehyder, ketoner, og alkoholer) er dominerende i både rå og prosessert havre, men varmebehandling gir pyrazin- og pyridinderivater. Generelt inneholder ubehandlet korn eller mel små mengder av bare noen få smaksaktive komponenter (Webster & Wood 2011) som alifatiske aldehyder (pentanal og heksanal) samt noe karbonyl komponenter som bidrar til ”grønn” lukt og besk smak.

Ikke-flyktige komponenter som fenoliske forbindelser, lignaner og avenanthramider, bidrar ofte til smaken i havre produkter (Dimberg et al. 1996; Peterson 2001). Mest smakgivende er ferulisk syre, men andre, for eksempel som sinapisk syre, p-kumarinsyre, syringiske-, og kaffeiske syrer kan også bidra til smaken (Welch 1995). Selv om fenoliske syrer hovedsakelig er til stede i bundet form, kan også små mengder av frie fenoliske syrer påvirke smaken (10-90 mg / kg) (Dimberg et al. 1996). Noen fenoliske forbindelser som p-kumarinsyre syre, vanillin, p-hydroxybenzaldehyde, og koniferyl alkoholer kan også bidra til harsk, bitter eller intens smak i havreprodukter (Molteberg et al. 1996b).

Frie aminosyrer og spesielt små peptider kan også påvirke smak. Ved høye temperaturer danner de smaksaktive flyktige forbindelser som resultatet av Maillardreaksjon. Det er en av de hovedreaksjonene som påvirker smaken og fargen på bearbeidet mat (Webster & Wood 2011).

Det er lite litteratur tilgjengelig om smaken til ubehandlet havre siden den generelt ikke markedsføres eller brukes på grunn av hurtig oksidasjon av produktet. Smaken til bearbejdede produkter er bedre dokumentert. Noen hevder at varmebehandling av havre med skall på resulterer i harsk og bitter smak, mens varmebehandling av avskallet havre fører til frisk og havrelignende smak (Molteberg et al. 1996b).

2.7. Sensorisk analyse.

Matens sensorikk viser til utseende på maten, lukt, smak og tekstur.

Mennesker har i hovedsak fem grunnsmaker: søtt, surt, salt, bittert og umami, men metall og astringent smak sees av noen som grunnsmaker. Hver av disse smakene kan oppfattes alle steder på tunga.

Grunnsmakene påvirker vår opplevelse av mat og drikke, men matens lukt/aroma har enda større betydning for opplevelsen. Det påstås at 80 % av smaksopplevelsen oppfattes med luktesansen (Lawless & Heymann 2010). Konsistens/teksturen til maten er også en viktig faktor som gir signaler om ferskhets og friskhet.

En annen faktor som kan påvirke resultater av en sensorisk test, er psykologiske. Derfor er det viktig å merke begre med tresifrede koder, samt passe på at både begre og mengde av prøven blir like.

For å utføre sensorisk test brukes analytiske og affektive metoder. Analytiske metoder (objektive eller kvantitative tester) grupperes i forskjellstester og beskrivende tester. Disse testene utføres av et trent panel. Affektive metoder (subjektive tester) deles inn i kvantitative og kvalitative metoder og foregår i form av forbrukerundersøkelser.

Forsøket foregår i to etapper med forforsøk (kalibrering) og etterforsøk (praktisk gjennomføring). Ved forforsøk vil panelet kalibreres og noen referanseprøver vil være til hjelp. Ved etterforsøk vil alle avtalte prøver testes. Det er panelleder som er ansvarlig for preparering av prøver, serveringsrekkefølge, mengde, koding og gjentak.

Testing begynner med at dommerne får tilstrekkelig og lik mengde av prøven og starter med å vurdere prøvens utseende og farge, deretter lukt og til slutt smak og tekstur. For å få riktig inntrykk av en prøve er det viktig at de får nok tid. Ved lange prøveserier er det viktig med jevnlig pauser.

Prøven spyttes ut etter testingen av hver prøve og munnen skylles med vann som også spyttes ut. Det er vanlig å tygge på en kjeks med nøytral smak etter hver prøve for å fjerne smaksspor etter forrige prøve. Prøvene serveres randomisert, i tilfeldig rekkefølge uavhengig av konsentrasjon og styrke.

Ved notering av resultater brukes nomenklatur og poengskala som oppfattes entydig og brukes likt av hele panelet. Resultatnotering skjer stort sett elektronisk med hjelp av en datamaskin som omregner merking på skala til tallverdier for databehandling.

Kalibrering eller forforsøk

Panelleder starter forforsøket med å fortelle til panelet hva slags produkter som skal testes og gi panelet egenskapsskjemaet hvor egenskapene er listet opp. Egenskapsskjema leses gjennom av panel og panelleder i fellesskap slik at eventuelle spørsmål til teksten eller prøvebehandlingen avklares.

Deretter går panelet til sine smaksbåser for å bedømme dem i henhold til egenskapsskjemaet. Tilberedelser av prøvematerialet og servering til dommerne utføres på best egnet og lik måte og i henhold til anbefalinger i standardmetoden. Etter å ha utført test har panel og panelleder en diskusjon i plenum hvor resultater av egenskapene gjennomgås.

Panelleder viser en elektronisk utskrift fra innregistreringsprogrammet (CSA, 1999) hvor hver paneldommers bedømmelse samt middelveiden ble registrert for hele panelet for hver prøve. På bakgrunn av dette kontrolleres det i form av en diskusjon at alle dommerne er enige om rangeringen og helst intensiteten av egenskapene for kalibreringsprøvene, samt at det ikke er misforståelser av noen egenskaper. I den diskusjonen velger panelet egenskapene som er aktuelle å ta med. Hvis produkter er ukjente, starter en med å finne nye egenskaper. Det er mulig at flere egenskaper er av samme betydning, da rapporterer panelet om det og panelleder fjerner overlappende egenskaper. Panelleder sørger for at egenskapsskjemaet og bedømmelsesskjemaet redigeres innen hovedforsøket.

Store standardavvik i beskrivende tester skaper mye støy i analyseresultatene. Dersom en eller flere dommere får resultater som avviker vesentlig fra flertallets gås egenskapsskjemaet muntlig gjennom en gang til for å avklare eventuelle misforståelser og forforsøket kjøres eventuelt på nytt.

Panelet betraktes som kalibrert når dommerne er enige om rangeringen av intensiteten av de egenskaper som prøvene bedømmes etter i forforsøket.

Et hovedforsøk

Denne testen gjennomføres prinsipielt som forforsøket, men med de forskjellene at egenskapsskjemaet nå ikke kan endres og prøvene serveres til panelet i sesjoner, med en pause mellom hver sesjon. Prøvene diskuteres ikke etter at hovedforsøket starter. En sesjon vil si at panelet bedømmer et bestemt antall prøver før de får pause.

Sensorisk laboratorium

Et sensorisk laboratorium består av et bedømmelsesrom hvor bedømmelser kan gjøres individuelt, har kjøkkenfasiliteter der prøvene prepareres og har et oppholdsrom for panelet under pauser og ved diskusjon av forforsøket. Deltakerne sitter i egne båser med god benkplass der prøvene blir servert gjennom en luke. Ved et lyssystem kan dommerne gi melding til kjøkkenet når de er ferdige. Laboratoriet skal ha slike vilkår at en som bedømmer unngår støy, har normal temperatur, lysforhold etter hva en ønsker å bedømme, nøytrale asjetter og bestikk, har et overtrykk for å unngå lukter utenfra, fargen generelt i rommet skal være nøytral og dommerne skal ikke forstyrres.

Dommerpanelet

Dommerne er det viktigste instrumentet ved en sensorisk analyse, og de trenger kunnskap og regelmessig trening. Det er stor forskjell mellom mennesker når det gjelder evne til å skille

mellom små variasjoner av sanseinntrykk og det er derfor viktig at de rette personene blir valgt til det sensoriske panelet med hjelp av en test.

Det finnes forskjellige metoder eller tester for å velge dommere til sensorisk panel. Eksempel kan være grunnsmakstest, forskjellstester (differansetester), identifiseringstester, luktbedømmelsestest, fargeblindhetstest eller smaksblindhetstest. Fargetest utføres for å utelukke fargeblinde personer som er uegnede som dommere fordi de skal bedømme utseende og farge til et produkt. Grunnsmakstest utelukker smaksblinde kandidater for en eller flere grunnsmakene. Lukttest utelukker kandidater som luktblinde. Propstest utføres for å finne ut om en er supersmaker(et menneske som har evne til å identifisere smak av å ha en bitteliten mengde eller veldig lav konsentrasjon av prøvemateriale).

2.8. Statistisk analyseverktøy

Sensorikk som analysemetode er stort sett avhengig av statistikk som verktøy for å analysere resultater uttrykt i enorme tallmengder. Metoden som velges med mulighetene som denne målemetoden har, bør være tilpasset den sensoriske problemstillingen. Sensoriske tester krever mye tallbehandling og det er nødvendig å sortere og bearbeide innsamlede data på en statistisk riktig måte.

Variansanalyse (ANOVA)

ANOVA er basert på å bryte ned en respons variasjon til flere deler som kan sammenlignes med hverandre for signifikanstesting. For å teste signifikansen må responsenes varians sammenlignes, og om den strukturerte variansen ikke er større enn den randomiserte variansen (error) kan effekten regnes som ubetydelig, hvis ikke regnes den som signifikant.

For å estimere sannsynligheten og å få en høy F-rate under nullhypotesen, finner vi p-verdien (signifikans-nivå). Jo mindre p-verdi, jo mer sannsynlig er det at den observerte effekten ikke bare er tilfeldig. Vanligvis blir en effekt funnet signifikant forskjellig om p-verdien er under 0,05 (95 % nivå), og det er da mindre enn 0,05 % sannsynlighet at resultatet er tilfeldig. En har da grunn til å tro at den observerte effekten ikke er på grunn av tilfeldige variasjoner og at den har en signifikant effekt.

ANOVA resultatene blir vanligvis presentert i en tabell. Ved å se på resultatene fra ANOVA kan vi finne hvilke p-verdier for egenskapene som er signifikant ulike fra null, og det betyr at det er disse egenskapene som skiller seg ut og har betydning for det endelige resultatet. ANOVA utskriftene er svært omfattende.

Tukey's Test

Tukey's Test er en multippel test for sammenligning og brukes i forbindelse med sensoriske tester. Denne testen tar utgangspunkt i at et par gruppemiddeltall er signifikant forskjellige hvis deres differens er større enn en gitt kritisk verdi. Denne kritiske verdien ønsker man å fastlegge slik at det er en sannsynlighet for å påstå at minst to gruppemiddeltall er signifikant forskjellige når alle i virkeligheten er like. Det benyttes statistisk programvare for å skrive ut hvilke grupper som er signifikant forskjellige. Tukey's Test krever større forskjeller mellom gruppegjennomsnitt før den vil påstå at det er signifikant forskjell mellom gruppene og gir derfor ikke like stor usikkerhet som en del andre tester.

Friedmans Test

Friedmans test er en sensorisk test. Ved beskrivende tester bedømmes egenskaper langs en skala fra 1 - 9. Friedmans Test tar utgangspunkt i rangeringer og er en enkel måte å avgjøre om forskjellene vi observerer er signifikante eller ikke, og for å utelukke usikkerhet. Selv om dommerne har gitt sine bedømmelser på en 1 - 9 skala, kan disse rangeringene gjøres om til den som ble lavest rangert får verdi 1, den som ble høyere rangert får verdi 2 og den som ble nest høyest rangert får verdi 3 osv. Hvis sortene er like vil man forvente at dommerne gjør

sine bedømmelser slik at de tre prøvene får omtrent samme rangsum. Hvis sortene er ulike vil man forvente at de tre prøvene får en signifikant forskjell, og at det for egenskapene kan sees hvilken prøve som for eksempel er grovest og minst grov.

Panel Check

Software programmet Panel Check brukes som en kvalitetskontroll ved de sensoriske analysene samt at det kontrollerer dommere. Den brukes mest ved sensoriske kalibreringstester.

Minitab

Minitab er et interaktivt statistikkprogram. Med Minitab kan man lese inn data fra ulike kilder, editere data og utføre beregninger, foreta mange forskjellige statistiske analyser, for eksempel, korrelasjonsanalyser og presentere resultatene grafisk.

3. MATERIALER OG METODER

3.1. Havre prøver

Ni forskjellige havresorter, høstet i 2009 dyrket på to forskjellige dyrkningssteder(felt), i Norge (felt Apelsvoll) og i Tyskland (felt Wohlde) med gjentak på hvert sted. De ni sortene var Belinda, Nes, Gere, Odal, Matilda, Hurdal, Nudist, Betania og Ringsaker. Et utvalg av disse ble valgt til forskjellige tester. Alle ni var analysert i sort og felt forsøk. Nes fra Apelsvoll, Norge, Nes fra Tyskland og tysk Matilda ble analysert i prosesseringsforsøket ved varmebehandling med damp. I veksthusforsøket ble det analysert mel til to havresorter, Matilda og Odal som var malt og lagret på fryserommet. Syv sorter av havrekorn ble valgt ut til grøtforsøk og sensorisk forsøk både på grunn av resultatene fra forrige forsøk og mengden av korn som var tilstrekkelig. Disse sortene var: Nes tysk og norsk, Odal tysk og norsk, Matilda norsk. I tillegg ble to kommersielle meltyper fra Lantmännen Cerealia AS (Regal siktet og steinmalt) inkludert i grøtforsøket. Det vil si at det var syv prøver med et gjentak, til sammen fjorten prøver. Etter utført analyse ble prøvene lagret på fryserommet.

Avskalling

Havrekorn ble matet opp 40 gramm om gangen i en avskaller (Strecker and Schrader K.G. D-2000 Hamburg, Tyskland). Trykkluft ble brukt inn i avskalleren for å få frem mest mulig skallfraksjon ut i fangerskuffen og for å unngå kontaminering med skall i avskallet havrekorn. Da blanding av skallrester hadde plass allikevel, ble pinsetten brukt for å fjerne skallet.

Maling av avskallet havrekorn

Havrekorn ble forsiktig malt i en laboratoriemølle Retch Ultra med 0,5 mm sikt. Kornet ble matet inn i mølla gradvis for å hindre kritisk oppvarming av temperaturfølsomme fenoler og unngå festing av korn i topplokket.

3.2. Analysemetoder

Ekstraksjon av løselige fenoler i havre

Tre prøver med en parallell hver (til sammen seks prøver) ble innveid to hundre milligram havremel i 50 ml plastrør med konisk bunn. Tørrstoffet i prøvene ble målt samtidig (Sartorius Thermo Control, Kebolab ALS, Norge). Deretter ble i hver parallell tilsatt en av løsninger: 10 ml 60 % aceton (nedkjølt i kjøleskap), 10 ml 60 % metanol og 10 ml 60 % etanol med hjelp av 5ml pipette (2x5ml) i avtrekkskap.

Prøvene ble forseglet med skrukork, preristet på Vorteksmikster og satt på ristemaskin i 10min med et mørkt pledd trukket over. Deretter ble prøvene sentrifugert i 10 minutter ved 2800 runder per minutt (rpm). Ekstrakten ble helt over i 15 ml plastrør i avtrekkskap. Tre hundre mikroliter av den ble brukt til å måle innholds nivå på totale fenoler og antioksidantkapasitet med hjelp av Folin-Ciocalteu metode og Ferring Reducing / Antioxidant power (FRAP) metode henholdsvis. Deretter ble ekstrakten straks lagret mørkt ved $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$

Ekstraksjon av bundne fenoler i havremel

Etter at de løselige fenolene ble ekstrahert og fjernet ut av 50 ml plastrør med konisk bunn da var det bunnfallet igjen. De uløselige fenoliske syrene ble så ekstrahert ut av det bunnfallet.

10 ml 2M natriumhydroksidløsning ble tilsatt og plastbeholderen forseglet med skrukork. Prøven ble ristet på en Vortex-mixer slik at partiklene til bunnfallet ble løst opp. Deretter ble plastrørene godt dekket over med et svart materiale og lot dem stå på benken i romtemperatur i atten timer som synes å være optimalt for å hydrolysere prøvene.

Deretter ble prøvene syrnet med 6M HCl for å gjøre fenolene polare for ekstraksjon med etylacetat. Da ble det tilsatt omtrent 3,2 ml 6 M saltsyre for at prøvenes pH ble nedsatt til 1,45-1,55. Ved justeringen av pH ble 2M NaOH også brukt hvis pH ble for lav.

Ekstraksjon av bundne fenoler ble gjort med 10 ml etylacetat på risting i 10 minutter, sentrifugering 2800 rpm i 10 minutter, med tre gjentak, tilsammen 4 ganger. Ekstrakter ble samlet opp med pipetter i nye tomme 50 ml plastrør med konisk bunn og så satt til vakuuminndamping i Speedvacen i tre og en halv time. Noen ganger kunne det kommet litt vann oppi ekstraktene ved uheldig pippetering. Da har prøvene stått i Speedvacen natt over for å dampe bort uønskekommende vann (det er tyngre enn etylacetat og da vakuuminndamping foregår saktere). Speedvacen hadde plass til kun seks plastrør og da ble det slik at kun tre prøver med en parallell, til sammen seks ble behandlet om gangen.

Residiet i plastrør etter vakuuminndamping ble reløst med dimetylsulfoksid (DMSO), ristet godt i Vorteks -mixer og analysert på uløselige/bundne totale fenoler og antioksidantkapasitet (FRAP). Etter det ble prøvene straks lagret på fryserommet ved $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Alle tilsetninger og ekstraksjoner ble gjort i avtrekkskap på grunn av sterk flyktige reagenser.

Bestemmelse av mengde fenoliske forbindelser (Folin-Ciocalteu's metode)

Metoden baserer seg på Kähkönen som forsket på planteekstrakter, inkludert cerealer. Metoden er egentlig en fargereaksjon som er basert på reduksjon av Folin-Ciocalteu's fenol reagens, er en blanding av tungsten og molybden oksider. Den reduserte reagensen har en blå farge med maksimum på 765 nm. Fenoler reduserer FC og blir selv raskt oksidert. Intensiteten av lysabsorpsjon er proporsjonal med konsentrasjonen av fenoler. Full beskrivelse av metoden finnes i Appendiks (s. 82).

Både frie og bundne fenoliske ekstrakter ble analysert for total fenolene med hjelp av Folin-Ciocalteu (FC) prosedyre . FC reagens (1,0 ml) ble tilsatt til 200 µl av prøveløsningen. Etter 2 min ble 800 µl av Na₂CO₃ tilsatt før inkubasjon (1 time) i mørke ved romtemperatur. Absorbansen ble lest på 765 nm. En standard løsning var forberedt ved oppløsning av 50 mg galliske syre i 5,0 ml etanol og fortynning til 100 ml med vann. Det totale fenoliske innholdet var uttrykt som Gallic syre ekvivalenter (GAE) (mg GAE / 100g prøve).

Ferric Reducing / Antioxidant Power Assay (FRAP) metode

Ved lav pH (3,6) kan et treverdige jern-triopyridyltriazine (Fe III-TPTZ) kompleks reduseres til toverdige form (Fe II). Sistnevnte gir en intens blå farge som kan bli målt gjennom en endring i absorpsjon ved 593 nm. Enhver halvreaksjon som har et lavere redokspotensial enn redokspotensialet til Fe III - Fe II vil redusere det treverdige jernet til toverdige jern. Endringen i absorbans er derfor direkte relatert til den kombinerte eller "totale" reduserende evnen til elektron-donerende antioksidanter, som er til stede i reaksjonsblandingen. Dette forutsetter de nevnte betingelser. Full beskrivelse av metoden finnes i Appendiks (s. 83).

Både frie og bundet fenoliske ekstrakter ble målt for antioksidantaktivitet ved FRAP i henhold til (Benzie & Strain, 1999); 2,4 ml av TPTZ reagensen (Ferric 2,4,6-tripyridyl-s-triazine) ble blandet med 0,1 ml av prøveekstrakt. Etter 1 time i romtemperatur ble absorbansen lest på 593 nm. Antioksidant kapasitet (FRAP) ble uttrykt som Fe³⁺ ekvivalent (mmol Fe³⁺/100 g prøve). Alle analyser ble utført med et gjentak.

3.3. Prosessering

Varmebehandling med damp

Hele havrekorn (ca 50 g korn) av hver sort ble plassert i en aluminiumboks med hull i bunnen og satt i en sil, som ble plassert i en gryte med kokende vann i 20 min. Bunnen av sikten var ca 4 cm over vann nivå. Kjele hadde lokk over. For å få en mer homogendampende effekt på korn, ble kornet rørt med en skje hvert femte minutt. Etter varmebehandlingen ble kornet avkjølt i romtemperatur til fuktighet har stabilisert seg. Kornet ble avkjølt og tørket i mørket. For å kontrollere forsøket ble korn veid før og etter varmebehandlingen samt etter tørking ved romtemperatur. Forsøket ble gjort med et gjentak for hver prøve.

Mellom fem og ti gram av hver dampvarmebehandlet prøve ble veid og så avskallet for hånd. Skal og avskallet prøve ble oppveid igjen slik at skallprosenten ble beregnet til hver prøve. Alle vekt tall ble notert nøyaktig. Deretter ble avskallet korn malt og analysert på løselige og uløselige/bundne totale fenoler og antioksidantkapasitet (FRAP). Analyserte prøver og resten av havremel ble så lagret på fryserommet.

Grøtforsøk

Det ble veid inn fire hundre gram på forhånd av alle havresorter. Deretter ble havrekorn avskallet, malt opp og nymalt havremel ble analysert for løselige og uløselige/bundne totale fenoler og antioksidant kapasitet (FRAP). Nymalt havremel er ment havremel som ble malt og analysert i løpet av maks en uke etter malingen.

Samtidig ble det lagd grøtaktig masse i laboratoriet: 1,5 g havremel av hver sort ble innveid i et 50 ml plastrør med konisk bunn og blandet med 10ml destillert vann, så kokt i vannbad ved 100 °C i fem minutter. Deretter ble prøvene avkjølt i ti minutter og væske som har skilt seg ut ved oppvarming ble blandet inn i massen igjen med hjelp av en spatel. Av de grøtprøvene ble det veid en og halv gram til nye 50 ml plastrør med konisk bunn. Disse sistnevnte grøtprøver ble analysert for løselige og uløselige/bundne totale fenoler og antioksidant kapasitet (FRAP). Unntak i den analysen var at det ble brukt homogenisator for å mikse løsninger med store partikler i til en jevn og homogen masse etter ferdig hydrolyse, før syring. Metoden og mengden av reagensen ble det samme som ved havremelsanalyse fordi det ble tatt slik mengde av grøt som tilsvarer to hundre milligram havremel.

3.4. Metode for sensorisk bedømmelse

I følge hypotese, kornsorter som inneholder mest fenoler kan mulig gi mer spesifikk smak i respektive produkter som blir lagd av den type havresort. For å undersøke effekt av sted og sort ble sensorisk laboratorium brukt og en beskrivende test ble utført. Syv varianter av havregrøt ble analysert ved en Quality Descriptive Analysis ISO 6564:1985E for 23 sensoriske egenskaper (se Appendiks, s.89-90) av 9 sensoriske dommere.

Analyselokaler

Analysene ble utført i et sensorisk laboratorium som er bygget og innredet i samsvar med krav i ISO 8589:1988 General guidance for the design of test rooms. Laboratoriet har individuelle bedømmelsesbåser, standard belysning og eget ventilasjonssystem. Lysintensiteten på bordflata under bedømmelsen var ca. 900 lux. Dommerne blir adskilt med skillevegger for da kan de analysere uavhengig av hverandre. Det er ikke tillatt med kommunikasjon mellom dommerne mens de sitter i sensorisk laboratorium og utfører test. Prøveprepareringsområdet er skjermet for innsyn fra bedømmelsesområdet.

Analysemetode

Det ble utført en beskrivende test ved en Quality Descriptive Analysis ISO 6564:1986E av et sensorisk panel bestående av 9 trente dommere. Dommerne er valgt ut på grunnlag av sine lukt- og smaksevner som tilfredsstillende krav i ISO 8586-1:1993. Det sensoriske panelet blir trent, testet og kontrollert regelmessig.

Registrering av data

Resultatene fra analysen ble registrert i innregistreringssystemet, CSA Compusense® five 4.8, Canada. Venstre side av skalaen tilsvarer ingen intensitet av egenskapen, og høyre side tilsvarer tydelig intensitet av egenskapen. Hver dommer hadde egen PC med mus og innregistrerte sine bedømmelser via skjermen. Etter bedømmelsen ble resultatene maskinelt omsatt til tallverdier fra 1.0 som er lik ingen intensitet til 9.0 som er lik tydelig intensitet.

Forforsøk

Før hovedforsøket startet ble det sensoriske panelet kalibrert gjennom et forforsøk, hvor de ble trent i bruk av de valgte egenskapene og intensiteten av disse.

Formålet med forforsøket var at smaksdommerne skulle oppnå enighet om definisjoner på egenskapene og hvordan bedømme grøtprøvene i forhold til hverandre på en skala.

På forhånd var det avtalt mellom prosjektledere og panelleder om hvilke egenskaper som var relevante å teste for. Det ble utarbeidet i fellesskap med panelleder et forslag til egenskapsskjema som ble satt sammen i rekkefølgen: utseendeegenskaper, lukteegenskaper, smaksegenskaper og teksturegenskaper.

Panelleder startet forforsøket med å gi panelet egenskapsskjemaet hvor egenskapene var listet opp og ble lest gjennom i fellesskap. Panelet gikk deretter til sine arbeidsplasser og fikk grøtprøvene som de skulle bedømme i henhold til egenskapsskjemaet i papirformat og registrerte elektronisk. I kalibreringen av det sensoriske panelet ble prøve ” Regal siktet” og prøve ” Mathilda Tyskland” benyttet. Panelet og panelleder diskuterte egenskapene i plenum etter bedømmelsen av de to prøvene som ble servert.

Det ble kontrollert at alle dommerne var enige om rangeringen og intensiteten av egenskapene for kalibreringsprøvene, samt at det ikke var misforståelser av noen egenskaper.

Resultatene ble gjennomgått ved hjelp av Profile plot i PanelCheck V1. ”Visual performance monitoring”.

Hovedforsøk

Etter forforsøket ble skjema for beskrivende test opparbeidet og oppdatert, en av egenskapene ble fjernet. Egenskapen ”kornethet” var overflødig da egenskap ”grovhet” var med. En kom frem til 23 ulike egenskaper, 2 gjentak og 9 dommere i hovedforsøket. Hovedforsøket ble delt i to dager. Prosedyren var lik den i forforsøket. Prøvene ble servert etter standard prosedyre for beskrivende test, merket med tilfeldige tresifrede koder og med en tilfeldig rekkefølge for prøver, dommer og gjentak.

Tilbereding av prøvene og servering

Det ble laget grøt av syv havremelstyper som ble lagret i en uke i fryserom.

75 gram havremel og 5 dl vann var vispet sammen, kokt opp på svak varme (innstilling 6 på induksjonstoppen i 2,5min, så 2,5 min på innstilling 5), latt det koke i 5 minutter (på innstilling 4), deretter servert direkte i porselensskåler (ikke forhåndsvarmede) med lokk, og deretter delt ut straks til dommerne. Når dommerne får utdelt grøtskålen rører de først om, bedømmer så farge og utseende, rører litt til og lukter, og bedømmer så smak og tekstur. Temperatur i grøten når de begynner å smake blir da ca. 50-60 grader.

Prøvene ble kokt opp og servert en og en, altså ikke randomisert rekkefølge for dommerne, men randomisert over sesjoner og gjentak. Lik mengde av prøveproduktet ble servert i alle skåler. Rester av serverte prøver ble samlet og lagret på fryserommet.

3.5. Statistiske metoder

I denne masteroppgaven ble ANOVA og korrelasjonsanalyse Minitab samt Panel Check programmer brukt. Det ble utført Friedmans og Tukey's test.

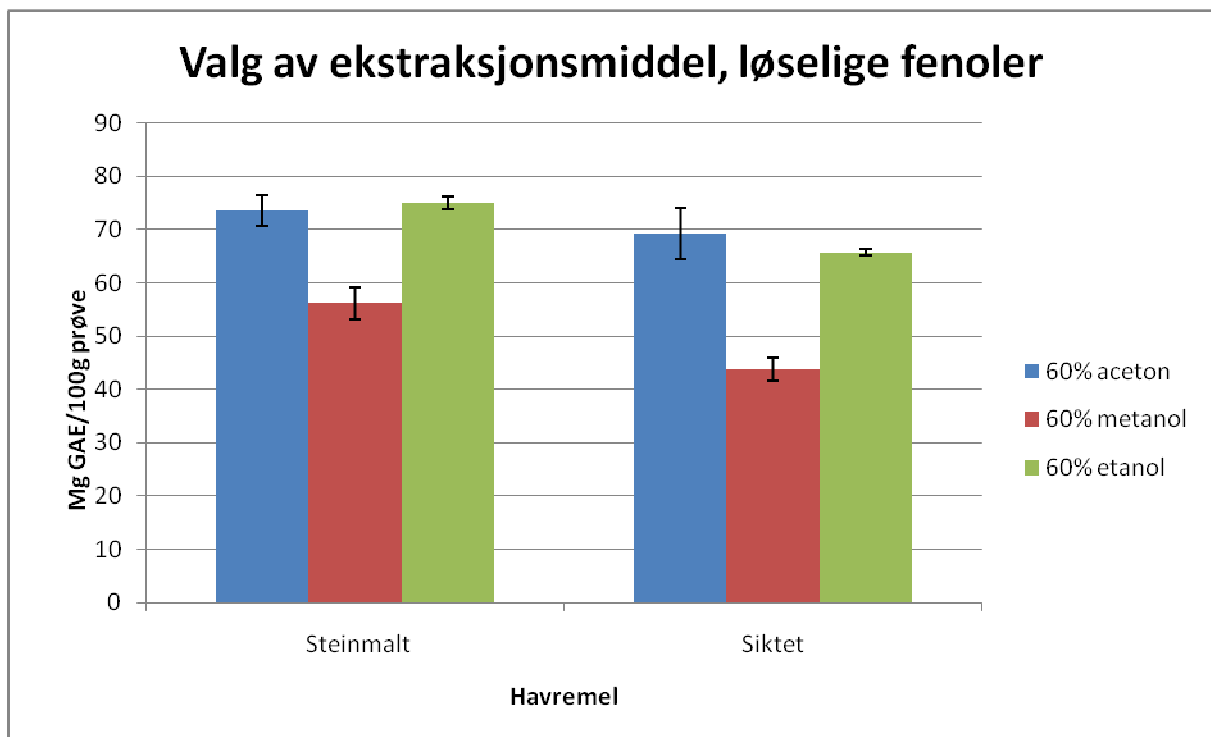
Nivåene som ble brukt i ANOVA var $p > 0,05$ er ikke signifikant og $p < 0,05$ er signifikant på 95 % signifikansnivå, $p < 0,01$ er signifikant på 99 % signifikansnivå og $p < 0,001$ er signifikant på 99,9 % signifikansnivå.

Rangeringene i Friedmans Test ble gjort slik at egenskapen som ble lavest rangert fikk verdi 1, den som ble nest høyest rangert fikk verdi 2, den som ble høyest rangert fikk verdi 3 osv. slik at det for egenskapene kunne sees hvilken prøve som var mest bitter og minst bitter osv.

4. RESULTATER

Forforsøk: valg av ekstraksjonsmiddel

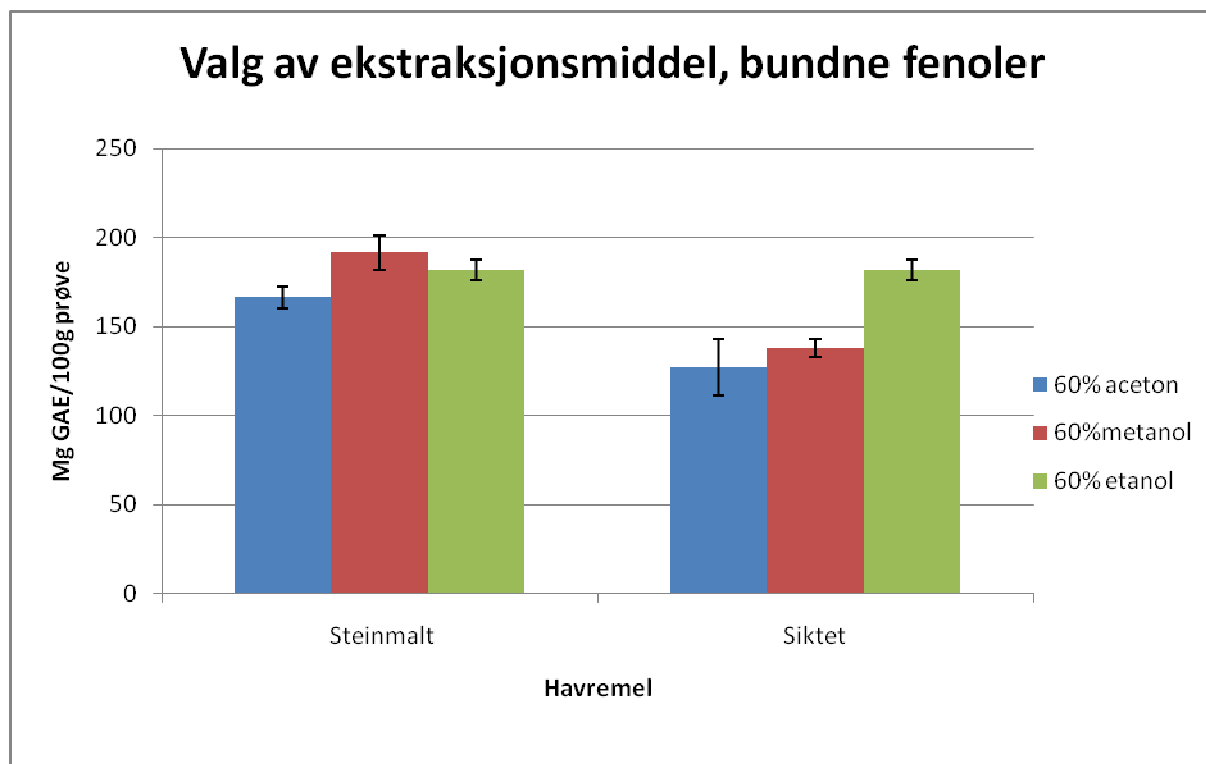
I forskjellige vitenskapelige studier som dreiet seg om fenolanalyser ble det brukt noen ulike ekstraksjonsmidler. For å undersøke hvilken løsning som kunne ekstrahere ut mest totale fenoler, ble det gjort et forsøk med metanol, etanol og aceton, 60 % vannløsninger. Figurer 9, 10 og 11 viser resultater for innhold av løselige og bundne og summen av dem (totale fenoler) som GAE/100g prøve.



Figur 9. Gjennomsnittelig innhold av løselige fenoler i havremelsprøver Regal siktet og Regal steinmalt ved bruk av 60 % aceton, 60 % metanol og 60 % etanol som ekstraksjonsmiddel.

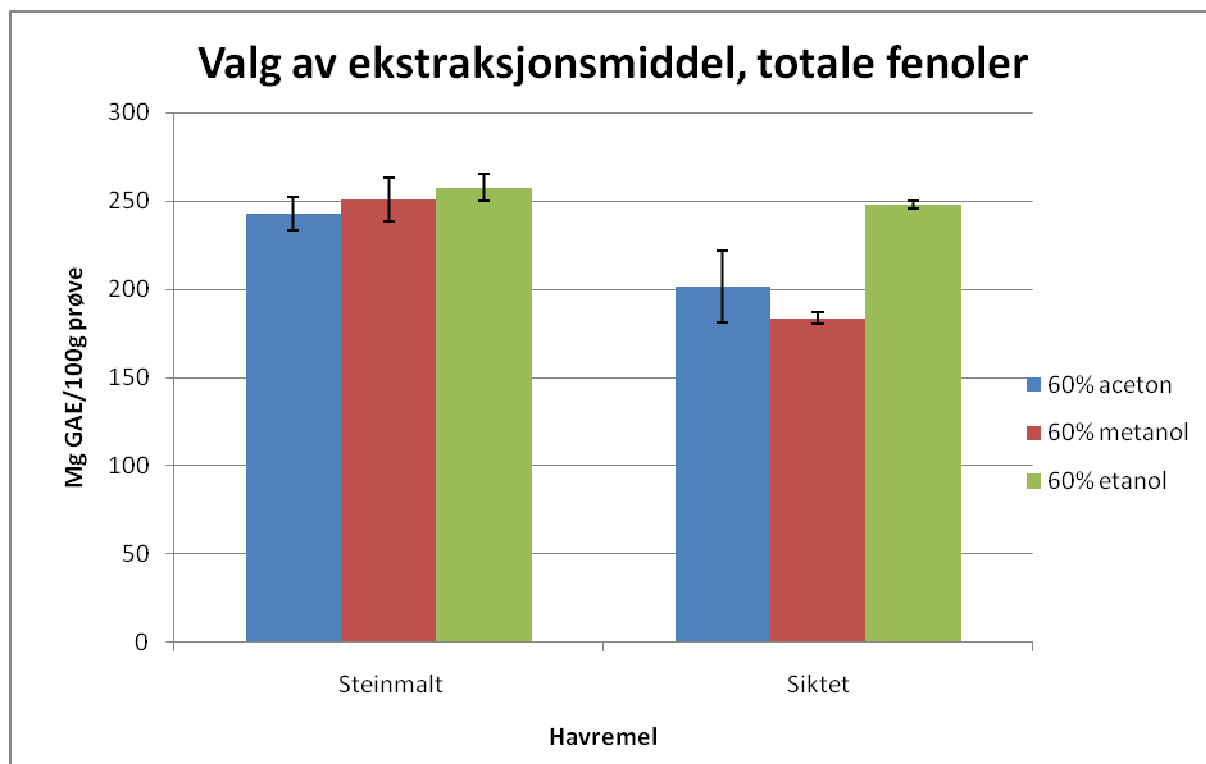
Lavest konsentrasjon av ekstraherte fenoler var ved 60 % metanol mens aceton og etanol var ikke signifikant forskjellige og disse ga mye større verdi av fenoler ved ekstraksjonen.

Man kan se at ved bruk av metanol og etanol ble det ekstrahert mer fenoler i steinmalt havremel enn i siktet mens det var ingen signifikant forskjell mellom mel typer ved bruk av aceton.



Figur 10. Gjennomsnittelig innhold av bundne fenoler i havremelsprøver Regal siktet og Regal steinmalt ved bruk av 60 % acetone, 60 % metanol og 60 % etanol som ekstraksjonsmiddel.

Resultater av bundne fenoler viser mye større konsentrasjon enn løselige fenoler (mg GAE/100g prøve). Generelt kan man se at større mengde bundne fenoler ble ekstrahert fra steinmalt havremel med etanol og metanol løsninger. Etanol viste ingen signifikant mellom steinmalt og siktet havremelsprøve.



Figur 11. Gjennomsnittelig innhold av totale fenoler (summen av løselige og bundne) i havremelsprøver Regal siktet og Regal steinmalt ved bruk av 60 % aceton, 60 % metanol og 60 % etanol som ekstraksjonsmiddel.

Resultater av totale fenoler viser at etanol ekstraherte høyest innhold av fenoler i begge prøvene, steinmalt og siktet. Det var ikke signifikant forskjell mellom ekstraksjonsmidler ved ekstraksjon fra steinmalt havremel, mens etanol ekstraherte ut den høyeste mengden av fenoler for siktet havremel.

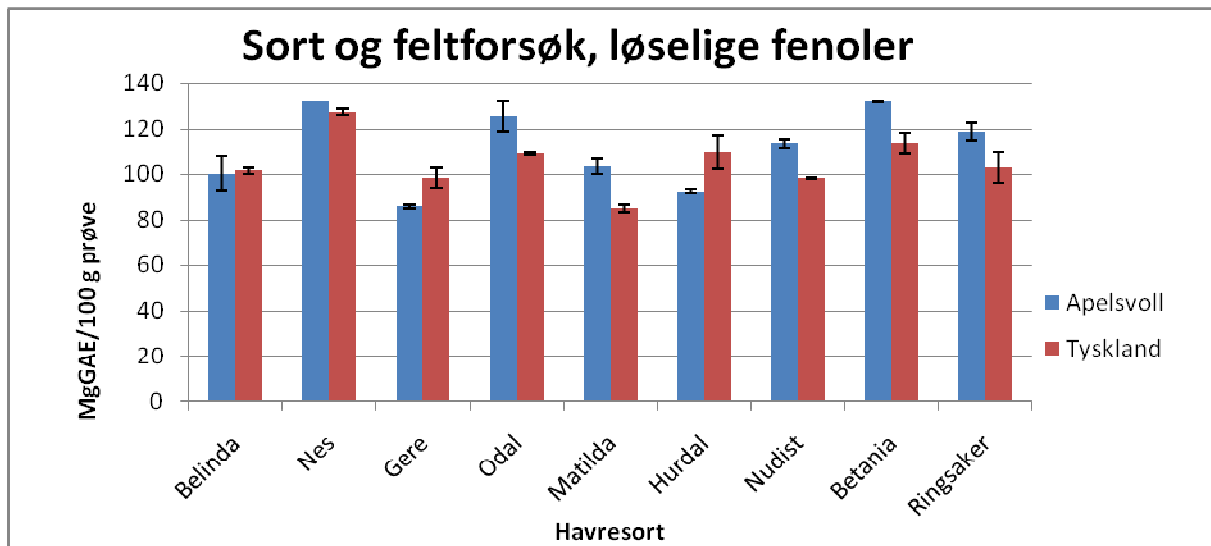
Metanolløsning har mye lavere molekylærmasse enn de to andre løsninger. Dette kan forklare at den var mer flyktig som ga større avvik i resultater enn hos de to andre løsninger. Ut fra helhetsvurdering ble aceton valgt ut som ekstraksjonsmiddel.

4.2. Sorts- og feltforsøk

I følge hypotesen og resultater fra noen vitenskapelige forsøk, viser forskjellige havresorter samt dyrkningslokasjon til ulik total fenolinnhold (Emmons & Peterson 2001) som mulig vil påvirke smaken i havreprodukter. For å undersøke sortvariasjon ble ni forskjellige sorter analysert for mengden fenoliske komponenter samt deres antioksidant kapasitet. Mulig innvirkning av dyrkningsforhold ble også undersøkt ved å analysere fra to forskjellige steder (felt).

Fordeling og mengde av fenoliske komponenter

Figurene 12, 13, og 14 viser innhold av løselige, bundne og totale fenoler i de forskjellige havresortene dyrket ved to forskjellige dyrkningssteder.

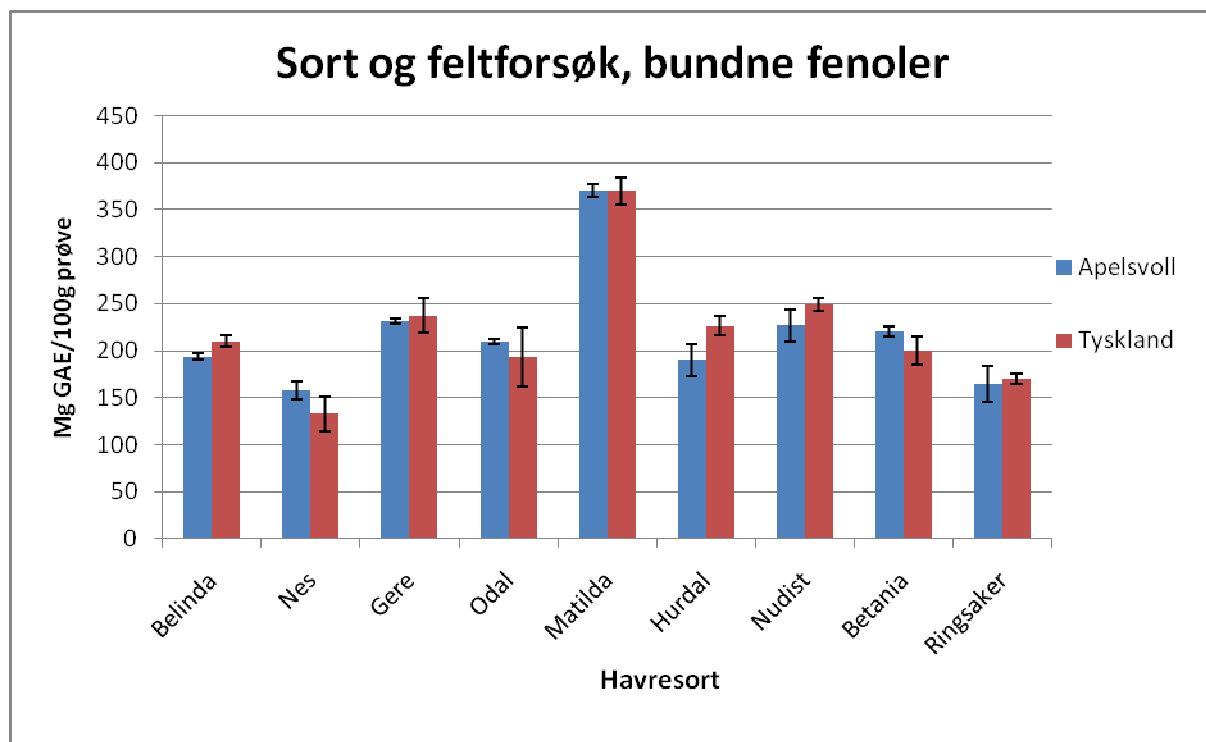


Figur 12. Gjennomsnittelig innhold av løselige fenoler i forskjellige havresorter dyrket ved to forskjellige dyrkningssteder.

De fleste havresortene dyrket ved Apelsvoll (Norge) hadde et større innhold av løselige fenoler enn havresortene dyrket i Tyskland.

Generelt norske Nes, Odal og Betania hadde den høyeste konsentrasjonen av løselige fenoler mens den laveste konsentrasjonen var i tyske Matilda og norske Gere.

Forsøk for løselige fenoler viser signifikant forskjell både mellom sorter og steder (felt).



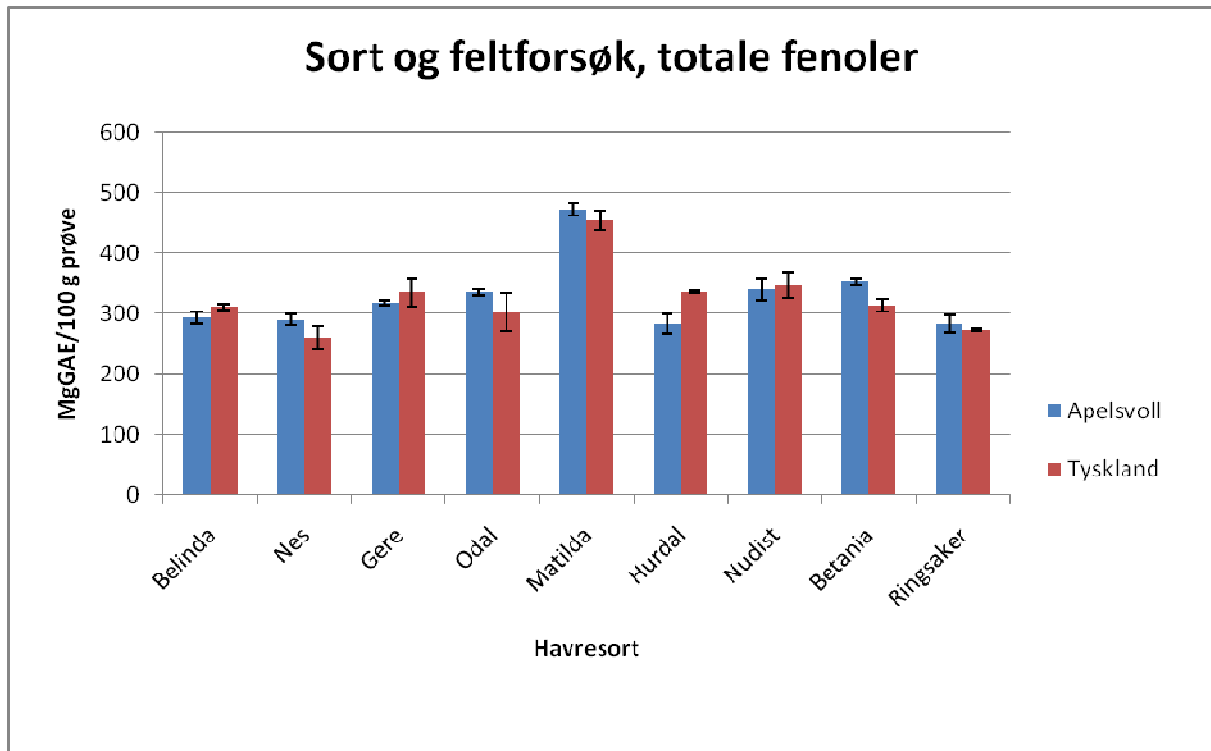
Figur 13. Gjennomsnittelig innhold av bundne fenoler i forskjellige havresorter dyrket ved to forskjellige dyrkningssteder.

Generelt var innhold av bundne fenoler i prøvene mye større enn innhold av løselige fenoler i tilsvarende prøver.

Det ble observert signifikant forskjell mellom noen sorter mens mellom felt ble det observert signifikant forskjell kun for Hurdal.

Norske og tyske Matilda viste de høyeste resultatene for sortforsøk. Tyske og norske Nes og Ringsaker hadde den laveste fenolkonsentrasjonen. Man kunne også notere at Nes som viste til den høyeste innhold av løselige fenoler, hadde den laveste mengden av bundne fenoler.

Forsøk for bundne fenoler viser variasjon mellom noen sorter og svært lite feltforskjell.



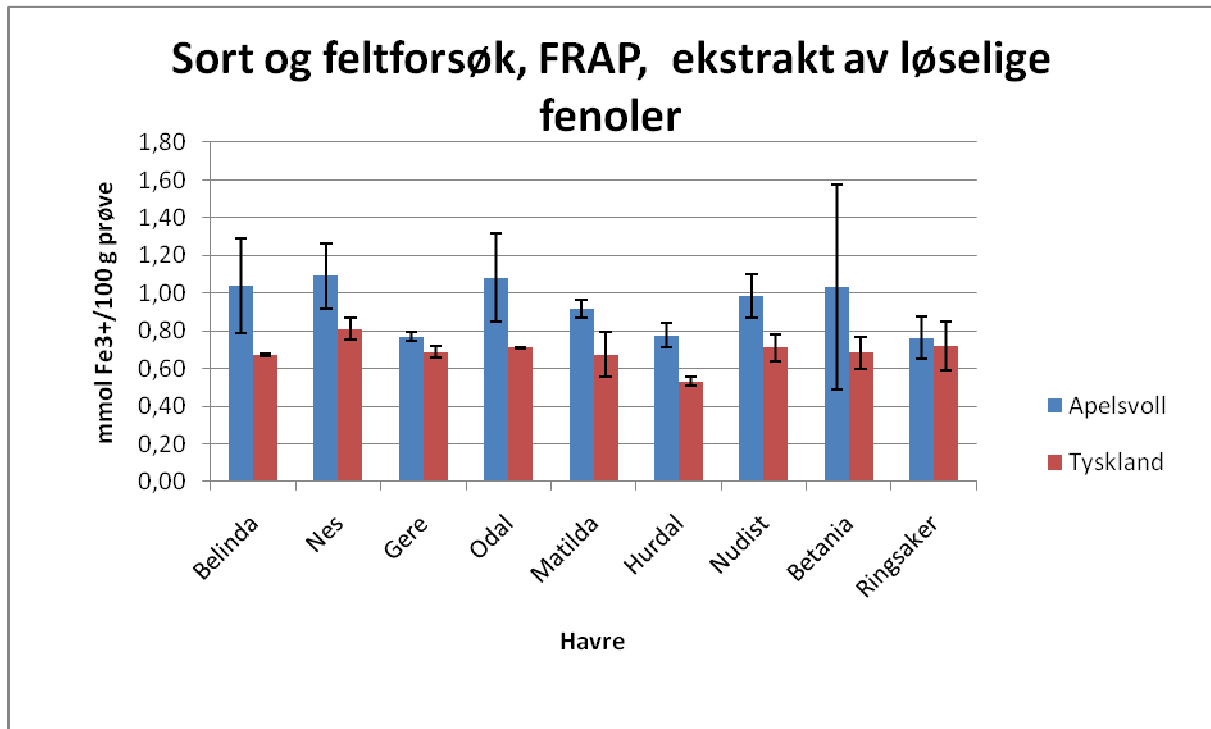
Figur 14. Gjennomsnittelig innhold av totale fenoler (summen av løselige og bundne) i forskjellige havresorter dyrket ved to forskjellige dyrkningssteder.

Diagrammet viser signifikant forskjell mellom felt for Hurdal og Betania.

Sortforsøk viste signifikant forskjell mellom noen sorter. Matilda skilte seg ut og hadde den høyeste gjennomsnittelig totale fenolinnhold i begge felt.

Antioksidant kapasitet (FRAP)

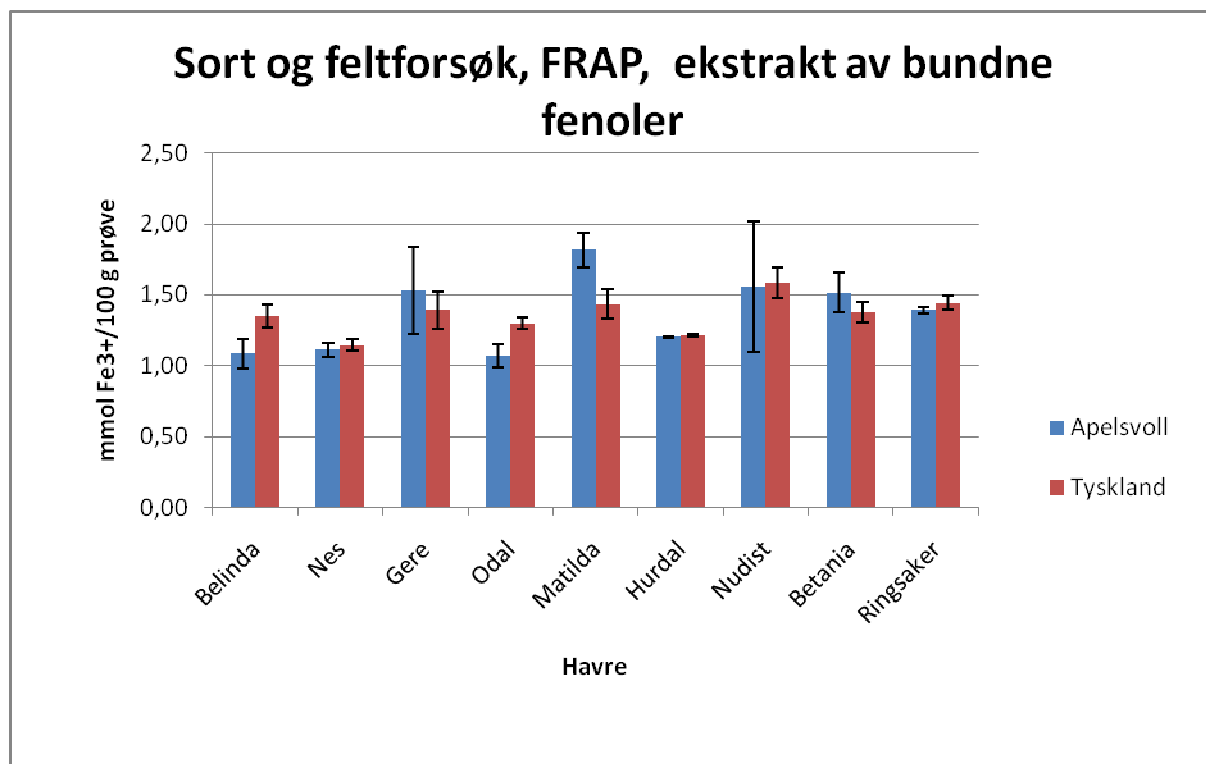
Figurene 15, 16 og 17 presenterer gjennomsnittlig antioksidant kapasitet for løselige, bundne og totale fenoliske komponenter, respektive, målt som mmol Fe³⁺/100 g prøve for hver havresort.



Figur 15. Gjennomsnittlig antioksidant kapasitet i ekstrakter av løselige fenoler, målt i mmol Fe³⁺/100 g prøve for hver havresort dyrket på to forskjellige dyrkningssteder.

Ut fra diagrammet ser man signifikant forskjell mellom feltene for alle sorter, bortsett fra sorten Betania. Generelt var antioksidant kapasitet høyest for alle prøver i det norske feltet.

Norske sorter Belinda, Nes, Odal og Belinda skilte seg ut på grunn av et veldig høyt avvik og ble utelukket av diskusjon. Det var signifikant forskjell mellom noen av sortene. Tyske Hurdal hadde den laveste antioksidant kapasiteten i ekstrakten av løselige fenoler.

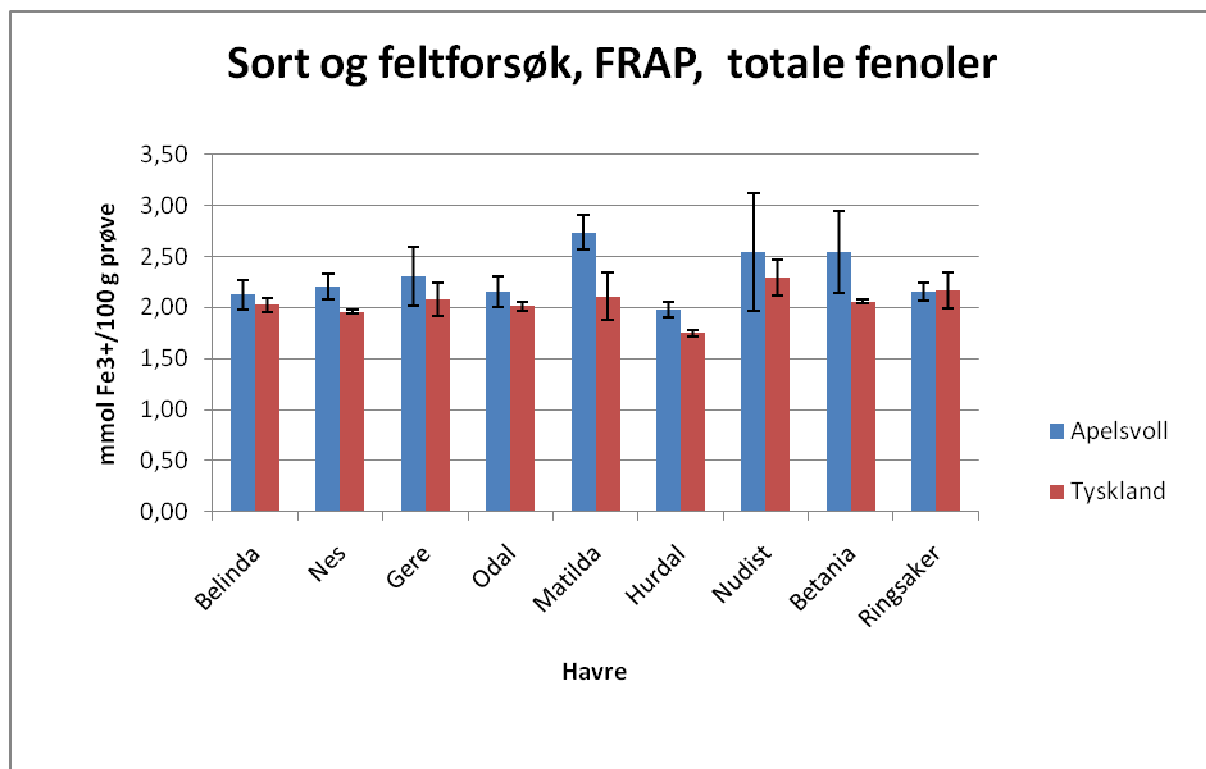


Figur 16. Gjennomsnittelig antioksidant kapasitet i ekstrakter av bundne fenoler, målt i mmol Fe³⁺/100 g prøve for hver havresort dyrket på to forskjellige dyrkningssteder.

Figuren viser signifikant forskjell mellom felt for Belinda, Odal og Matilda.

Det var signifikant forskjell mellom noen sorter. Tyske Hurdal og Nes viste like resultater men var signifikant forskjellige fra andre tyske sorter. Norske Belinda, Nes, Odal og Hurdal viste like resultater, men var signifikant forskjellige fra andre norske sorter.

Man kunne også observere at prøvene som hadde høyest antioksidant kapasitet i det løselige fenol ekstraktet se Figur 15, viste lavest antioksidant kapasitet i bundne fenol ekstrakter (norske Nes og Odal).



Figur 17. Gjennomsnittelig antioksidant kapasitet for totale fenoler (summen av løselige og bundne), målt i mmol Fe³⁺/100 g prøve for hver havresort dyrket på to forskjellige dyrkningssteder.

Norske Nudist og Betania hadde for stort avvik og ble utelukket av diskusjonen.

Diagrammet viser signifikant forskjell kun i noen felt for Nes, Matilda og Hurdal. Generelt var antioksidant kapasiteten i det norske feltet større enn i det tyske.

Sortforsøket viste signifikant forskjell mellom norske Matilda og norske Odal og Hurdal samt mellom tyske Hurdal og resten av sortene. En prøve skilte seg ut med høyst antioksidant kapasitet; norske Matilda.

Statistiske analyser

Tabell 2 viser korrelasjonsanalyse i Minitab, utført for felt og sort forsøket. Full oversikt over korrelasjonsanalyse i Minitab kan man se i Appendiks (s. 85)

Tabell 2. Korrelasjonsanalyse utført for felt og sort forsøket.

Egenskaper	Sortnummer	Felt	Løselige fenoler	Bundne fenoler	Totale fenoler	FRAP løselige	FRAP bundne
Løselige fenoler		-0,539 P=0,000					
Bundne fenoler			-0,342 P=0,003				
Totale fenoler				0,959 P=0,000			
FRAP løselige		-0,613 P=0,000	0,437 P=0,000				
FRAP bundne	0,373 P=0,001		-0,373 P=0,001	0,562 P=0,000	0,484 P=0,000		
FRAP totale		-0,449 P=0,000		0,377 P=0,001	0,404 P=0,000	0,595 P=0,000	0,704 P=0,000

Ut fra resultater var det ingen signifikant forskjell mellom sortene i innhold av fenoler. Det var kun signifikant forskjell mellom sorter ved måling av antioksidant kapasitet i ekstrakter av bundne fenoler.

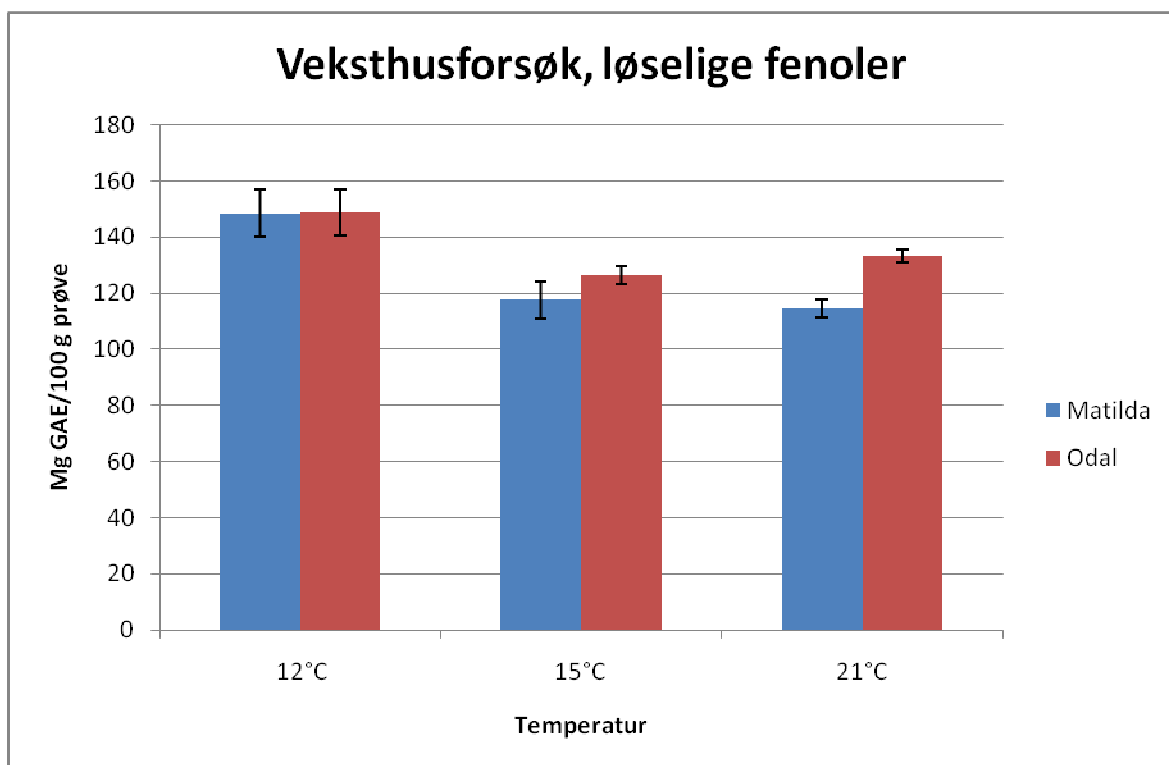
Det var signifikant forskjell mellom feltene i innhold av løselige fenoler samt at det var signifikant forskjell mellom felt ved måling av antioksidant kapasitet i ekstrakter av løselige fenoler og ved målingen av total antioksidant kapasitet.

4.3. Veksthusforsøk med havresorter

Resultatene så langt viser forskjell mellom felt og da dyrkningssted. Dette kunne skyldes forskjell i veksttemperatur. Det ble derfor analysert prøver, dyrket i veksthus under forskjellige veksttemperaturer. To havresorter, Odal og Matilda dyrket ved tre forskjellige temperaturer ble analysert.

Innhold og fordeling av fenoliske komponenter

Figur 18, 19 og 20 viser gjennomsnittelig konsentrasjon av løselige, bundne og totale fenoler i havremelsprøver av Matilda og Odal dyrket ved 12°C, 15°C og 21°C i veksthus.

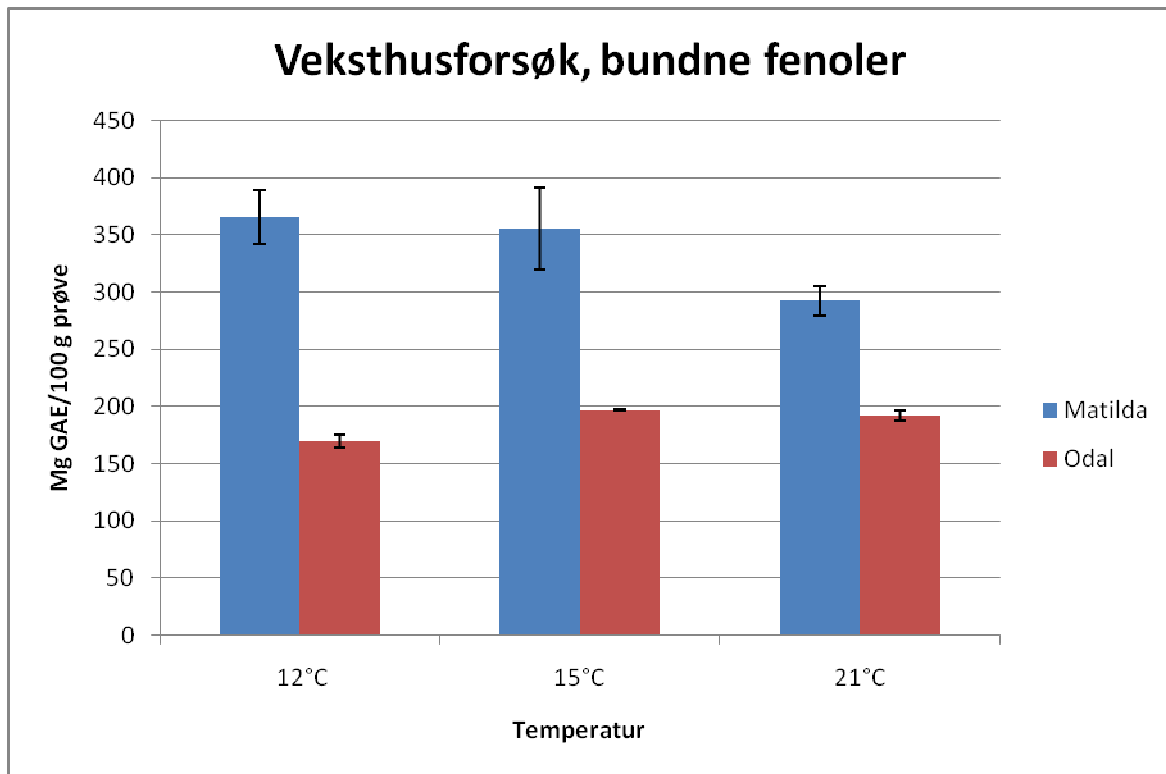


Figur 18. Gjennomsnittelig konsentrasjon av løselige fenoler i havremelsprøver for Matilda og Odal dyrket ved 12°C, 15°C og 21°C i veksthus.

Resultater viser at de to havresortene reagerte forskjellig på variasjon i veksttemperatur med hensyn til innhold av løselige fenoler.

Ved 12°C vekst var ingen signifikant forskjell i innhold av løselige fenoler mellom sortene. Ved 15°C ble det observert reduksjon i innholdet av løselige fenoler for begge sorter, hvor konsentrasjon var litt lavere for Matilda (119 mg GAE/100 g prøve) enn for Odal (125 mg GAE/100 g prøve). Ved 21°C så man at innholdet av løselige fenoler ble litt mer redusert for Matilda, men var høyere for Odal (135 mg GAE/100 g) som viser signifikant forskjell mellom sortene.

Generelt viste forsøket signifikant forskjell fra 12°C til 21°C i innhold av løselige fenoler for begge sortene der det innholdet ble redusert ved temperaturøkning.

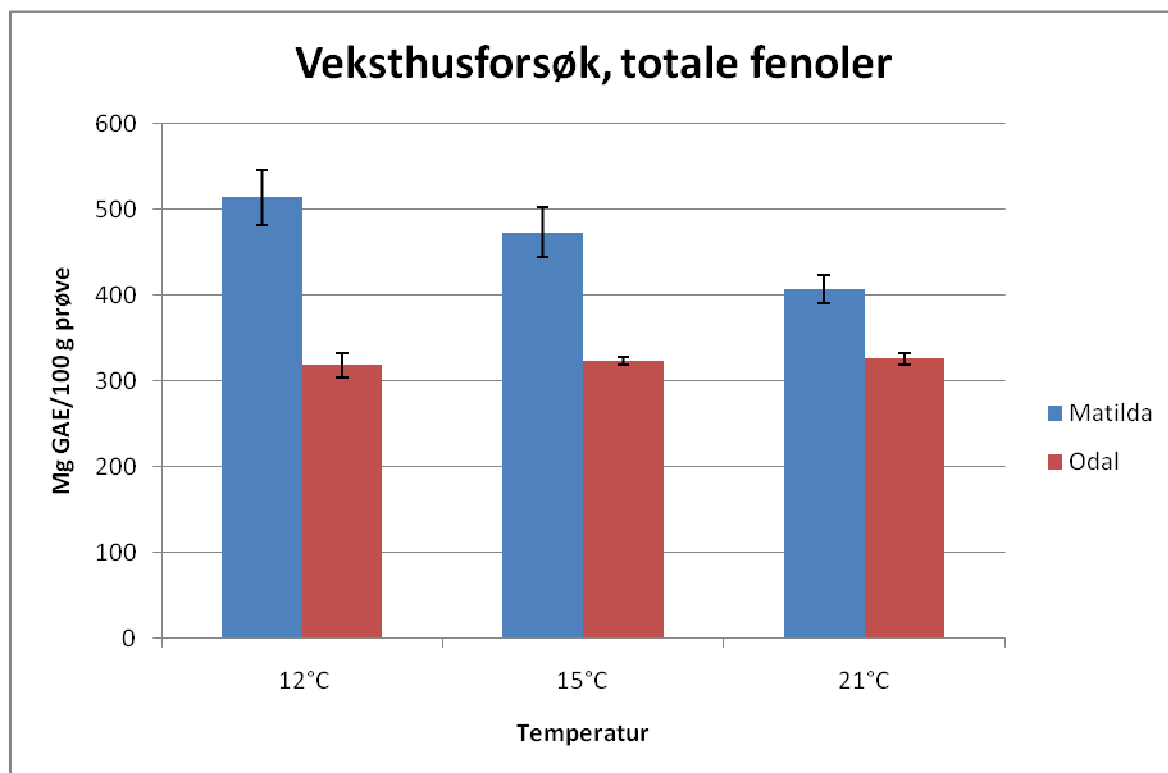


Figur 19. Gjennomsnittelig konsentrasjon av bundne fenoler i havremelsprøver for Matilda og Odal dyrket ved 12°C, 15°C og 21°C i veksthuset.

Innholdet av bundne fenoler var signifikant forskjellige mellom sortene der Matilda hadde et signifikant høyere innhold av bundne fenoler enn Odal. Dette ble også observert i sort og feltforsøket, se Figur 13.

Mengden bundne fenoler i Matilda var nesten uforandret ved veksttemperatur mellom 12°C og 15°C mens den ved varmere temperatur, 21°C, ble redusert (fra 360 mg GAE/100 g prøve til 290 mg GAE/100 g prøve). Odal lå generelt lavere i konsentrasjonen ved alle undersøkte temperaturer (160 mg GAE/100 g prøve ved 12°C) enn Matilda.

Generelt viste sortene signifikant forskjell ved forskjellige veksttemperatur der innholdet av bundne fenoler økte med veksttemperatur for Odal, men ble redusert for Matilda.



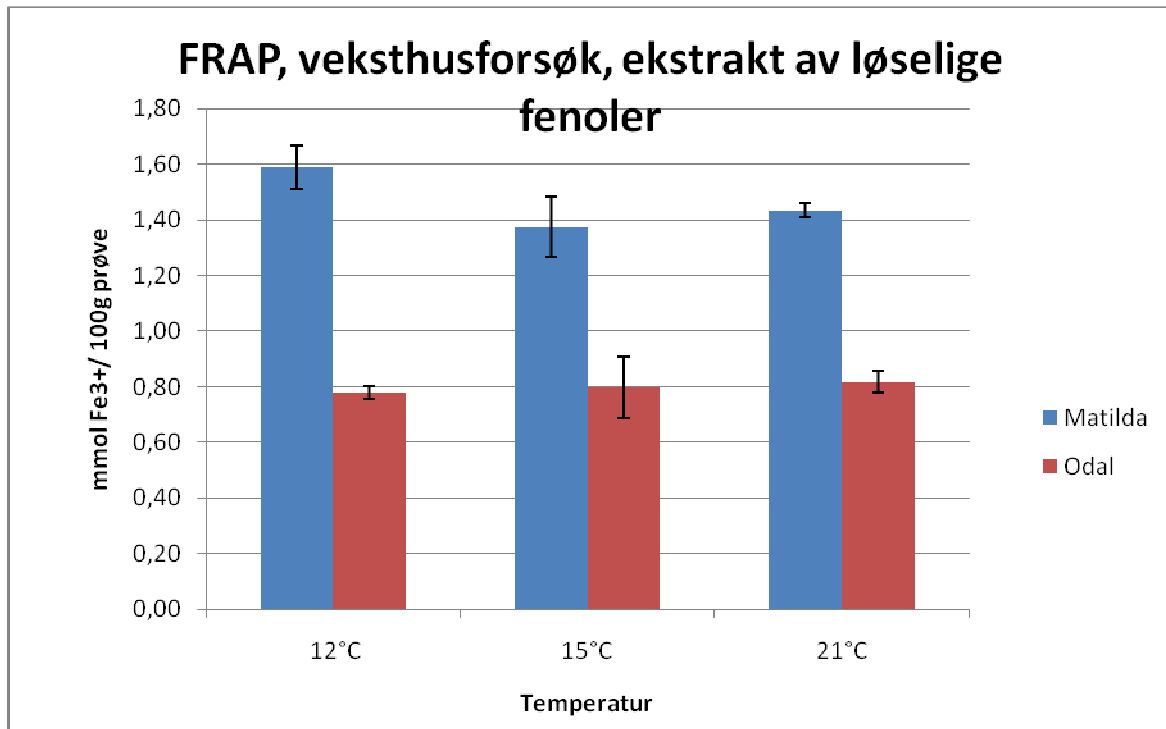
Figur 20. Gjennomsnittelig konsentrasjon av totale fenoler i havremelsprøver for Matilda og Odal dyrket ved 12°C, 15°C og 21°C i veksthuset.

Innholdet av totale fenoler var signifikant forskjellige mellom sortene der Matilda hadde høyest totale mengde fenoler. Dette ble også observert i sort og feltforsøket, se Figur 14.

Resultater viser at de to havresortene reagerte forskjellig på variasjon i veksttemperatur. Resultater for den totale mengden fenoler viser at fenolkonsentrasjon i Matilda er signifikant forskjellig mellom 12°C og 21°C og blir jevnt redusert (510 til 400 mg GAE/100 g prøve) med økende veksttemperatur. Konsentrasjon for Odal var ikke signifikant forskjellig mellom de tre veksttemperaturer.

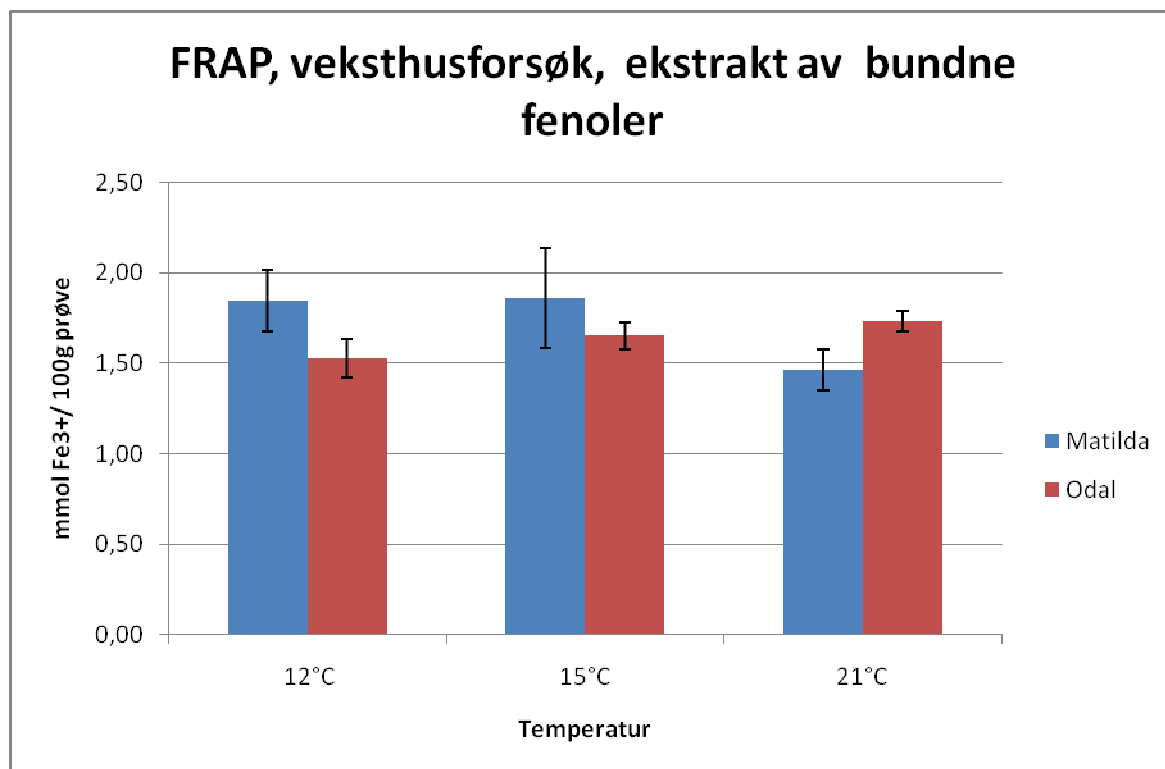
Antioksidant kapasitet i veksthusprøver

Figurene 21, 22 og 23 viser gjennomsnittelig antioksidant kapasitet i ekstrakter av løselige, bundne og summen av disse (totale) fenoler i havremelsprøver av Matilda og Odal dyrket ved 12°C, 15°C og 21°C i veksthus.



Figur 21. Gjennomsnittelig antioksidant kapasitet i ekstrakter av løselige fenoler i havremelsprøver for Matilda og Odal dyrket ved 12°C, 15°C og 21°C i veksthuset.

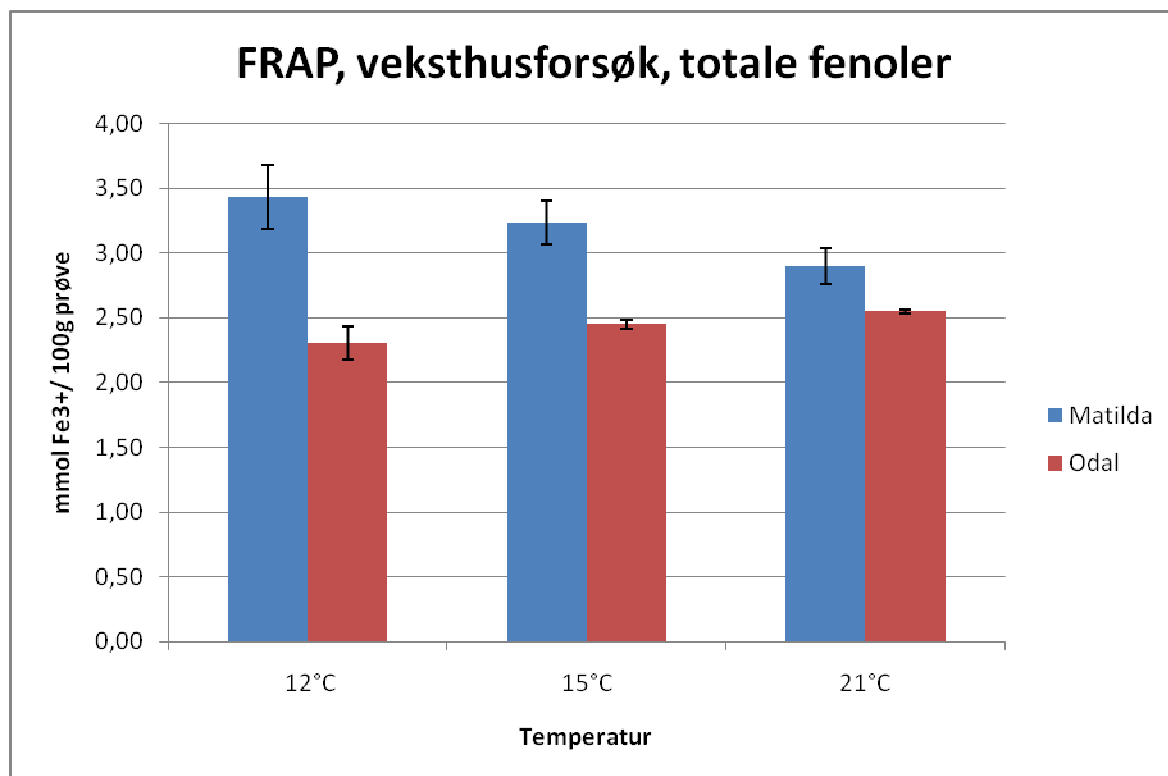
Antioksidant kapasitet i ekstrakter av løselige fenoler var signifikant forskjellige mellom sortene der Matilda hadde større antioksidant kapasitet enn Odal, men ikke signifikant forskjellige ved forskjell i veksttemperatur.



Figur 22. Gjennomsnittelig antioksidant kapasitet i ekstrakter av bundne fenoler i havremelsprøver for Matilda og Odal dyrket ved 12°C, 15°C og 21°C i veksthuset.

Antioksidant kapasitet i ekstrakter av bundne fenoler var ikke signifikant forskjellige mellom sortene.

Disse to havresortene reagerte forskjellig på variasjon i veksttemperatur. Kun Matilda viste signifikant forskjell mellom 12°C og 21°C der antioksidant kapasitet ble redusert med økende veksttemperatur. Odal viste ingen signifikant forskjell med variasjon i veksttemperatur mellom 12°C og 21°C .



Figur 23. Gjennomsnittelig antioksidant kapasitet for totale fenoler i havremelsprøver av Matilda og Odal dyrket ved 12°C, 15°C og 21°C i veksthuset.

Antioksidant kapasitet i ekstrakter av løselige fenoler var signifikant forskjellige mellom sortene der Matilda hadde større antioksidant kapasitet enn Odal.

Dette diagrammet viser samme trend som diagrammet av totale fenoliske forbindelser i veksthusforsøket, se Figur 20. Det var signifikant forskjell i antioksidant kapasitet for Matilda som ble redusert med økende veksttemperatur mellom 12°C og 21°C samt antioksidant kapasitet for Odal var signifikant forskjellig mellom de tre veksttemperaturer og økte med økning i veksttemperatur.

Statistiske analyser

Tabell 3 viser korrelasjonsanalyse i MINITAB, utført i veksthusforsøket. Full oversikt over korrelasjonsanalyse vises i Appendiks (s. 86).

Tabell 3. Korrelasjonsanalyse utført i veksthusforsøket.

Egenskaper	Sortnummer	Temperatur	Løselige fenoler	Bundne fenoler	Totale fenoler	FRAP løselige	FRAP bundne
Løselige fenoler		-0,611 P=0,035					
Bundne fenoler	0,939 P=0,000						
Totale fenoler	0,901 P=0,000			0,984 P=0,000			
FRAP løselige	0,970 P=0,000			0,927 P=0,000	0,916 P=0,000		
FRAP bundne							
FRAP totale	0,883 P=0,001	0,755 P=0,002		0,980 P=0,000	0,986 P=0,007	0,908 P=0,000	0,618 P=0,032

Ut fra resultater var det signifikant forskjell mellom sortene i innhold av bundne og totale fenoler. Det var signifikant forskjell mellom sorter ved måling av antioksidant kapasitet i ekstrakter av løselige og i beregningen av total antioksidant kapasitet.

Det var signifikant forskjell mellom veksttemperaturene i innhold av løselige fenoler samt at det var signifikant forskjell mellom veksttemperatur og ved beregningen av total antioksidant kapasitet.

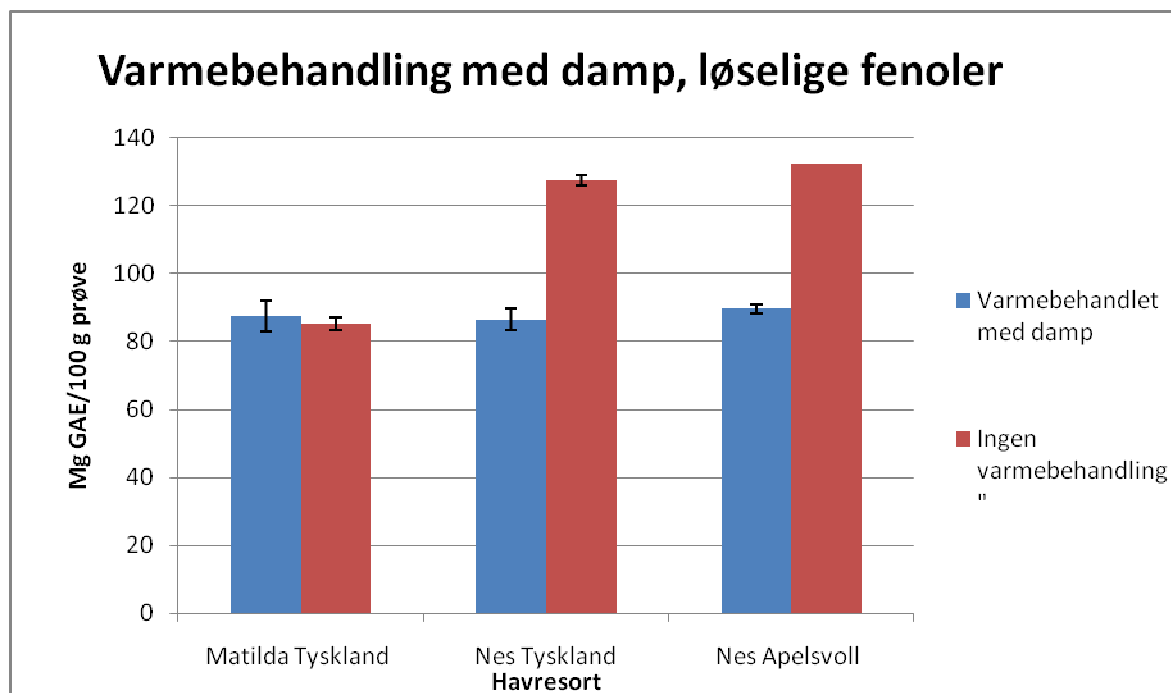
4.4. Effekt av prosessering.

Kommersielle havrekorn gjennomgår varmebehandling før de blir prosessert videre til for eksempel, havremel eller havreflak. Dette trinnet i prosessen er nødvendig for å inaktivere enzymer som forårsaker oksidasjon av lipider i disse produktene som ikke er ønskelig. I dette forsøket var målet å undersøke om varmebehandling med damp ville påvirke mengden av totale fenoler og deres antioksidant kapasitet.

Fordi det var tydelig forskjell i innhold av både bundne og løselige fenoler for sortene Nes (norsk og tysk) og Matilda, ble deres korn valgt ut til dette forsøket, varmebehandling med damp. Varmebehandlede prøver ble sammenlignet med ubehandlede prøver fra forrige forsøk.

Effekt av varmebehandling med damp, innhold og fordeling av fenoliske komponenter

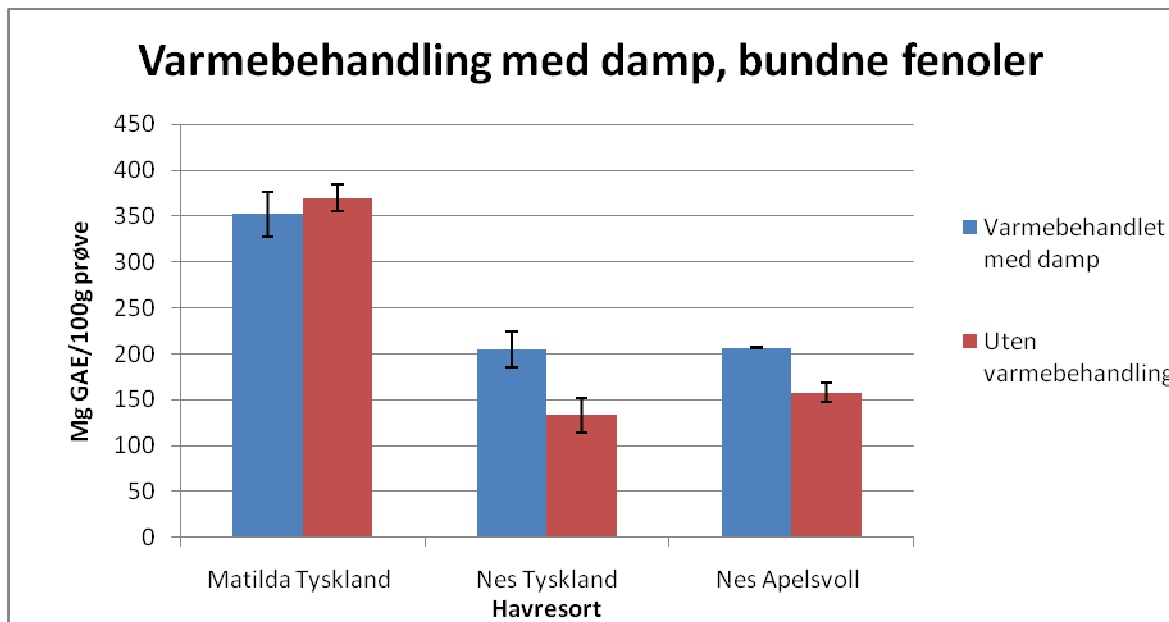
Figur 24, 25 og 26 viser gjennomsnittlig innhold av løselige, bundne og totale (summen av løselige og bundne) fenoler, målt som mengde GAE/100 g prøve i varmebehandlede og ubehandlede prøver for utvalgte sorter.



Figur 24. Gjennomsnittlig innhold av løselige fenoler målt som GAE/100 g prøve målt i varmebehandlede og ubehandlede prøver av havresortene tyske Matilda, tyske Nes og norske Nes.

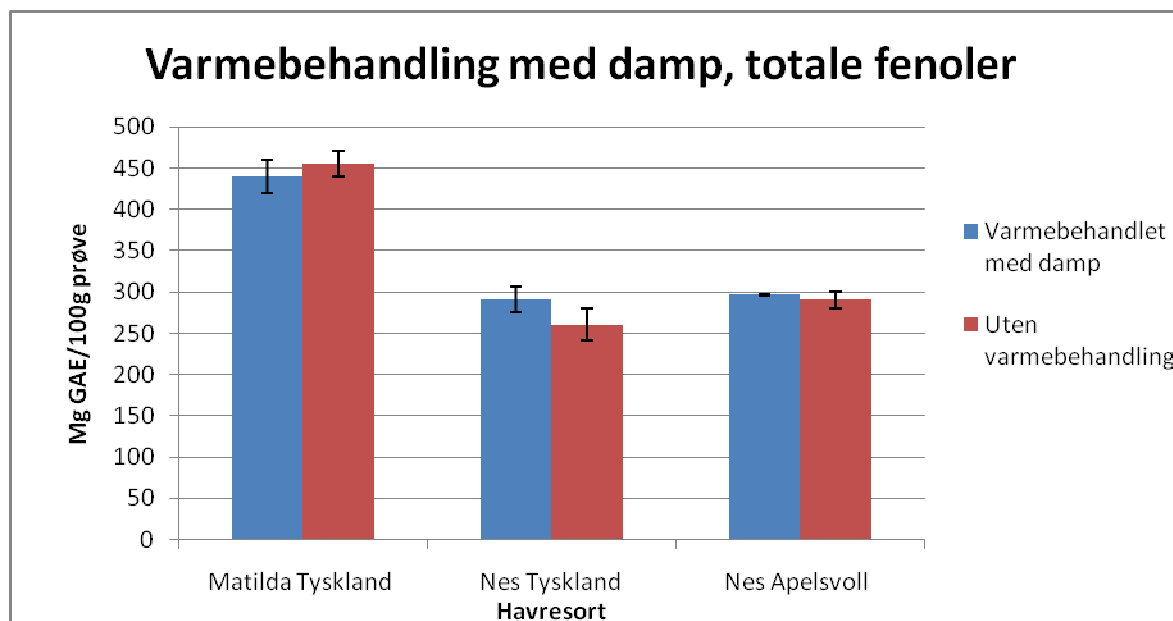
Prøvene reagerte forskjellig på varmebehandling med damp. Den førte til en signifikant reduksjon av løselige fenolkonsentrasjon for tyske og norske Nes, mens Matilda ble

uforandret. Etter varmebehandling med damp ble det ingen signifikant forskjell mellom sorter mens det var signifikant forskjell mellom behandlet og ubehandlet korn for Nes.



Figur 25. Gjennomsnittelig innhold av bundne fenoler målt som GAE/100 g prøve målt i varmebehandlede og ubehandlede prøver av havresortene tyske Matilda, tyske Nes og norske Nes.

Man kan se at innvirkning av varmebehandlingen førte til forskjellige reaksjoner i sorter. Tyske Matilda viste ingen signifikant effekt av varmebehandling på innhold av bundne fenoler, mens både norske og tyske Nes viste en signifikant økning etter varmebehandling til 200 GAE/100 g g prøve.

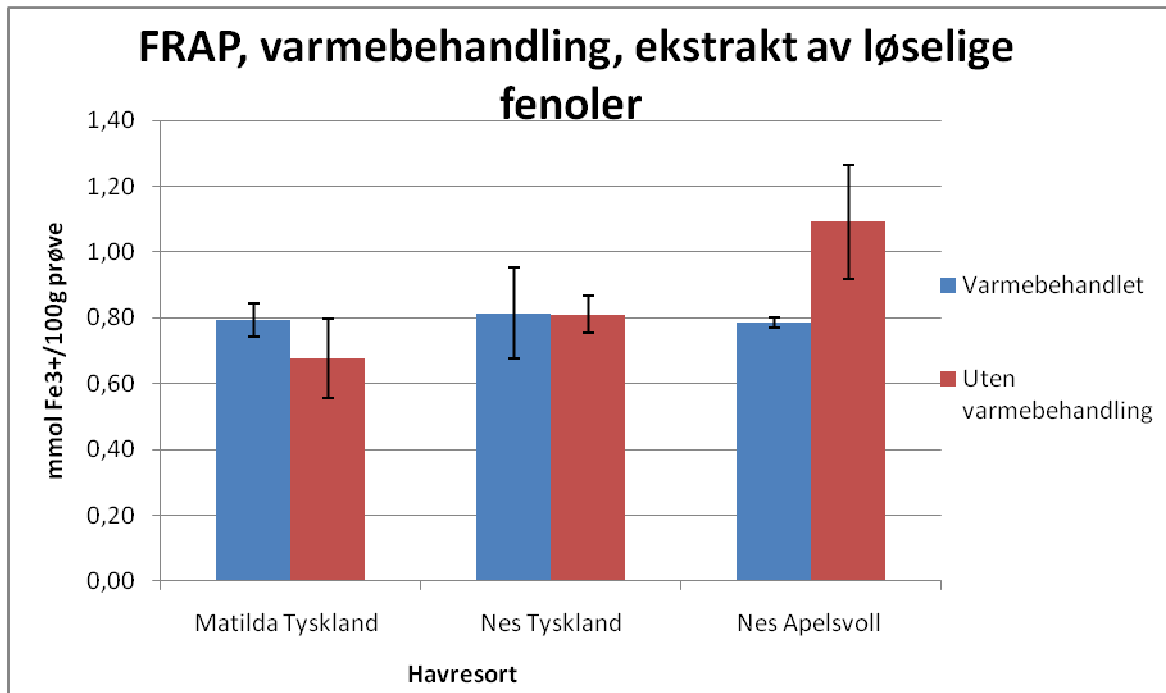


Figur 26. Gjennomsnittelig innhold av totale fenoler målt som GAE/100 g prøve, målt i varmebehandlede og ubehandlede prøver av havresortene tyske Matilda, tyske Nes og norske Nes.

Diagrammet viser signifikant forskjell mellom sorter, men ikke felt etter varmebehandlingen. I totale fenoler observeres det en liten reduksjon av fenoliske forbindelser i tyske Matilda etter varmebehandling som skyldes en svak nedgang i konsentrasjon av bundne fenoler. I motsetning til Matilda har Nes økt innhold av totale fenoler etter varmebehandling, men økning var ikke så stor. Dette skyldes en nedgang i innhold av løselige fenoler, mens de bunde økte etter varmebehandling. Totalt sett er forandringene å betrakte som ikke signifikant for alle prøver mellom behandlet og ubehandlet korn.

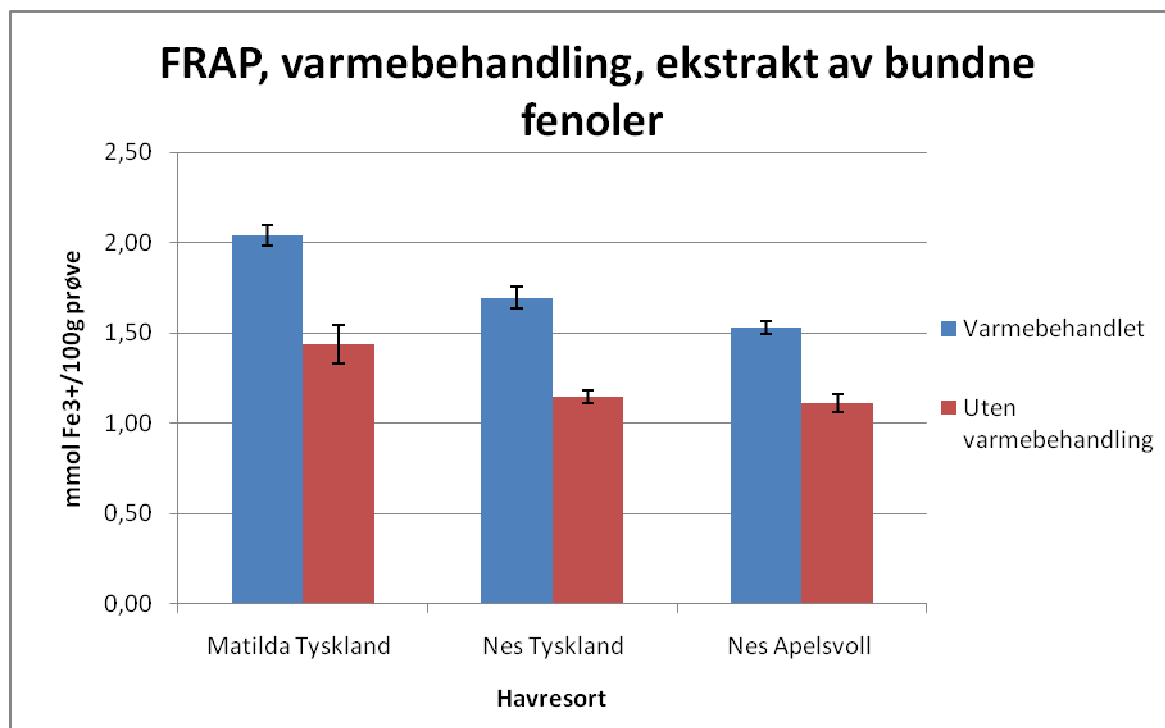
Effekt av varmebehandling med damp, antioksidant kapasitet (FRAP) i havresorter

Figurene 27, 28 og 29 viser antioksidant kapasitet i ekstrakter av løselige og bundne fenoler og summen av dem (totale fenoler) i mmol Fe^{3+} /100 g prøve, målt i varmebehandlede og ubehandlede prøver for utvalgte sorter.



Figur 27. Gjennomsnittelig antioksidant kapasitet i ekstrakter av løselige fenoler, målt i mmol Fe^{3+} /100 g prøve i varmebehandlede og ubehandlede melprøver av tyske Matilda, tyske Nes og norske Nes.

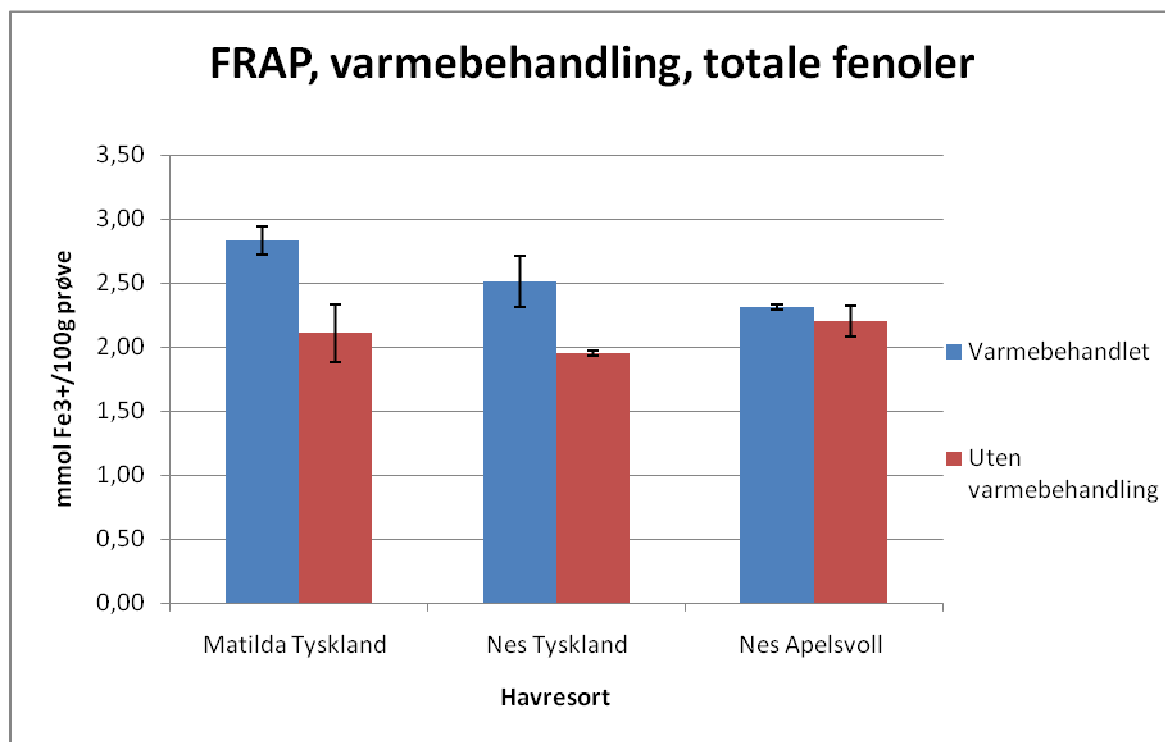
Diagrammet viser ingen signifikant forskjell mellom sorter og felt etter varmebehandlingen. Kun norske Nes viser signifikant forskjell mellom behandlet og ubehandlet korn i dette forsøket.



Figur 28. Gjennomsnittelig antioksidant kapasitet i ekstrakter av bundne fenoler, målt i mmol Fe^{3+} /100 g prøve i varmebehandlede og ubehandlede melprøver av tyske Matilda, tyske Nes og norske Nes.

Resultater viser signifikant forskjell både mellom feltene og sortene etter varmebehandlingen. Alle tre prøvene hadde økning i antioksidant kapasiteten av bundne fenoler med varmebehandling.

Det var også signifikant forskjell mellom behandlet og ubehandlet korn. Forskjellen i antioksidant kapasitet etter varmebehandling tilsvarte økning til 0,7 mmol Fe^{3+} /100 g prøve for tyske Matilda og Nes og til 0,4 mmol Fe^{3+} /100 g prøve for norske Nes.



Figur 29. Gjennomsnittelig antioksidant kapasitet for totale fenoler (summen av antioksidant kapasitet i ekstrakter av løselige og bundne fenoler), målt i mmol Fe³⁺/100 g prøve i varmebehandlede og ubehandlede melprøver for tyske Matilda, tyske Nes og norske Nes havrekornsorter.

I dette forsøket var det ingen signifikant forskjell mellom felt etter varmebehandlingen, men det var signifikant forskjell mellom sorter: tyske Matilda var signifikant forskjellig fra norske Nes.

Tyske Matilda og tyske Nes viste signifikant økning av total antioksidant kapasitet etter varmebehandling, mens norske Nes viste ingen signifikant forskjell.

Statistisk analyse i varmebehandlingsforsøket med damp

Tabell 4 viser korrelasjonsanalyser i varmebehandlingsforsøket. Full oversikt vises i Appendiks (s. 87).

Tabell 4. Statistiske analyser varmebehandlingsforsøket med damp.

Egenskaper	Sortnummer	Felt	Løselige fenoler	Bundne fenoler	Totale fenoler	FRAP løselige	FRAP bundne
Løselige fenoler							
Bundne fenoler	0,983 P=0,000						
Totale fenoler	0,987 P=0,000			0,999 P=0,000			
FRAP løselige							
FRAP bundne	0,888 P=0,000	-0,704 P=0,011		0,877 P=0,000	0,876 P=0,000		
FRAP totale	0,796 P=0,002	-0,674 P=0,016		0,775 P=0,003	0,776 P=0,000		0,960 P=0,000

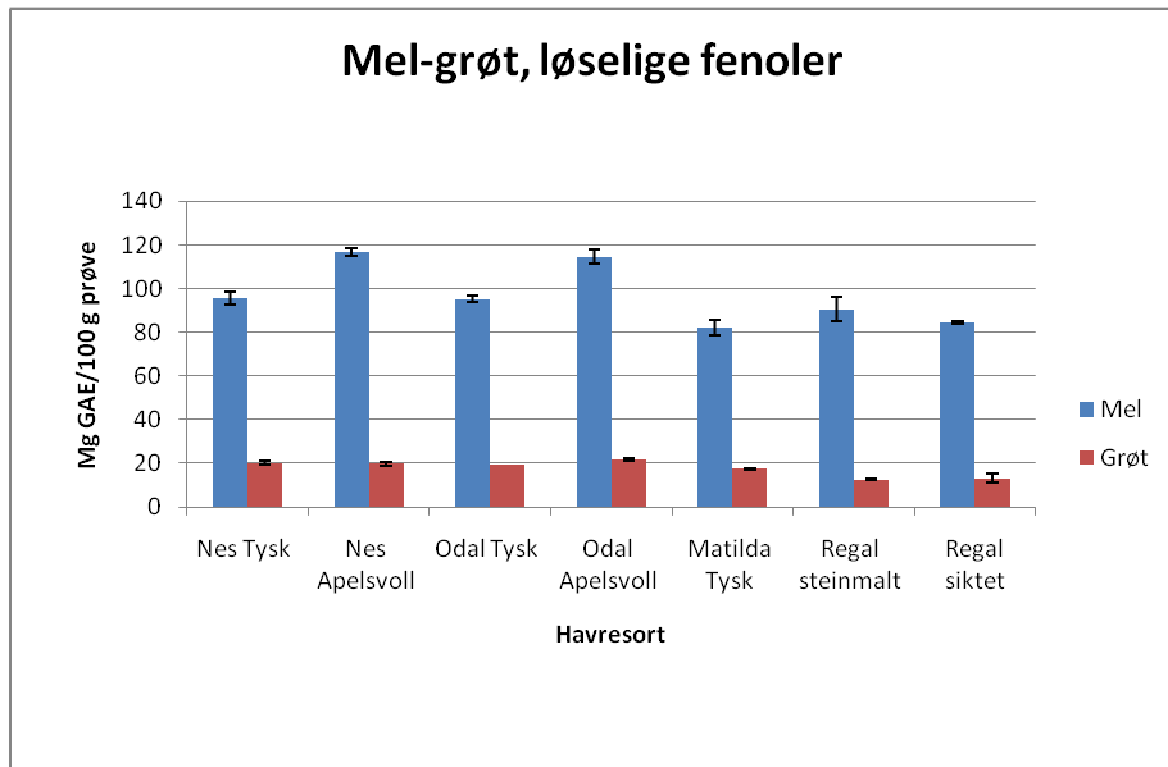
Ut fra resultater var det signifikant forskjell mellom sortene i innhold av bundne og totale fenoler. Det var signifikant forskjell mellom sorter ved måling av antioksidant kapasitet i ekstrakter av bundne fenoler og i beregningen av total antioksidant kapasitet.

Det var ingen signifikant forskjell mellom feltene i innhold av fenoler, men det var signifikant forskjell mellom felt og ved måling av antioksidant kapasitet i ekstrakter av bundne fenoler samt ved beregningen av total antioksidant kapasitet.

Grøtforsøk, innhold og fordeling av fenoliske komponenter

Det skulle undersøkes hvordan fenoler og deres antioksidant kapasitet reagerer under prosess, da koking, det vil si forandring fra havremel til havregrøt.

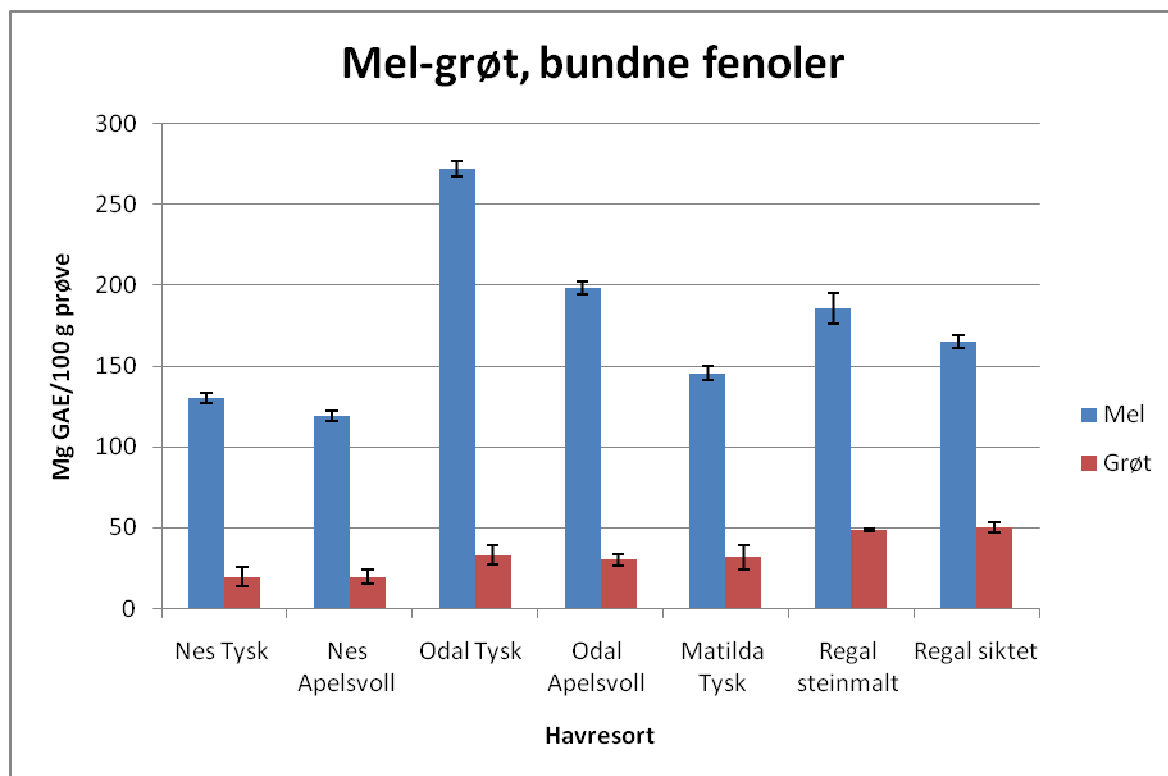
Figur 30, 31 og 32 viser forskjell i gjennomsnittelig innhold av løselige, bundne og totale fenoler i havremel og havregrøtprøver, respektive.



Figur 30. Gjennomsnittelig innhold av løselige fenoler i havremel og tilsvarende havregrøt prøver, i GAE/100 g prøve.

Det var signifikant forskjeller mellom noen sorter og begge felt i havremel. Norske Nes og Odal som havremel hadde den høyeste konsentrasjonen av løselige fenoliske forbindelser (118 mg GAE/100g prøve) mens tyske Matilda samt Regal siktet havremel hadde den minste konsentrasjonen av løselige fenoliske forbindelser (81 mg GAE/100 g prøve).

Resultatene viser en klar effekt av prosesseringen, da koking. I forhold til havremel, hadde havregrøtprøver kraftig reduserte mengder av løselige fenoler. Høyeste innhold hadde tyske og norske Nes samt norske Odal som tilsvarer 20 mg GAE/100 g prøve. Den laveste konsentrasjonen i grøt hadde siktet og steinmalt Regal (15 mg GAE/100g prøve).

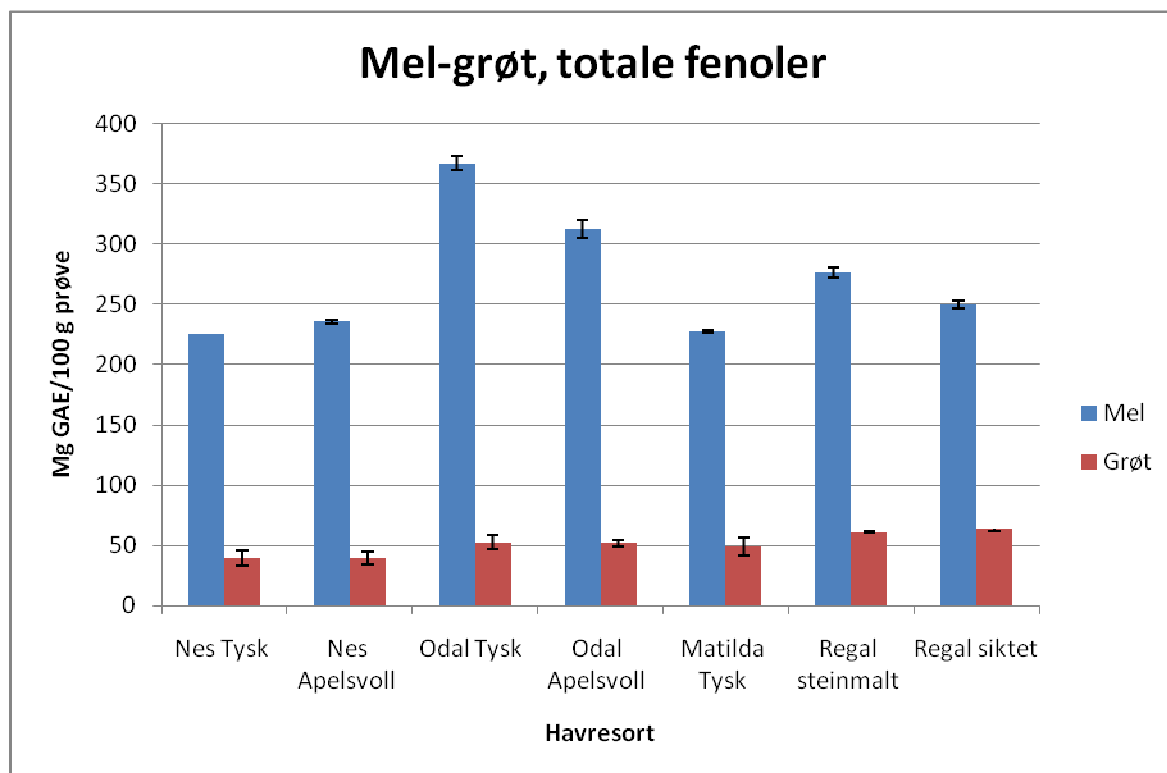


Figur 31. Gjennomsnittelig innhold av bundne fenoler i havremel og tilsvarende havregrøt prøver, i GAE/100 g prøve.

Resultatene viser en klar effekt av prosessering også for mengde bundne fenoler. I forhold til havremel, hadde havregrøtprøver kraftig reduserte mengder av bundne fenoler.

Man kan tydelig se signifikante forskjeller mellom felt samt mellom sorter i havremel. Tyske Odal hadde høyeste verdi (270 mg GAE/100 g prøve), mens tyske Matilda lå mye lavere, på 140 mg GAE/100g prøve. Norske Nes hadde den minste konsentrasjonen av bundne fenoler som tilsvarer 120 mg GAE/100 g prøve. Det var også signifikante forskjeller mellom steinmalt og siktet havremelsprøver der det høyeste innholdet av bundne fenoler var i steinmalt havremel.

I havregrøt var det signifikant forskjell mellom sorter, men ikke mellom felt. Både steinmalt og siktet Regal hadde den høyeste konsentrasjon av bundne fenoler blandt grøtprøvene (50 mg GAE/100g prøve). Den laveste konsentrasjon ble observert hos Nes fra begge felt i havregrøt som kom på 20 mg GAE/100 g prøve.



Figur 32. Gjennomsnittelig innhold av totale fenoler i havremel og tilsvarende havregrøt prøver, i GAE/100 g prøve.

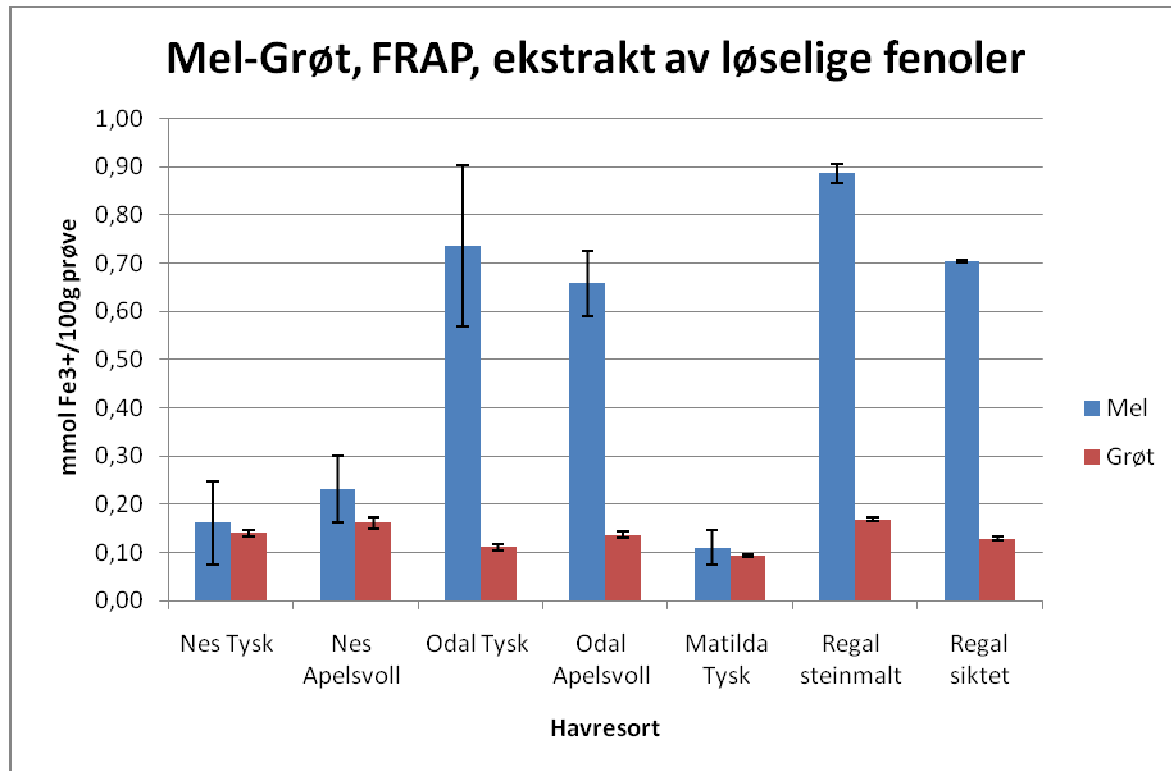
Resultatene viser en klar effekt av prosesseringen. I forhold til havremel, hadde havregrøtprøver kraftig reduserte mengder av totale fenoler.

Beregningen av totale fenoler viste signifikante forskjeller mellom sorter samt felt, men bare blant havremelsprøver. Det var også signifikant forskjell mellom de kommersielle siktet og steinmalt havremel. Havremelsprøven Odal tysk hadde mest av totale fenoliske forbindelser (360 mg GAE/100 g prøve) mens tyske Nes og Matilda hadde den laveste totale konsentrasjonen av fenoler.

Blant grøtprøvene var det ikke signifikant forskjell mellom felt, men mellom sorter. Det var ingen signifikant forskjell mellom grøtprøver lagd av kommersielle havremel. Grøtprøver som ble lagd av varmebehandlet siktet og steinmalt havremel hadde den høyeste fenolkonsentrasjon totalt (60 mg GAE/100 g prøve) mens Nes fra begge felt hadde den laveste total fenolkonsentrasjon for begge felt som tilsvarer 40 mg GAE/100 g prøve. Ellers var det ikke så stor variasjon i konsentrasjonen av fenoler i havregrøt prøver totalt.

Grøtforsøk, antioksidant kapasitet (FRAP)

Figur 33, 34 og 35 viser gjennomsnittlig antioksidant kapasitet for løselige, bundne og totale fenoler i havremel og havregrøtprøver, respektive, målt i $\text{mmol Fe}^{3+}/100 \text{ g}$ prøve.

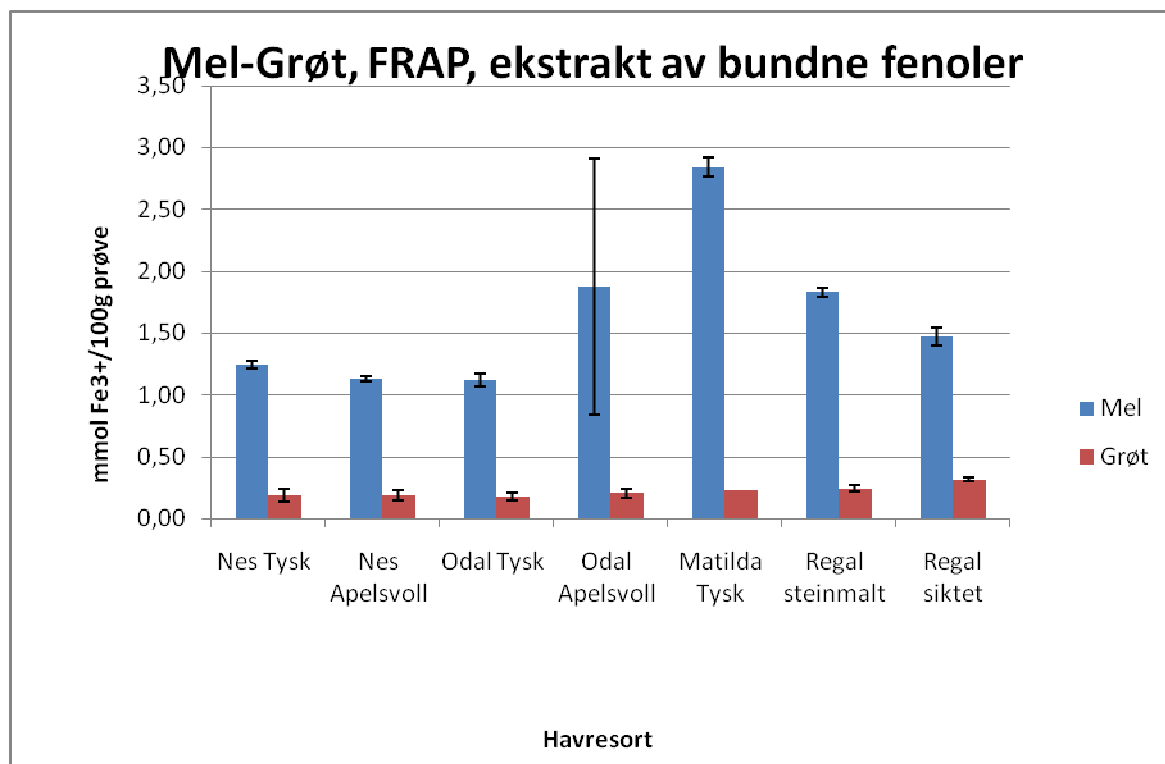


Figur 33. Gjennomsnittlig antioksidant kapasitet i ekstrakter av løselige fenoler i havremel og tilsvarende havregrøt prøver, målt i $\text{mmol Fe}^{3+}/100 \text{ g}$ prøve.

Resultater viser effekt av prosessering for Odal og de kommersielle havremelsprøvene. I forhold til havremel var antioksidant kapasitet i havregrøtprøver kraftig redusert.

Man kan se tydelige signifikante forskjeller mellom sorter i havremel samt kommersielle havremelprøver der den høyeste antioksidant kapasitet hadde steinmalt Regal, mens den laveste hadde Matilda som tilsvarer $0,11 \text{ mmol Fe}^{3+}/100 \text{ g}$ prøve i havremel. Det var ingen signifikante forskjeller mellom felt i havremelsprøver.

Grøtprøver viste signifikante forskjeller mellom sortene, men ikke mellom felt. Det var også signifikant forskjell mellom grøtprøver lagd av kommersielle havremel. Den høyeste antioksidant kapasitet i grøt hadde steinmalt Regal ($0,88 \text{ mmol Fe}^{3+}/100 \text{ g}$ prøve) mens den laveste antioksidant kapasitet hadde Matilda.



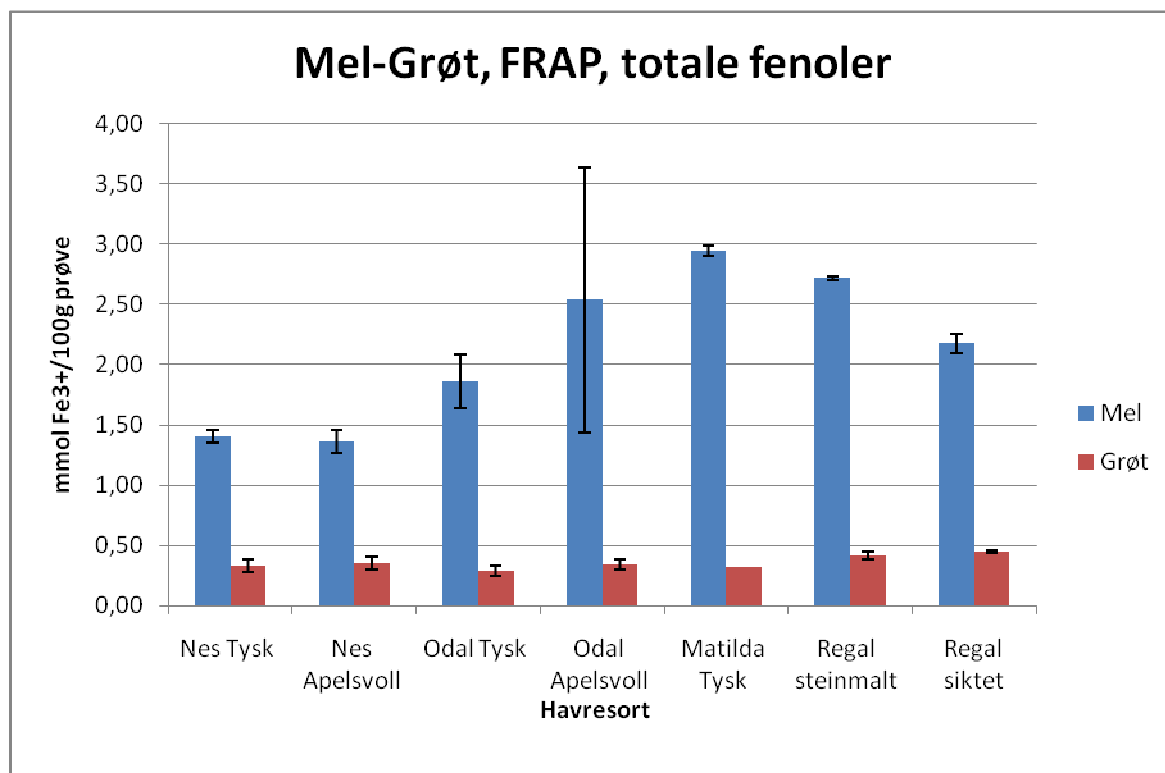
Figur 34. Gjennomsnittelig antioksidant kapasitet i ekstrakter av bundne fenoler i havremel og tilsvarende havregrøt prøver, i mmol Fe³⁺/100 g prøve.

Resultatene viser effekt av prosesseringen i alle prøver slik at i forhold til havremelsprøver var antioksidant kapasitet av de bundne fenolene i havregrøtprøver kraftig redusert.

Det var signifikant forskjell mellom felt for Nes i havremel. Norske Odal viste et altfor stort avvik i havremelsprøve og er derfor utelatt i den videre diskusjonen.

Det var også signifikant forskjell mellom sorter i havremel. Matilda skilte seg ut og hadde den høyeste antioksidant kapasiteten i ekstrakt av bundne fenoler i havremel mens den laveste antioksidant kapasitet i havremel hadde norske Nes og tyske Odal. I tillegg kunne man observere signifikant forskjell mellom de kommersielle havremelstyper.

Det ble observert en liten variasjon blant grøtprøvene i område mellom 0,15 til 0,3 mmol Fe³⁺/100 g prøve. For å se signifikant forskjeller mellom grøtprøvene, henviser til Tabell 5.



Figur 35. Gjennomsnittelig antioksidant kapasitet for totale fenoler i havremel og tilsvarende havregrøt prøver, i mmol Fe³⁺/100 g prøve.

Resultatene viser effekt av prosesseringen i alle prøver og i forhold til havremelsprøvene var antioksidant kapasiteten totalt sett i havregrøtprøvene kraftig redusert.

Havremelsprøver viser signifikant forskjell mellom sorter, men ikke felt. Den høyeste totale antioksidant kapasiteten i havremel hadde Matilda (2,9 mmol Fe³⁺/100 g prøve). Den laveste hadde Nes fra begge felter (1,4 mmol Fe³⁺/100 g prøve). Det var også signifikant forskjell mellom de kommersielle prøvene der steinmalt havremel hadde høyere total antioksidant kapasitet enn siktet.

Som for ekstrakter av bundne fenoler var det lite variasjon mellom sorter og felt i havremel.

For å se om det var signifikant forskjell mellom grøtprøver, henviser til Tabell 5. Ut fra diagrammet kan man se at den laveste antioksidant kapasitet i grøtprøver hadde tyske Odal, den høyeste hadde siktet Regal.

Statistisk analyse i grøtforsøket

Tabell 5 viser korrelasjonsresultater i grøtforsøket. Full oversikt av Minitab finnes i Appendix (s. 88).

Tabell 5. Statistiske resultater i grøtforsøket.

Egenskaper	Sortnummer	Sted	Løselige fenoler	Bundne fenoler	Totale fenoler	FRAP løselige	FRAP bundne
Sted	0,832 P=0,000						
Løselige fenoler	-0,908 P=0,000	-0,730 P=0,000					
Bundne fenoler	0,935 P=0,000	0,726 P=0,000	-0,809 P=0,000				
Totale fenoler	0,861 P=0,000	0,660 P=0,000	-0,668 P=0,000	0,977 P=0,000			
FRAP løselige							
FRAP bundne	0,787 P=0,001	0,742 P=0,002	-0,708 P=0,005	0,734 P=0,003	0,682 P=0,007		
FRAP totale	0,720 P=0,004	0,843 P=0,000	-0,698 P=0,005	0,653 P=0,011	0,576 P=0,031		0,897 P=0,000

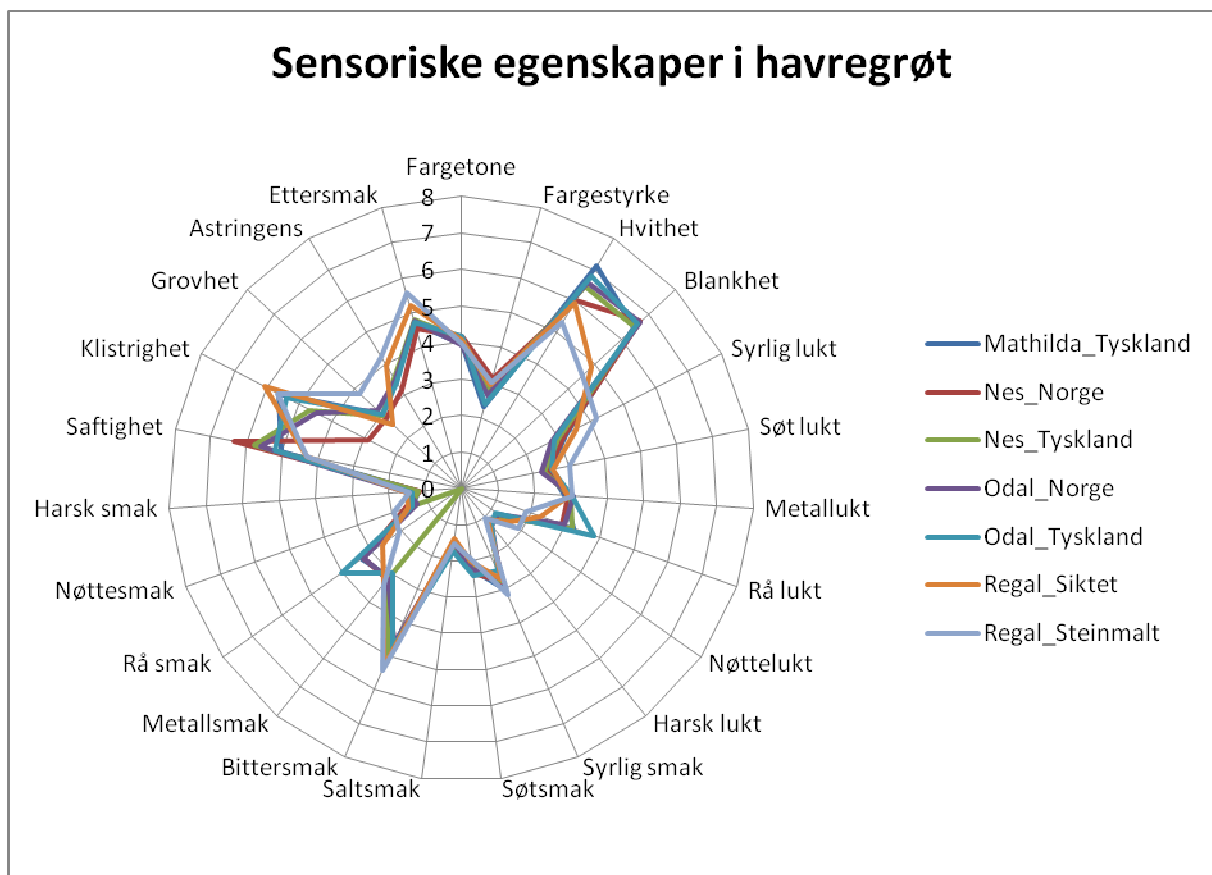
Statistiske resultater for veksthusforsøket viste signifikant forskjell for både sort og felt for alle parametrene, bortsett fra FRAP løselige fenoler.

Innholdet av løselige fenoler blir påvirket av innholdet av bundne og totale fenoler og deres antioksidant kapasitet. Innholdet av bundne fenoler påvirker mengden av totale fenoler og antioksidant kapasitet for bundne og totale fenoler. Innholdet av totale fenoler var positivt korrelert med antioksidant kapasitet for totale fenoler. I tillegg var det signifikant forskjell mellom felter og sorter.

4.5. Sensoriske analyser

I dette forsøket ble det undersøkt om kornsorter som inneholder en variasjon i fenoliske innhold (løselige, bundne og summen av dem) kunne føre til forskjeller i smak i havregrøt lagd av tilsvarende havremel. Samtidig ble det undersøkt effekt av sted for sensoriske egenskaper i grøten.

Sensorisk data ble analysert statistisk og gjennomsnittlige verdier som er signifikante vises i tabell 6. Spindeldiagram, se Figur 36, viser alle gjennomsnittsverdier av sensoriske egenskaper i havregrøt. Resultater med korrelasjon av sensorisk-fysisk-kjemiske egenskaper vises i tabell 7.



Figur 36. Gjennomsnittverdier av egenskapene til havregrøt fra beskrivende test vist i et spindeldiagram.

Ved å se på spindeldiagrammet ser man hvilke egenskaper som skiller seg ut for ulike havresorter. For eksempel, hadde Regal steinmalt den groveste grøttekstur mens Regal siktet hadde den fineste teksturen.

Egenskapen "Bitterhet" var da av spesial interesse siden fenoliske komponenter var rapportert som bitre. Man kunne se at denne egenskapen ikke var signifikant forskjellig blant sortene selv om man viste om forskjell i fenolkonsentrasjon for sorter fra forrige forsøk.

Astringens er en egenskap som kunne mulig bli korrelert med fenoler. Den høyeste verdien ved den egenskapen hadde Regal steinmalt mens norsk Nes hadde den minste verdien.

Av 23 bedømte sensoriske egenskaper var kun 9 som viste signifikante forskjeller mellom sortene ($p < 0,05$). Signifikantforskjellige egenskaper er presentert i Tabell 6.

Tabell 6. Gjennomsnittverdi av signifikante egenskaper i havregrøt fra beskrivene test vist i en tabellform.

Sort	Rå smak	Fargestyrke	Hvithet	Blankhet	Saftighet	Klistrighet	Grovhet	Ettersmak	Rå lukt
Mathilda_Tyskland	3.34ab	2.32b	7.13a	6.45a	5.03ab	5.63a	2.97b	4.69b	3.24ab
Nes_Norge	3.27ab	3.14a	6.02abc	6.70a	6.34a	2.86b	2.82b	4.53b	2.93abc
Nes_Tyskland	3.68a	2.79ab	6.49ab	6.48a	5.77ab	4.67ab	2.94b	4.81b	3.22abc
Odal_Norge	3.27ab	2.66ab	6.61ab	6.67a	5.62ab	4.49ab	3.12ab	4.76b	2.98abc
Odal_Tyskland	4.03a	2.39b	6.82ab	6.61a	5.21ab	5.38a	2.95b	4.74b	3.83a
Regal_Siktet	2.66ab	2.93ab	5.95bc	4.86b	4.31b	6.07a	2.57b	5.19ab	2.28bc
Regal_Steinmalt	2.18b	3.03ab	5.32c	4.52b	4.33b	5.66a	3.80a	5.56a	1.86c
p-verdi	0.0149	0.0168	0.0031	0.0001	0.0093	0.0068	0.0014	0.0107	0.0040

I tabellen kunne man se bokstaver ved tallene. Prøver med samme bokstav er ikke signifikant forskjellige.

Regal steinmalt skilte seg ut ved at denne hadde mindre rå smak og lukt enn de andre sortene og var signifikant forskjellig med tyske Odal og Nes. Tyske Matilda og tyske Odal hadde den minste verdien og var signifikant forskjellige med norske Nes med den høyeste verdien ved måling av fargestyrke. Mest hvit var Regal steinmalt mens Matilda var den mørkeste. Regal siktet og steinmalt har skilt seg ut ved blankhet og saftighet målingen der de var minst blanke og minst saftige enn alle de andre prøver, mens det var mer ettersmak i grøten som ble lagd av de to havremelstyper. Norsk Nes skilte seg ut til å ha mest av saftighet.

Mulige sammenhenger mellom sensoriske egenskaper i grøten, nemlig smak og tekstur, og kjemisk innhold og egenskaper i havremelet ble undersøkt ved korrelasjonsanalyse, se Tabell 7.

Tabell 7. Korrelasjon mellom sensoriske egenskaper av havregrøt og kjemisk innhold i havregrøt.

Egenskaper	Saftighet	Harsk smak	Astringens	Klistrighet	T-BG	FRAP bundne	FRAP totale	Stivelse
klistrighet	-0,915 P=0,004							
Astringens	-0,868 P=0,011							
Ettersmak	-0,834 P=0,020		0,991 P=0,000					
Løselige fenoler	0,786 P=0,036			-0,881 P=0,009	-0,901 P=0,037			
FRAP løselige		0,895 P=0,007						
Totale fenoler				0,966 P=0,000				
FRAP totale						0,867 P=0,012		
Stivelse						-0,817 P=0,025	-0,799 P=0,031	
Fett						0,851 P=0,015	0,851 P=0,015	-0,79 P=0,035
Protein								-0,772 P=0,042

Ut fra resultater ser man at innhold av løselige fenoler i grøten relateres til saftighet, klistrighet og β -glukaner mens totale fenoler relateres til klistrighet. Antioksidant kapasitet for løselige fenoler viser til harsk smak mens antioksidant kapasitet for bundne og totale fenoler er positivt korrelet med fett og negativt korrelert med stivelse.

5. DISKUSJON

Felt og sort forsøk

Dette forsøket viser liten forskjell i fenolkonsentrasjon mellom sorter. Ut fra statistiske resultater var det kun forskjell for bundne fenoler mellom sortene. Grunn til det kunne mulig være likhet i kjemisk innhold samt likhet i genetisk bakgrunn blant sorter.

Det var kun en korrelasjon mellom fenolinnhold og felt, nemlig innhold av løselige fenoler. I følge statistikken i det forsøket var det også observert negativ korrelasjon mellom feltnummer og antioksidant kapasitet for løselige og totale fenoler. Mulig fordi løselige fenoler kunne bli lettere påvirket av klima forskjell, jord surhet, nedbør eller veksttemperatur mellom geografiske stedene. Man kan spekulere om at feltforskjell for de nevnte parametrene kunne komme av forskjellige klimatemperatur (gjennomsnittelig var det tre grader varmere i vekstperioden i Tyskland i 2009 enn i Norge (Holtekjølen 2011). Korrelasjon mellom antioksidant kapasitet for totale fenoler og feltnummer kunne mulig komme av dominerende innflytelse av FRAP i ekstrakter av løselige fenoler.

Antioksidant kapasitet var mer korrelert til felt enn sorter som kunne mulig skyldes omgivelser ved forskjellige geografiske steder.

Innhold av bundne fenoler for de fleste, men ikke alle tilsvarende havremelprøvene var mye større enn i løselige. Forkjell i kjemiske og fysiske egenskaper i sorter samt forskjell i strukturen for oppbygging av cellevegg kunne mulig ha innvirkning på det. Totale fenoler er summen av løselige og uløselige (bundne) fenoliske syrer. Dermed vil både innhold av løselige og bundne fenoler samt antioksidant kapasitet for løselige og bundne fenoler påvirke mengden og antioksidant kapasitet av totale fenoler. Ut fra dette kunne man forklare at positiv korrelasjon i fenolisk innhold mellom bundne og totale fenoler og deres antioksidant kapasitet kommer av naturlige grunner (mer bundne enn løselige). Så lenge totale fenoler består av summen av løselige og bundne fenoler og deres innhold ikke kan overstige en viss mengde, er det helt naturlig at det ble observert negativ korrelasjon mellom innholdet av løselige og bundne fenoler samt mellom innhold av løselige fenoler og antioksidant kapasitet i ekstrakter av bundne fenoler.

Veksthusforsøk

Ut fra statistiske resultater ble det observert negativt korrelasjon mellom veksttemperatur samt antioksidant kapasitet for de totale fenolene som ble også observert i sort og felt forsøket mellom felt og antioksidant kapasitet for de totale. Det kunne være mulig bekreftelse av hypotesen at veksttemperatur påvirker FRAP for de totale.

Det som var interessant at det fantes korrelasjon mellom de fleste parametrene (innhold og antioksidant kapasitet) og sort i veksthusforsøket som ikke ble observert i sort og feltforsøket. Mulig det var fordi reduksjon i antall sammenlignet sorter ville bringe mer sannsynlighet for større korrelasjon mellom parametrene..

Det som var også interessant at det fantes en positiv korrelasjon mellom antioksidant kapasitet i ekstrakter av løselige fenoler samt for de totale og fenolinnhold for de bundne samt totale fenolene for de undersøkte sorter. Det vil si at innhold av bundne og totale fenoler har innflyttelse på antioksidant kapasitet kun i ekstrakter av løselige fenoler og sistnevnte er dominerende i antioksidant kapasitet for de totale.

Effekt av prosessering

Varmebehandling med damp

Varmebehandling med damp viste ingen signifikant effekt på innholdet av totale fenoler for alle sorter i dette forsøket mens det var signifikant forskjell (økning) i antioksidant kapasitet for totale for noen sorter. Økning i FRAP totale kunne naturlig forklares økningen av FRAP i ekstrakter av bundne fenoler som kunne mulig ble gjort på grunn av frigjøringen av bundne fenoliske komponenter samt mulig aktivering, modifisering eller kjemisk forandring i struktur til antioksidant komponenter på grunn av høy varme og effekt av vann(damp).

Ut fra statistiske resultater ble det påvist forskjell mellom sorter for innhold av bundne og totale fenoler samt deres antioksidant kapasitet mens kun antioksidant kapasitet for bundne og totale var signifikante i feltforsøket. Grunnen til det kunne mulig vært ganske stor likhet i klima mellom feltene i vekstperioden.

Grøtforsøk

Grøtforsøk har påvist at det finnes tydelig effekt av prosesseringen der innholdet av fenoler samt deres antioksidant kapasitet blir kraftig redusert. Det kunne ha vært på grunn av innvirkning av høyt temperatur i prosessen som ville være ødeleggende for både fenolinnhold og FRAP.

Som man ikke kunne se ut fra diagrammene, men ut fra statistiske resultater, ble det observert både sort og felt signifikant forskjell for alle målte parametrene, bortsett fra antioksidant kapasitet i ekstrakter av løselige fenoler. Dette var mulig på grunn av antioksidanter i ekstrakter av løselige fenoler var ekstra sensitive mot varmen og kunne vært nedbryt i prosesseringen.

Negativ korrelasjon mellom sorter samt felt og innholdet av løselige fenoler kunne naturlig forklare dominerende innflyttelse av bundne fenoler på totale fenoler både i fenolkonsentrasjon og FRAP.

Det er også interessant at havremelsprøvene i dette forsøket hadde en tendens til lavere eller høyere innhold av fenoler og deres antioksidant kapasitet enn i feltforsøket. Siden melprøver benyttet til grøtforsøket ble malt ferskt, viser dette at lagring av mel (selv på frys), kan påvirke innhold av fenoler i havremel. Ut fra resultater kunne man anta at forskjellige korn sorter hadde forskjellig stabilitet under lagring. Økning av fenol konsentrasjon for noen sorter gjennom lagring kunne mulig forklares slik at ved økning av lagringstid ville fiberbindinger være svakere slik at noen bundne fenoler kunne bli frigjort. Samtidig luftfuktighet kunne føre til svak hydrolyse som også ville frigjøre bundne fenoler. Reduksjon av fenolkonsentrasjonen kunne mulig være avhengig av deres degradasjon på grunn av naturlig tilstedeværelse av vann og oksygen samt nedbryting av fenoler ved enzymaktivitet og forskjellig hastighet til frigjøringen av bundne fenoler. Økning eller reduksjon av antioksidant kapasitet i løpet av lagringstid kunne ha vært avhengig av fenoldegradasjon som kunne føre til dannelse av nye komponenter med annerledes antioksidant egenskaper som kunne ha oppført seg både sterkere og svakere etter lagring. I tillegg til det vet man at reduksjon i antioksidant kapasitet for fenoler etter sliping av korn var kjent fra før (*Oat* 2011) som kunne vært på grunn av mekanisk bearbeiding som førte til økning i temperatur i bearbeidet mel.

Grøt forsøk har bekreftet at det var forskjell mellom felter både for løselige og bundne fenoliske forbindelser, samt totale, både i mengden og i antioksidant kapasitet. I tillegg var grøtforsøk eneste forsøket hvor det ble observert interaksjon mellom sort og felt i grøtprøvene.

Sensorikk

Det som var i utgangspunktet en hypotese at både løselige, bundne og totale fenoler kunne bli korrelert med bitter smak og astringnes samt at smaken i sluttprodukter kunne bli avhengig av fenolkonsentrasjon, ble ikke påvist. Mulig fordi fenolisk innhold i grøten etter varmebehandling (koking) av havremel ble kraftig redusert til omtrent 10 % for alle sorter i grøten. Siden det var så liten mengde av fenoler igjen, kunne det ha vært umulig å kjenne dem sensorisk, derfor viste sensorisk test ingen signifikant forskjell mellom bitterhet eller astringnes i sorter.

Derimot, sensorisk undersøkelse har vist at kun løselige fenoler kunne bli korrelert med smaken og viste til søt smak som var helt ny oppdagelse.

Med hjelp av sensorisk undersøkelse ble det også bekreftet at fenoler kunne korreleres med tekstur og i dette forsøket viste til å bli korrelert med klistriighet i grøten.

6. KONKLUSJON

Sort og felt forsøk

1. Det var kun signifikant forskjell i antioksidant kapasitet i ekstrakter av bundne fenoler for sorter.
2. Dyrkningssted har effekt kun på innhold av løselige fenoler samt deres antioksidant kapasitet og antioksidant kapasitet for totale fenoler i kornsorter.

Veksthusforsøk

1. Veksthusforsøket viste til flere korrelasjoner mellom sort og målte parametre enn sort og felt forsøket ovenfor.
2. Det ble observert at effekt av veksttemperatur var avhengig av sort.

Prosessering

1. Det er ingen effekt av damp på total innhold av fenoler, men stor effekt av koking (grøt). Koking gir signifikant mindre totale fenoler og total antioksidant kapasitet sammenlignet med havremel. Det ble observert forskjell i fordeling av løselige og bundne fenoler og deres antioksidant kapasitet med type prosessering.
2. Lagring av havremel kan ha forskjellig innvirkning på både fenol konsentrasjon og deres antioksidant kapasitet avhengig av sort.

Sensorikk

1. Mengden av fenoler i prosesserte produkter er så liten samt at de interne forskjellene mellom sortene er så små at variasjon i smak blir vanskelig i identifisere. Forskjellene i innhold og fordeling av fenoler i havre samt deres antioksidant kapasitet i havremel forsvinner under prosessering av grøt (koking). Innhold av totale fenoler samt deres antioksidant kapasitet forsvinner opp mot 85 % - 90 % i grøten sammenlignet med mel.
2. Innhold av løselige fenoler kan bli korrelert til søt smak samt at de vil påvirke tekstur, nemlig klistrighet i havre.

7. LITTERATURLISTE

- Bryngelsson, S., Dimberg, L. H. & Kamal-Eldin, A. (2002). Effects of commercial processing on levels of antioxidants in oats (*Avena sativa* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50 (7): 1890-1896.
- Dimberg, L. H., Molteberg, E. L., Solheim, R. & Frolich, W. (1996). Variation in oat groats due to variety, storage and heat treatment .1. Phenolic compounds. *Journal of Cereal Science*, 24 (3): 263-272.
- Doehlert, D. C. & McMullen, M. S. (2000). Genotypic and environmental effects on oat milling characteristics and great hardness. *Cereal Chemistry*, 77 (2): 148-154.
- Ekstrand, B., Gangby, I., Akesson, G., Stollman, U., Lingnert, H. & Dahl, S. (1993). Lipase activity and development of rancidity in oats and oat products related to heat-treatment
- Emmons, C. L. & Peterson, D. M. (1999). Antioxidant activity and phenolic contents of oat groats and hulls. *Cereal Chemistry*, 76 (6): 902-906.
- Emmons, C. L. & Peterson, D. M. (2001). Antioxidant activity and phenolic content of oat as affected by cultivar and location. *Crop Science*, 41 (6): 1676-1681.
- Engleson, J. A. & Fulcher, R. G. (2002a). Mechanical behavior of oats: Specific groat characteristics and relation to groat damage during impact dehulling. *Cereal Chemistry*, 79 (6): 790-797.
- Engleson, J. A. & Fulcher, R. G. (2002b). Mechanical behavior of oats: The groat effect. *Cereal Chemistry*, 79 (6): 787-789.
- Frolich, W. & Nyman, M. (1988). Minerals, phytate and dietary fiber in different fractions of oat-grain. *Journal of Cereal Science*, 7 (1): 73-82.
- Heinio, R. L., Lehtinen, P., Oksman-Caldentey, K. M. & Poutanen, K. (2002). Differences between sensory profiles and development of rancidity during long-term storage of native and processed oat. *Cereal Chemistry*, 79 (3): 367-375.
- Ho, C. T., Chen, Q. Y., Shi, H. A., Zhang, K. Q. & Rosen, R. T. (1992). Antioxidative effect of polyphenol extract prepared from various chinese teas. *Preventive Medicine*, 21 (4): 520-525.
- Holtekjolen, A. K., Baevre, A. B., Rodbotten, M., Berg, H. & Knutsen, S. H. (2008). Antioxidant properties and sensory profiles of breads containing barley flour. *Food Chemistry*, 110 (2): 414-421.
- Holtekjølen, A. K. (2011). *Samtale ved veiledning*. Ås (25.05.2011).

- Kaukovirta-Norja, A., Wilhelmson, A. & Poutanen, K. (2004). Germination: a means to improve the functionality of oat. *Agricultural and Food Science*, 13 (1-2): 100-112.
- Kent, N. L. (1983). *Technology of cereals: an introduction for students of food science and agriculture*. Oxford: Pergamon Press. x, 221 s. .
- Lawless, H. T. & Heymann, H. (2010). *Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices*. New York, NY: Springer Science+Business Media, LLC.
- Lehtinen, P., Kiiliainen, K., Lehtomaki, K. & Laakso, S. (2003). Effect of heat treatment on lipid stability in processed oats. *Journal of Cereal Science*, 37 (2): 215-221.
- Lillford, P. J. (2001). Mechanisms of fracture in foods. *Journal of Texture Studies*, 32 (5-6): 397-417.
- Marquart, L., Slavin, J. L. & Fulcher, R. G. (2007). *Whole-grain foods in health and disease*. St. Paul, Minnesota: American Association of Cereal Chemists. x,382 s. s.
- Molteberg, E. L., Magnus, E. M., Bjorge, J. M. & Nilsson, A. (1996a). Sensory and chemical studies of lipid oxidation in raw and heat-treated oat flours. *Cereal Chemistry*, 73 (5): 579-587.
- Molteberg, E. L., Solheim, R., Dimberg, L. H. & Frolich, W. (1996b). Variation in oat groats due to variety, storage and heat treatment .2. Sensory quality. *Journal of Cereal Science*, 24 (3): 273-282.
- Nara, K., Kikuchi, S., Nakata, T., Maeda, N., Yamada, Y., Sone, M., Noguchi, H. & Koga, H. (2008). (1 -> 3), (1 -> 4) -beta-glucan and Bound Phenolics in Rolled Oats. *Food Science and Technology Research*, 14 (5): 485-492.
- Norsk havreforening. (2011). Tilgjengelig fra: <http://www.norskhavre.no/nor/Alt-om-norsk-havre/Naeringsinnhold>.
- Oat. (2011). Tilgjengelig fra: <http://www.phenol-explorer.eu/reports/41#oat>.
- Peterson, D. M., Senturia, J., Youngs, V. L. & Schrader, L. E. (1975). ELEMENTAL COMPOSITION OF OAT GROATS. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 23 (1): 9-13.
- Peterson, D. M. & Qureshi, A. A. (1993). Genotype and environment effects on tocopherols of barley and oats. *Cereal Chemistry*, 70 (2): 157-162.
- Peterson, D. M. & Wood, D. F. (1997). Composition and structure of high-oil oat. *Journal of Cereal Science*, 26 (1): 121-128.
- Peterson, D. M. (2001). Oat antioxidants. *Journal of Cereal Science*, 33 (2): 115-129.

- Peterson, D. M., Emmons, C. L. & Hibbs, A. H. (2001). Phenolic antioxidants and antioxidant activity in pearling fractions of oat groats. *Journal of Cereal Science*, 33 (1): 97-103.
- Sides, A., Robards, K., Helliwell, S. & An, M. (2001). Changes in the volatile profile of oats induced by processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49 (5): 2125-2130.
- Skard, O. & Grønvold, S. (2007). *Jord- og hagebruksvekster: røtter i kulturhistorien*. Oslo: Tun. 147. s.
- Strand, E. (1984). *Korn og korndyrking*. [Oslo]: Landbruksforl. 128 . s.
- Webster, F. H. (1986). *Oats: chemistry and technology*. St. Paul, Minn.: American Association of Cereal Chemists. 433. s.
- Webster, F. H. & Wood, P. J. (2011). *Oats: chemistry and technology*. St. Paul, Minn.: American Association of Cereal Chemists. XII, 376 s.
- Welch, R. W. (1995). *The oat crop: production and utilization*. London: Chapman & Hall. XX, 584 s. s.
- White, D. A., Fisk, I. D. & Gray, D. A. (2006). Characterisation of oat (*Avena sativa* L.) oil bodies and intrinsically associated E-vitamins. *Journal of Cereal Science*, 43 (2): 244-249.
- Wicklund, T. (2011). *Ved veiledning hos Trude Wicklund* (20.05.11).
- Zhou, M., Glennie-Holmes, R., Robards, K. & Helliwell, S. (1999). Effects of processing and short-term storage on the pasting characteristics of slurries made from raw and rolled oats. *Food Australia*, 51 (6): 251-258.

8. APPENDIKS

Laboratorieutstyr

Analytiske vekter

Laboratoriets skjeer og spatler

Begerglass

Eppendorf pipetter og spisser til dem i forskjellige størrelser

Volumetriske kolber i forskjellige størrelser

Vortex-mikser (MS 2 Minishaker – IKA, Germany)

Ristemaskin (Biosan Orbital Shaker OS-IO, Montebello Diagnostics AIS, Oslo, Norge)

Sentrifuge (Multifuge 4 KR, Heraeus, Hanau, Tyskland)

Savant Speedvac Concentrator, Thermo Electric Corporation, Nerliens Meszansky AS, Oslo, Norge).

Homogenisator (PT-MR 3100, 230/502, Polytron, Bergen, Norge)

Spektrofotometer (UV mini 1240 UV-VIS Spektrofotometer, Shimadzu).

Retsch Ultra mølle (Gmbit & CoKG, Haan, Tyskland)

Avskaller (Strecker and Schrader K.G. D-2000 Hamburg, Tyskland)

Siv (20 centimeter i diameter)

Kjele (5 liter) med lokk

Varmeplate

Aluminiumform med hull

Kjemikalier

Eddiksyre 100 % (Merck, Darmstadt, Tyskland)

Destillert vann

Etyl acetat (Merck, Darmstadt, Tyskland)

Saltsyre 37 % (Merck, Darmstadt, Tyskland)

Metanol, 100 % (Merck, Darmstadt, Tyskland)

Natriumhydroksid (Merck, Darmstadt, Tyskland)

Etanol (Absolutt alkohol prima, Kemetyl, Norge AS)

Aceton, 100 % (Merck, Darmstadt, Tyskland)

Natrium acetat (Merck, Darmstadt, Tyskland)

Tripyridyltriazine (TPTZ, -Fluka, Chemie, Buchs, Sveits)

$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Merck, Darmstadt, Tyskland)

$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (Merck, Darmstadt, Tyskland)

Trolox (Fluka, Chemie, Buchs, Sveits)

Gallesyre (Merck, Darmstadt, Tyskland)

Nariumcarbonat (Merck, Darmstadt, Tyskland)

Folin-Ciocalteus reagens (Sigma (F 9252), WVR 31360264)

Bestemmelse av totale fenoliske forbindelser (Folin-Ciocalteu's metode)

Reagenser

Standardløsning:

50 mg gallesyre løses opp med 5 ml etanol i 100 ml målekolbe, dvs. ca 500 g/ml. Innveid mengde gallesyre noteres nøyaktig. Deretter fortynnes med vann opp til 100ml. Løsningen settes på røring (mørkt, brukes aluminiumsfolie) i omtrent 30 minutter for å løses opp ordentlig. Kan lagres i to uker mørkt og kjølig.

Av den løsningen pippeteres 400, 800, 1200 og 1600 og 2000 µl over i 10 ml målekolber og fylles opp til merket med destillert vann. Dette gir standardløsninger med konsentrasjoner 20, 40, 60 og 80 og 100 µg/ml.

To hundre mikroliter ble pipetert av hver standardløsning over til et reagensrør.

Natriumkarbonatløsning:

7,5 % (w/v) natriumkarbonatløsning lages ved å veie inn 75 g vannfritt Na₂CO₃ og løses med destillert vann i en 1000 ml målekolbe. Løsningen kan lagres lenge.

Folin-Ciocalteu's fenolreagens (FC-reagens):

FC- fortynnes 1:10 med destillert vann før bruk (5 ml FC-reagens fortynnes til 50 ml i en målekolbe). Løsningen lages ny hver dag.

Prøver

To hundre mikroliter av hver prøve ble pipetert i et reagensrør.

Prosedyre

Hver prøve og standardløsning som ble pipetert over i et reagensrør ble det tilsatt 1 ml av FC-reagensen. Inkubasjonstid var to minutter før det ble tilsatt 0,8 ml av natriumkarbonatløsningen. Standardene får fargeutslag umiddelbart. Alle prøvene ble gjort med en parallell, mikset godt i Vortex-mixer, deretter helt over i en makrokvett. Destillert vann ble brukt som en blank prøve. Kyvettene ble plassert mørkt og ved romtemperatur. Absorbansen ble avlest ved 765 nm etter 60 min i et spektrofotometeret.

Resultatberegning

Et regneark "Totale fenoler beregninger" i Excel-programmet ble brukt. Der lages det en standardkurve for gallesyre, hvor absorbansen ved 765 nm plottes mot konsentrasjonen (mg/l) av gallesyre i standardløsningene. Innholdet av totale fenoliske forbindelser i prøvene beregnes fra standardkurven som mg/l gallesyre-ekvivalenter (GAE).

Presisjon

Variasjoner på ca 5 % mellom replikatene er vanlig, da denne metoden bygger på reaksjonskinetikk og har flere faktorer som kan påvirke målingene. Ved avlesning etter 60 min er ikke reaksjonen endelig, og derfor er tiden som avlesningen gjøres på kritisk (lik for alle prøvene).

Ferric Reducing / Antioxidant Power Assay (FRAP) metode

Reagenser

En standardløsning:

FRAP-løsning som består av (FeIII-TPTZ) komplekser og en sur acetatbuffer.

Trolox-løsningen som ble brukt til kontroll.

Reagensene ble laget på følgende måte etter Benzie og Strain (1999):

a) Acetatbuffer, 300 mM, pH 3,6.

1,79 gram natriumacetat og 16ml iseddiksyre blandes og tilsettes destillert vann til en liter i en målekolbe. Løsningen blandes godt.

b) TPTZ 10 mM i 40 mM HCl. Oppbevares mørkt og kaldt inntil en uke.

Det ble laget 50 ml løsning TPTZ i en 50 ml målekolbe: 156.50 mg 2, 4, 6-tripyridyl-s-triazine ble fortynnet med 50 mM HCl opp til 50 ml. Målekolben ble ristet.

c) FeCl*6H₂O, 20 mM. Lages ny løsning hver dag.

64,8 mg FeCl₃*6H₂O ble fortynnet med destillert vann opp til 20 ml i en målekolbe, som ble ristet til slutt.

d) FRAP arbeidsløsning. Lages fersk hver dag.

Løsning a, b og c ble blandet i forholdet 10:1:1, dvs. 100 ml acetatbuffer+ 10 ml TPTZ løsning + 10 ml av FeCl)*6H₂O løsningen.

e) Standardløsning, Fe (II). Lages fersk hver dag.

Oppveid 27,80 mg FeSO₄*7H₂O ble løst i 10 ml målekolbe med destillert vann.

Fortynninger til kalibreringskurve

Fortynning 1: 50 µl Fe(II) løsning fortynnes med 3,95 ml destillert vann

Fortynning 2: 50 µl Fe(II) løsning fortynnes med 1,95 ml destillert vann

Fortynning 3: 100 µl Fe(II) løsning fortynnes med 1,90 ml destillert vann

Fortynning 4: 100 µl Fe(II) løsning fortynnes med 0,90 ml destillert vann

Standardene til kalibreringskurve

Standard 1: 100 µl destillert vann+ 2,4 ml FRAP-løsning

Standard 2: 100 µl av fortynning 1+ 2,4 ml FRAP-løsning

Standard 3: 100 µl av fortynning 2+ 2,4 ml FRAP-løsning

Standard 4: 100 µl av fortynning 3+ 2,4 ml FRAP-løsning

Standard 5: 100 µl av fortynning 4+ 2,4 ml FRAP-løsning

Løsningsmengde kunne bli redusert eller økt proporsjonelt etter behov.

Kvalitetskontroll

Trolox 25.03 mg fortynnes til 10 ml med metanol. Denne ble lagd en gang, deretter ble fordelt i små porsjoner og fryst ned ved -18 °C.

Av den lagrede mengden tas 0,05 ml og fortynnes til 2 ml (brukes 1,95 ml vann). Pipetterer ut 100 μ l av denne som for prøvene. Siden Trolox er toverdig skal absorbans her tilsvare standard nr 4 (0,500 mM).

Prøver

2.4 ml FRAP arbeidsløsning blandes med 0,1 ml prøve i et reagensrør.

Inkubasjonstid og avlesing av resultater

Standarder, kontroller og prøver ble inkubert mørkt like lenge og ved den samme romtemperatur. Alle standardene, kontroller og prøver ble lagd med en parallell og ristet godt i Vortex - mixer før de ble helt over i en kyvette. Destillert vann ble brukt som en blank prøve. Absorbansen ble avlest ved 593 nm etter 60 min i et fotospektrometer.

Beregning av resultater

Et Excel regneark "*Totale fenoler beregninger.xls*" ble brukt for å lage standard kurven for FeS04 hvor absorbansen av prøvene ble plottet mot konsentrasjonen av FeS04 i standardløsningene (Mmol Fe/L). FRAP verdier ble oppgitt som Mmol Fe/100 g prøve.

Presisjon

Variasjoner på ca 5 % mellom replikatene er vanlig, da denne metoden bygger på reaksjonskinetikk og har flere faktorer som kan påvirke målingene. Ved avlesning etter 60 min er ikke reaksjonen endelig, og derfor er tiden som avlesningen gjøres på kritisk (lik for alle prøvene).

Minitab for sort og feltforsøk

Correlations: Sortnummer; Felt; TF Løslig; TF Bundet; TF (tot); ...

	Sortnummer	Felt	TF Løslig	TF Bundet	TF (tot)
Felt	0,000 1,000				
TF Løslig	-0,145 0,223	-0,539 0,000			
TF Bundet	0,049 0,682	0,022 0,858	-0,342 0,003		
TF (tot)	0,008 0,945	-0,140 0,242	-0,062 0,607	0,959 0,000	
FRAP Løslig	-0,159 0,183	-0,613 0,000	0,437 0,000	-0,111 0,353	0,014 0,908
FRAP Bundet	0,373 0,001	-0,011 0,926	-0,373 0,001	0,562 0,000	0,484 0,000
FRAP (tot)	0,189 0,111	-0,449 0,000	0,011 0,926	0,377 0,001	0,404 0,000
	FRAP Løslig	FRAP Bundet			
FRAP Bundet	-0,152 0,204				
FRAP (tot)	0,595 0,000	0,704 0,000			

Cell Contents: Pearson correlation
P-Value

Minitab for veksthusforsøk

Correlations: Sort_1; Temp; TF Veksthus ; TF Veksthus ; TF (tot) Vek; ...

Temp	Sort_1	Temp	TF Veksthus Løs
	0,000		
	1,000		
TF Veksthus Løs	-0,328	-0,611	
	0,298	0,035	
TF Veksthus Bund	0,939	-0,148	-0,209
	0,000	0,646	0,514
TF (tot) Veksthu	0,901	-0,261	-0,034
	0,000	0,412	0,917
FRAP Veksthus Lø	0,970	-0,050	-0,175
	0,000	0,876	0,587
FRAP Veksthus Bu	0,229	-0,247	0,138
	0,473	0,439	0,670
FRAP (tot)	0,883	-0,147	-0,082
	0,000	0,648	0,800
TF (tot) Veksthu	TF Veksthus Bund	TF (tot) Veksthu	FRAP Veksthus Lø
	0,984		
	0,000		
FRAP Veksthus Lø	0,927	0,916	
	0,000	0,000	
FRAP Veksthus Bu	0,534	0,571	0,231
	0,074	0,053	0,470
FRAP (tot)	0,980	0,986	0,908
	0,000	0,000	0,000
FRAP (tot)	FRAP Veksthus Bu		
	0,618		
	0,032		

Cell Contents: Pearson correlation
P-Value

Minitab for varmebehandling med damp

Correlations: Sortnummer; Felt; TF Løslig; TF Bundet; TF (tot); ...

Felt	Sortnummer	Felt	TF Løslig	TF Bundet	TF (tot)
	-0,500				
	0,098				
TF Løslig	-0,120	0,420			
	0,710	0,174			
TF Bundet	0,983	-0,482	-0,246		
	0,000	0,113	0,441		
TF (tot)	0,987	-0,467	-0,206	0,999	
	0,000	0,126	0,520	0,000	
FRAP Løslig	-0,033	-0,133	0,291	-0,076	-0,069
	0,918	0,681	0,359	0,813	0,831
FRAP Bundet	0,888	-0,704	-0,229	0,877	0,876
	0,000	0,011	0,475	0,000	0,000
FRAP (tot)	0,796	-0,674	-0,123	0,775	0,776
	0,002	0,016	0,702	0,003	0,003
	FRAP Løslig	FRAP Bundet			
FRAP Bundet	0,170				
	0,596				
FRAP (tot)	0,437	0,960			
	0,155	0,000			

Cell Contents: Pearson correlation
P-Value

Minitab for grøtforsøk

Correlations: Sort; Sted; TF (løs) Grø; TF (bund) Grø; TF (tot) Grø; ...

Sted	Sort	Sted	TF (løs) Grø
	0,832		
	0,000		
TF (løs) Grø	-0,908	-0,730	
	0,000	0,000	
TF (bund) Grø	0,935	0,726	-0,809
	0,000	0,000	0,000
TF (tot) Grø	0,861	0,660	-0,668
	0,000	0,000	0,000
FRAP (løs) Grø	0,100	0,411	-0,253
	0,733	0,145	0,384
FRAP (bund) Grø	0,787	0,742	-0,708
	0,001	0,002	0,005
FRAP (tot) Grø	0,720	0,843	-0,698
	0,004	0,000	0,005
TF (tot) Grø	TF (bund) Grø	TF (tot) Grø	FRAP (løs) Grø
	0,977		
	0,000		
FRAP (løs) Grø	0,085	0,003	
	0,773	0,991	
FRAP (bund) Grø	0,734	0,682	0,087
	0,003	0,007	0,767
FRAP (tot) Grø	0,653	0,576	0,502
	0,011	0,031	0,067
FRAP (tot) Grø	FRAP (bund) Grø		
	0,897		
	0,000		

Cell Contents: Pearson correlation
P-Value

Sensorisk bedømmelse av havregrøt

UTSEENDE

Fargetone	Farge bedømt på overflaten etter NCS-system Ingen intensitet = gul, Y Tydelig intensitet = gul/rød, Y40R
Fargestyrke	Farge bedømt på overflaten etter NCS-system Ingen intensitet = ingen fargestyrke Tydelig intensitet = tydelig fargestyrke
Hvithet	Farge bedømt på overflaten etter NCS-system Ingen intensitet = ingen hvithet, svart eller maks. kulør Tydelig intensitet = tydelig hvithet
Blankhet	Blankhet på overflate Ingen intensitet = ingen blankhet (matt) Tydelig intensitet = tydelig blankhet
LUKT	
Syrligluk	Relateres til en frisk, sursøt lukt Ingen intensitet = ingen syrligluk Tydelig intensitet = tydelig syrligluk
Søt lukt	Relateres til grunnsmaken søt, sukrose Ingen intensitet = ingen søt lukt Tydelig intensitet = tydelig søt lukt
Metallukt	Lukt av metall Ingen intensitet = ingen metallukt Tydelig intensitet = tydelig metallukt
Rå lukt	En rå lukt relatert til lite kokt / mel Ingen intensitet = ingen rå lukt Tydelig intensitet = tydelig rå lukt
Nøttelukt	Lukt av nøtter Ingen intensitet = ingen nøttelukt Tydelig intensitet = tydelig nøttelukt
Harsklukt	Relateres til lukt av oksiderte fettstoff (f. eks gress / høy / stearin / maling) Ingen intensitet = ingen harsklukt Tydelig intensitet = tydelig harsklukt

SMAK

Syrligsmak

Relateres til en frisk, sursøt smak
Ingen intensitet = ingen syrligsmak
Tydelig intensitet = tydelig syrligsmak

Søtsmak

Relateres til grunnsmaken søt (sukker / sukrose)
Ingen intensitet = ingen søtsmak
Tydelig intensitet = tydelig søtsmak

Saltsmak

Relateres til grunnsmaken salt (NaCl)
Ingen intensitet = ingen saltsmak
Tydelig intensitet = tydelig saltsmak

Bittersmak

Relateres til grunnsmaken bitter (kinin / koffein)
Ingen intensitet = ingen bittersmak
Tydelig intensitet = tydelig bittersmak

Metallsmak

Smak av metall
Ingen intensitet = ingen metallsmak
Tydelig intensitet = tydelig metallsmak

Rå smak

En rå smak relatert til lite kokt / mel
Ingen intensitet = ingen rå smak
Tydelig intensitet = tydelig rå smak

Nøttesmak

Smak av nøtter
Ingen intensitet = ingen nøttesmak
Tydelig intensitet = tydelig nøttesmak

Harsksmak

Relateres til smak av oksiderte fettstoff (f. eks gress / høy / stearin / maling)
Ingen intensitet = ingen harsksmak
Tydelig intensitet = tydelig harsksmak

TEKSTUR

Saftighet

Overflateteksturell egenskap som beskriver væske absorbert eller avgitt fra et produkt. Munnfølelse av saftighet, bedømt etter 4-5 tygg.
Ingen intensitet = ingen saftighet
Tydelig intensitet = tydelig saftighet

Klistrighet

Mekanisk teksturegenskap relatert til kraften som skal til for å fjerne et stoff som kleber seg fast i munnen eller til et underlag
Ingen intensitet = ingen klistrighet
Tydelig intensitet = tydelig klistrighet

Grovhet

Teksturegenskap knyttet til munnfornemmelse av partikkelstørrelse og form i et produkt
Ingen intensitet = ingen grovhet
Tydelig intensitet = tydelig grovhet

Astringens

En kompleks følelse, fulgt av sammentreknings, tørrhetsfølelse, snurping av huden eller slimhinner i munnen
Ingen intensitet = ingen astringens
Tydelig intensitet = tydelig astringens

Ettersmak

Styrke av smaken som sitter igjen i munnen 15 sekunder etter at prøven er fjernet fra munnen (uten skylning)
Ingen intensitet = ingen ettersmak
Tydelig intensitet = tydelig ettersmak

